UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

ADUBAÇÃO FOSFATADA E POTÁSSICA NA NUTRIÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI, CULTIVADO NO MUNÍCIPIO DE BOM JESUS-PI

Raimundo Nonato Benvindo
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL - SÃO PAULO – BRASIL
Junho de 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

ADUBAÇÃO FOSFATADA E POTÁSSICA NA NUTRIÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI, CULTIVADO NO MUNÍCIPIO DE BOM JESUS-PI

Raimundo Nonato Benvindo
Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado
Co-orientador: Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL - SÃO PAULO – BRASIL
Junho de 2012

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RAIMUNDO NONATO BENVINDO – filho de Cinobelino José Benvindo e Zulmira Maria Torres, nasceu em Gilbués - PI, aos 31 dias do mês de agosto de 1950. Em 1974 ingressou na Universidade Federal Rural de Pernambuco, graduando-se em Engenharia Agronômica em julho de 1978. Especialista em Fruticultura Tropical pela Universidade Federal de Lavras e em Ensino pela Universidade Federal do Piauí em. Mestre em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal do Piauí, em 2007. Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal), pela Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, defesa de tese em 13 de junho de 2012. Atualmente é professor do Colégio Agrícola de Bom Jesus, vinculado a Universidade Federal do Piauí.

Aos meus pais adotivos José Plácido Bessa e Laura Corado Bessa (*in memoriam*), que me deram força e me apoiaram de forma sincera e honesta. Dedico a vocês, que foram e sempre serão exemplos de vida para mim, com seus ensinamentos, suas atitudes, suas conquistas, suas vontades de ajudarem os outros... Dedico a vocês, pois foi por vocês que continuei o que precisava ser continuado...

À minha esposa Carmen,

Aos Meus filhos:

Benvindo Júnior,

Constâncio Neto e

Lorena Benvindo

Aos meus netos:

Rayssa Benvindo,

Guilherme Benvindo e

Cecília Benvindo

As minhas noras;

Sabrina e

Jakeliny

Ao Bessa e família

Dedico.

[14]Aprende onde está a sabedoria, onde está a fortaleza e onde está a inteligência, e aprenderás também onde está a longevidade e a vida, onde está o brilho dos olhos e a paz. [41]A sabedoria é o livro dos mandamentos de Deus, é a lei que permanece para sempre" (Br 3, 14 e 41).

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A Deus pela minha existência e forças para alcançar vitórias.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Campus de Jaboticabal, por intermédio do Departamento Solos e Adubos, pela acolhida.

À Universidade Federal do Piauí, por ter concedido a oportunidade de cursar o Doutorado em Agronomia através do Programa DINTER UNESP/UFPI.

Ao Prof. Dr. Renato de Mello Prado, pela orientação competente e ajuda na realização de todas as etapas no decorrer da confecção deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega pela co-orientação, sugestões e amizade durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Evaldo de Moura Pádua, pelo apoio e incentivo, sugestões e amizade durante a realização do mestrado e doutorado.

Ao Dr. Francisco Rodrigues Freire Filho, um dos mais dedicado pesquisador de feijão-caupi no Brasil, pelo apoio nas pesquisas para realização do mestrado e incentivo para realização do doutorado.

Aos estagiários Sayonara Felix Zeni e Leonardo Nogueira de Sousa, pela ajuda na viabilização prática deste trabalho.

Aos Companheiros do DINTER: Galvão, Carlota, Conceição, Jaqueline, Cristiane, Laurielson, Gandara e Reinaldo, pela gratificante convivência no decorrer do curso.

ITEM	SUMÁRIO	PÁGINA
	LISTA DE TABELAS	**viii**
	LISTA DE FIGURAS	**ix**
	RESUMO	**x**
	SUMMARY	**xi**
1.	**CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**	**1**
1.1.	**Introdução**	**1**
1.2.	**Revisão de Literatura**	**2**
1.2.1.	**O feijão-caupi**	**2**
1.2.2.	**Importância da cultura do feijão-caupi**	**3**
1.2.3.	**Importância do fósforo e do potássio na nutrição de plantas**	**7**
1.2.4.	**Exigência nutricional do feijão-caupi**	**8**
1.2.5.	**Resposta do feijão-caupi a aplicação de fósforo e potássio**	**9**
1.2.6.	**Referências**	**12**
2.	**CAPÍTULO 2 – ADUBAÇÃO FOSFATADA NA NUTRIÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI, CULTIVADO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO NO MUNÍCIPIO DE BOM JESUS – PI**	**18**
2.1.	**Resumo**	**18**
2.2.	**Introdução**	**19**
2.3.	**Material e Métodos**	**20**
2.4.	**Resultados e Discussão**	**22**
2.5.	**Conclusões**	**27**
2.6.	**Referências**	**28**
3.	**CAPÍTULO 3 – ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA NUTRIÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI, CULTIVADO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO NO MUNÍCIPIO DE BOM JESUS – PI**	**31**

3.1.	**Resumo**	**31**
3.2.	**Introdução**	**32**
3.3.	**Material e Métodos**	**33**
3.4.	**Resultados e Discussão**	**34**
3.5.	**Conclusões**	**39**
3.6.	**Referências**	**40**
4.	**CAPÍTULO 4 – ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA NUTRIÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO EM LATOSSOLO AMARELO NO MUNÍCIPIO DE BOM JESUS-PI**	**42**
4.1.	**Resumo**	**42**
4.2.	**Introdução**	**43**
4.3.	**Material e Métodos**	**44**
4.4.	**Resultados e Discussão**	**45**
4.5.	**Conclusões**	**48**
4.6.	**Referências**	**49**

LISTA DE TABELAS

Tabela	Discriminação	Página
	CAPÍTULO 2	
Tabela 1.	**Teores foliares de macronutrientes e micronutrientes em função da aplicação de fósforo na época da semeadura da cultura do feijão-caupi ....**	**23**
	CAPÍTULO 3	
Tabela 1.	**Teores foliares de macronutrientes e micronutrientes em função da aplicação de potássio na cultura do feijão-caupi.....**	**35**
Tabela 2.	**Comprimento de Vagem (COMPV), Número de grãos por vagem (NG/V), Massa de 100 grãos (M1000G), Índice de grãos (IG) e Produtividade por hectare (PROD) de grãos de feijão-caupi, em função da aplicação de potássio na forma de cloreto de potássio .....**	**37**
	CAPÍTULO 4	
Tabela 1.	**Teores foliares de macronutrientes e micronutrientes em função da aplicação de potássio na cultura do feijão-caupi .....**	**46**
Tabela 2.	**Comprimento de Vagem (COMPV), Número de grãos por vagem (NG/V), Massa de 100 grãos (M1000G), Índice de grãos (IG) e Produtividade por hectare (PROD) de grãos de feijão-caupi, em função da aplicação de potássio na forma de cloreto de potássio .....**	**47**

LISTA DE FIGURAS

Figura	Discriminação	Página
	CAPÍTULO 1	
Figura 1.	Distribuição aproximada das regiões produtoras de feijão-caupi no Brasil	3
	CAPÍTULO 2	
Figura 1.	Teor de P (resina) do solo em função das doses de fósforo aplicadas em um Neossolo Quartzarênico na época de semeadura na cultura do feijão-caupi.	22
Figura 2.	Teor de fósforo em folhas (A) e em sementes (B) de feijão-caupi, cultivar BR-17 Gurguéia em função de doses de fósforo	24
Figura 3.	Teor foliar de Zinco em feijão-caupi, cultivar BR-17 Gurguéia em função de doses de fósforo	25
Figura 4.	Produtividade de grãos de feijão-caupi, cultivar BR-17 Gurguéia em função de doses de fósforo ...	26
Figura 5.	Índice de grãos em feijão-caupi, cultivar BR-17 Gurguéia em função de doses de fósforo.	27
	CAPÍTULO 3	
Figura 1.	Teor foliar de K em função de doses de potássio aplicados em Neossolo Quartzarênico na cultura do feijão-caupi.....	35
Figura 2.	Teor foliar de Ca em função de doses de potássio aplicados em Neossolo Quartzarênico na cultura do feijão-caupi	36
Figura 3.	Produtividade de grãos de feijão-caupi, cv. BRS Guariba em função de doses de potássio	38
Figura 4	Massa de 1000 grãos de feijão-caupi, cv. BRS Guariba em função de doses de potássio	38
	CAPÍTULO 4	
Figura 1.	Teor foliar de Ca em função das doses de potássio aplicados em Latossolo Amarelo na cultura do feijão-caupi	46
Figura 2.	Produtividade de grãos de feijão-caupi, cv. BRS Guariba em função de doses de potássio.....	48

ADUBAÇÃO FOSFATADA E POTÁSSICA NA NUTRIÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI, CULTIVADO NO MUNÍCIPIO DE BOM JESUS- PI

RESUMO - A adequada adubação com fósforo e potássio na cultura do feijão-caupi é importante para melhorar a produtividade de grãos, entretanto, há poucas informações científicas sobre o tema. Objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de fósforo e potássio via solo, na nutrição e na produtividade do feijão-caupi cultivado em Neossolo Quartzarênico e Latossolo Amarelo no município de Bom Jesus-PI. Para isto, foram realizados três experimentos. O primeiro foi conduzido com o cv BR 17 Gurguéia, no período de março a maio de 2010, em um Neossolo Quartzarênico, com emprego de seis doses de P (0; 50; 100; 150; 200 e 300 kg de P_2O_5), na forma de superfosfato triplo. O segundo e o terceiro foram desenvolvidos com o cv. BRS Guariba, em Neossolo Quartzarênico, no período de julho a outubro de 2012, e em um Latossolo Amarelo, no período de julho a setembro de 2010, respectivamente, ambos com quatro doses de K (0; 35; 70;105 kg de K_2O) na forma de cloreto de potássio. Foram avaliados na época do florescimento os teores foliares de macronutrientes e micronutrientes e, na colheita, o comprimento de vagem, número de grãos por vagem, massa de 1000 grãos, índice de colheita e a produtividade de grãos. No primeiro experimento verificou-se que o aumento das doses de P elevaram os teores deste nutriente nas folhas e nas sementes, porém reduziram os teores foliares de zinco e que a máxima produtividade de grãos foi de 1.319 kg ha^{-1} na dose de 168 kg ha^{-1} de P_2O_5. Tanto no ensaio em Neossolo Quartzarênico como em Latossolo Amarelo observou-se que a produtividade aumentou até a dose de 105 kg ha^{-1} de K_2O atingindo o máximo de 900,3 kg ha^{-1} e 710,3 kg ha^{-1}, respectivamente.

Palavras-Chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp, nutrição de plantas, macronutrientes, fósforo, potássio, componentes de produção

PHOSPHATE AND POTASSIUM FERTILIZATION ON NUTRITION AND PRODUCTIVITY OF COWPEA GROWN IN THE MUNICIPALITY OF BOM JESUS-PI

SUMMARY – Proper fertilizing with phosphorous and potassium in culture of Cowpea is important to improve productivity of grain, however, there is little scientific information on the subject. Porpose evaluate the effects of the application of phosphorus and potassium via soil, nutrition and productivity of Cowpea cultivated in Quartzarenic Neossol, and Yellow Latosol in the municipality of Bom Jesus-PI. Once the suitable P and K application is needed to improve the productivity of this crop at a specific location and soil, it was idealized this work aiming to assess the best rates of soil fertilization with P and K to maximize nutrition and productivity of Cowpea cultivated on Quartzarenic Neossolo and Yellow Latosol under conditions of the Piauí State. Thus, three experiments were carried out. In the first one, the cv.BR 17 Gurguéia was cultivated, in the period from from March to May, 2010, on a Quartzarenic Neossol, with six P rates (0; 50; 100; 150; 200 and 300 kg ha^{-1} of P_2O_5), as triple superphosphate. In the second and third trials were used the cv. BRS Guariba on a Quartzarenic Neossol, in the period from July to October, 2012, on a Yellow Latosol (in the period from July to September, 2010), respectively, both with four K rates (0; 35; 70 and 105 kg ha^{-1} K_2O) as KCl. At the blossoming time, the levels of macronutrients and micronutrients were determined in leaves, and at the final harvest it was determined the pod length, number of seeds per pod, kernel weight average, harvest index and productivity of grains. In the first experiment it was found that by increasing P rates it was improved the levels of this nutrient in leaves and seeds, but reduced zinc levels in the leaves. Also, the maximum kernel yield was 1319 kg ha^{-1}, obtained at the rate of 168 kg ha^{-1} P_2O_5. On both tested soils Quartzarenic Neosol, and Yellow Latosol the productivity increased up to the rate of 105 kg ha^{-1} K_2O, reaching 900.3 kg ha^{-1}, and 710.3 kg ha^{-1}, respectively.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp, plant nutrition, macronutrients, phosphorus, potassium, production components

ADUBAÇÃO FOSFATADA E POTÁSSICA NA NUTRIÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI, CULTIVADO NO MUNÍCIPIO DE BOM JESUS- PI

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], é uma cultura importante na África, América do Sul, América Central, Sul dos Estados Unidos, Ásia, Oceania e Sudeste da Europa (LANGYINTUO et al., 2005). É importante mencionar que o feijão-caupi tem vários nomes populares e isso por vezes confunde as pessoas. Alguns desses nomes mais usados no País são: feijão macassar, feijão macássa e feijão-de-corda, na região Nordeste; feijão-de-praia, feijão-da-colônia e feijão-de-estrada, na região Norte; e feijão-miúdo, na região Sul. Na região Norte há ainda um tipo de feijão-caupi, muito importante para a culinária local, chamado de manteiguinha, cujos grãos são de cor creme, muito pequenos. O feijão-caupi é também chamado de feijão-gurutuba e feijão-catador em algumas regiões do Estado da Bahia e Norte de Minas Gerais. Além desses nomes, há um tipo de grão que tem o tegumento branco com um grande hilo preto, que é chamado de feijão-fradinho nos Estados de Sergipe, Bahia e Rio de Janeiro. O feijão-fradinho é o preferido para o preparo do acarajé, comida típica do Estado da Bahia, que é conhecida em todo o Brasil (FREIRE FILHO et al., 1983).

Os solos dessas regiões fisiográficas possuem limitações de fertilidade, além de apresentarem problemas de acidez e, em alguns locais, de salinidade e altos níveis de alumínio trocável. Em geral, os solos tropicais apresentam baixa concentração de potássio (K) disponível, entretanto, não é tão baixo como ocorre com o fósforo (P). O potássio é, depois do fósforo, o segundo nutriente mais consumido na agricultura brasileira (PRADO, 2008). Assim, o P, apesar de ser extraído em quantidades bem menores do que outros macronutrientes é o principal nutriente limitante na fertilidade dos solos das regiões para a produção do feijão-caupi.

O cultivo do feijão-caupi constitui uma atividade agrícola tradicional no Estado do Piauí em face de sua importância econômica e social. É cultivado em todas as

microrregiões fisiográficas deste Estado cujos fatores relacionados ao solo e ao clima apresenta consideráveis variações sendo cultivados numa área de 230.199 ha, com produção de 111.125 toneladas ano^{-1} e rendimento médio de 483 kg ha^{-1} (IBGE, 2011). O baixo rendimento de grãos está relacionado a vários fatores produtivo, dentre eles a densidade de plantio, o manejo inadequado da adubação e de tratos culturais.

Para a ampliação do conhecimento em adubação fosfatada e potássica do feijão-caupi, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos da adubação fosfatada e potássica via solo na nutrição, nos componentes produtivos e na produtividade do feijão-caupi em Neossolo Quartzarênico e Latossolo Amarelo cultivado no município de Bom Jesus-PI.

1.2. REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1. O FEIJÃO-CAUPI

O feijão-caupi é uma planta Dicotyledonêa que, segundo VERDCOURT (1970), MARECHAL et. al. (1978) e PADULOSI & Ng (1997) apresenta a seguinte classificação taxonômica: Ordem – Fabales; Família – Fabaceae; Subfamília – Faboideae; Tribo – Phaseoleae; Subtribo – Phaseolinea; Gênero – *Vigna*; Subgênero – *Vigna*; Secção – *Catjang*; Espécie – *Vigna unguiculata* (L.) Walp.; Subespécie – *unguiculata* Verdc.

Originário da África, o feijão-caupi foi introduzido na América Latina no século XVI, pelos colonizadores espanhóis e portugueses. Foi introduzido no Brasil, provavelmente pelo Estado da Bahia, sendo levado pelos colonizadores para outras áreas da região Nordeste (FREIRE FILHO, 1988).

O feijão-caupi é uma cultura de estação quente bem adaptado a muitas áreas dos trópicos úmidos e zonas temperadas. Tolera as condições de calor e seca, mas é intolerante a geada. A germinação é rápida em temperaturas acima de 65 ºC, sendo que em temperaturas menores a germinação é lenta (DAVIS et al., 1991).

O cultivo do feijão-caupi estende-se por quase todos os continentes, predominando na África Ocidental e Central, Sul da Ásia e Nordeste da América do Sul. O comércio entre esses mercados ainda é incipiente, entretanto, revela-se de grande

potencial. O feijão-caupi é o principal produto no comércio regional dentro da África Ocidental e Central, onde se concentra aproximadamente 80% do comércio mundial dessa espécie (BENVINDO, 2007).

1.2.2. IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI

No Brasil são cultivadas várias espécies de feijão. Entretanto, para efeito de regulamento técnico, somente as espécies *Phaseolus vulgaris* (L.) e *Vigna unguiculata* (L.) Walp., respectivamente, feijão comum e feijão-caupi, são consideradas como feijão pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2008). Essas duas espécies são as mais importantes, social e economicamente, no País. A produção de feijão-caupi concentra-se nas regiões Nordeste e Norte e está se expandindo para a região Centro-Oeste, principalmente no Estado de Mato Grosso (Figura 1).

Figura 1. Distribuição aproximada das regiões produtoras de feijão-caupi no Brasil (FREIRE FILHO et al., 2011).

Na região Nordeste a produção, concentra-se nas áreas semiáridas, onde outras culturas anuais, não se desenvolvem satisfatoriamente. A produção de feijão-caupi, nas regiões Nordeste e Norte é feita por agricultores familiares e empresariais, mas principalmente pelos primeiros, que ainda utilizam práticas tradicionais. Já na região Centro-Oeste, onde o feijão-caupi passou a ser cultivado em larga escala a partir de 2006, a produção provém principalmente de médios e grandes empresários, que praticam uma lavoura altamente tecnificada (FREIRE FILHO et al., 2011).

Constata-se que, na média do período de 2005 a 2009, a área cultivada com feijão-caupi correspondeu a 33% da área total de feijão (feijão-comum + feijão-caupi) na região Norte; 61% na região Nordeste; 18% na região Centro-Oeste. Verifica-se que, no mesmo período, a produção de feijão-caupi correspondeu a 38% na região Norte; 46% na região Nordeste; 9% na região Centro-Oeste. A produtividade do feijão-caupi na região norte correspondeu a 13% da produtividade de feijão da região (feijão-comum + feijão-caupi); 75%, na região Nordeste; 53% na região Centro-Oeste. Em termos de país, na média do período de 2005 a 2009, o feijão-caupi contribuiu com 37% da área colhida, 15% da produção e teve uma produtividade que correspondeu a 42% da produtividade nacional. Particularmente na região Nordeste, os parâmetros da cultura não são satisfatórios. Contudo constitui uma situação de oportunidade, porque para aumentar a produção não é necessário abrir mais áreas, basta investir em tecnologia para aumentar a produtividade (FREIRE FILHO et al., 2011).

O feijão-caupi tem uma grande importância, tanto como alimento quanto como gerador de emprego e renda. É rico em proteína, minerais e fibras e constitui um componente alimentar básico das populações rurais e urbanas das regiões Norte e Nordeste (FROTA et al., 2008; SINGH, 2007). Atualmente seu consumo expande-se de forma mais intensa para as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Considerando a média do período de 2005 a 2009, foi cultivada uma área de 1.391.386 ha e foram produzidas 513.619 t de feijão-caupi. Admitindo-se que cada hectare gere 0,8 emprego/ano, considerando o consumo per capita de 18,21 kg/pessoa/ano (FEIJÃO, 2009) e o preço mínimo da saca de 60 kg de R$ 80,00 (HETZEL, 2009), constata-se que a cultura do feijão-caupi gerou, em média, 1,1 milhões de empregos por ano, produziu

suprimento alimentar para 28,2 milhões de pessoas e uma produção anual no valor de 684,8 milhões de reais.

O feijão-caupi é uma excelente fonte de proteínas (23-25% em média) e apresentam todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas e baixo teor de óleo (2%) sem conter colesterol. Representa alimento básico para as populações de baixa renda do Nordeste brasileiro. Apresenta ciclo curto, baixa exigência hídrica e rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade e, por meio da simbiose com bactérias que nodulam leguminosas denominadas vulgarmente de rizobio (MARTINS et al., 2003; LACERDA et al., 2004; SOARES et al., 2006; ZILLI et al., 2006; ALMEIDA et al., 2010; COSTA et al., 2011).

Segundo dados disponíveis na FAO (2009) foram cultivados no mundo, no ano agrícola de 2007, 12,5 milhões de hectares de feijão-caupi, distribuídos em 36 países, com uma produção anual de grãos de 3,6 milhões de toneladas e produtividade de 0,3 t ha^{-1}. Ainda segundo dados da FAO (2009), os maiores produtores são a Nigéria, o Níger e o Brasil, os quais representam 84% da área cultivada e 71% da produção mundial. Dentre esses países que representam a maior produção mundial, o Brasil tem a maior produtividade (0,32 t ha^{-1}), seguido da Nigéria com 0,26 t ha^{-1} e Níger com 0,21 t ha^{-1}, entretanto, inferior aos países que apresentam a maior produtividade mundial que são Croácia com 0,40 t ha^{-1} e Macedônia com 0,37 t ha^{-1}. Vale ressaltar a existência de um viés nessas estimativas, pois os dados do Brasil, por exemplo, não foram contabilizados nas estimativas da FAO, certamente em função da não realização da separação das estimativas de feijão-comum e feijão-caupi pelo IBGE, embora o feijão-caupi contribui com 36% da área plantada e 15% da produção de feijão total (feijão-caupi + feijão-comum) no país (SILVA, 2009). Segundo SINGH (2006) a produção de feijão-caupi é sócio-economicamente importante em mais de 65 países, indicando a ausência de informação de vários desses países nos dados da FAO. Os únicos mercados de exportação importantes para o feijão-caupi são o do Níger e a Nigéria, sendo este último o maior produtor e o maior consumidor de feijão-caupi do mundo.

As regiões Nordeste e Norte do Brasil, em volume de produção, constituem o segundo mercado de feijão-caupi fora da África. Vale ressaltar que, geralmente, grande parte da produção da região Norte é comercializada na região Nordeste. Como nas diferentes áreas de produção, os períodos de safra não coincidem, há uma grande movimentação do produto entre e dentro dessas regiões. A produção brasileira, semelhante à africana, é consumida nas propriedades e comercializada no varejo, em feiras, e no atacado por intermediadores, que revendem o produto para mercearias e para empacotadoras, que por sua vez, revendem para as redes de supermercados. O feijão-caupi, mesmo apresentando boa qualidade, é muito pouco comercializado fora das regiões produtoras (BENVINDO, 2007).

O Estado do Piauí é um dos principais produtores de feijão-caupi, sendo cultivado numa área de 230.199 ha e produtividade de 483 kg ha^{-1} (IBGE, 2011). Essa baixa produtividade está relacionada a vários fatores, podendo-se citar: precipitação pluviométrica irregular, cultivares locais suscetíveis a pragas e doenças e de baixo potencial de produtividade, manejo inadequado da adubação e tratos culturais além da utilização de consórcio com arranjos espaciais de plantas frequentemente inadequados (CARDOSO et al., 1996). Além disso, ao longo de muitos anos, o feijão-caupi não tem recebido a atenção merecida, principalmente no que se refere à assistência técnica e transferência de tecnologia. A grande consequência disso é a não inclusão de novas tecnologias nos sistemas produtivos e a baixa produtividade. Vale ressaltar que o feijão-caupi é bem adaptado às condições de clima e solo do estado do Piauí e que já existe cultivares melhorada disponível no mercado.

Os resultados obtidos em diversas regiões do Estado sugerem que a adoção de um nível de tecnologia compatível com a utilização da irrigação, correção do solo, adubação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, poderá garantir ao feijão-caupi rendimentos médios superiores a 0,25 t ha^{-1}, independentemente da época do ano e do local do Estado onde ocorra o cultivo (MOUSINHO, 2006).

No Estado do Piauí, o feijão-caupi é cultivado em duas épocas de plantio: em primeira safra que é caracterizada pelo sistema de cultivo em sequeiro e 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. O cultivo em segunda safra 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%). O plantio de segunda safra do feijão-caupi é realizado nas principais bacias hidrográficas do Estado do Piauí, destacando-se a Bacia Hidrográfica do Rio Gurguéia com área em cultivo de 2 mil ha (IBGE, 2010) e a sua colheita concentra-se no período de junho a outubro (CARDOSO, 2000).

1.2.3. IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO E DO POTÁSSIO NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS

No estudo do P e K no sistema planta, é importante conhecer todos os "compartimentos" que o nutriente percorre desde a solução do solo-raiz até a parte área (folhas/frutos), ou seja, do solo até sua incorporação em um composto orgânico ou desempenhando o papel e ativador enzimático, contribuindo para funções vitais que possibilitem a máxima acumulação de matéria seca do produto agrícola final (PRADO, 2008).

O P é um elemento essencial ao metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucléicos de cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídios. Desse modo, limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados. O suprimento adequado de P é diferentemente dos demais nutrientes, pois é essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta (GRANT et al., 2001).

O P é absorvido pelas plantas na sua forma inorgânica ($H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-}) que se origina da solubilização de minerais fosfatados e da mineralização da matéria orgânica (GATIBONI, 2003; SCHUMACHER, 2003). Tem importante função nas plantas como constituintes de compostos armazenadores de alta energia, como o ATP (Trifosfato de adenosina). É através da utilização dessa energia, que a semente germina, a planta efetua a fotossíntese, absorvem de forma ativa os nutrientes do solo e sintetiza vários

compostos orgânicos (NAIFF, 2007). O elemento está envolvido em funções essenciais do metabolismo celular, atuando na síntese de metabólitos e moléculas complexas como o DNA, RNA e fosfolipídios, na cadeia de transporte de elétrons, reações redoxes promovendo a regulação da taxa de diversas reações enzimáticas e processos metabólicos, como respiração e fotossíntese (ALVES et al., 1996), além de estimular o crescimento das plantas e sua frutificação (STAUT & ATHAYDE, 1999).

O K é exigido pelas plantas em grandes quantidades e sua função está relacionada especialmente com as enzimas que operam em quase todas as reações da planta. No período da frutificação sua presença em abundância é importante, pois ele auxilia no enchimento e no crescimento de grãos e frutos. Por outro lado, a sua deficiência é caracterizada pelo crescimento lento, plantas com raízes pouco desenvolvidas, caules fracos e muito flexíveis, plantas mais suscetíveis a ataques de doenças e ainda a formação de sementes e frutos pouco desenvolvidos (PITTELLA, 2012).

O K é absorvido pelas raízes na forma iônica K^+ e ocorre por vários sistemas (transportadores e em canais). Além destes sistemas de absorção de K, têm-se uns canais na membrana plasmática, por troca de voltagem, que dependem da atividade da bomba protônica e que permite a entrada de diversos cátions (PRADO, 2008).

A disponibilidade do K no solo ocupa uma posição intermediária entre o N e o P, isto é, não tem lixiviação tão intensa quanto o primeiro e nem é fixado tão fortemente quanto o segundo; o risco de lixiviação do K é maior nos solos arenosos, influenciando seus teores críticos no solo e na planta (LANA et al., 2002). De maneira geral, os locais de maior concentração desse nutriente no solo coincidem com os locais de maior umidade, evidenciando seu caminhamento por fluxo de massa. Isto significa que a distribuição de potássio no solo correlaciona-se com a distribuição de água no solo, indicando que se pode ter elevado controle de sua localização no solo em função da disponibilidade de água, controlando consequentemente sua lixiviação (ZANINI, 1991). O fornecimento de potássio de forma localizada aumenta a probabilidade de perdas por lixiviação e eleva seu efeito salino, pela alta concentração em área restrita.

1.2.4. EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DO FEIJÃO-CAUPI

A nutrição mineral tem um papel fundamental para o desenvolvimento e produção das culturas agrícolas. A aptidão das plantas em absorver e utilizar nutrientes minerais está relacionada às quantidades destes nas diferentes partes do tecido vegetal, refletindo o seu estado nutricional, que por sua vez, é condicionado pelos fatores genéticos e ambientais. As quantidades absorvidas, acumuladas e exportadas de nutrientes são informações imprescindíveis para conhecer as exigências nutricionais de uma planta, diagnosticar a disponibilidade de nutrientes no solo e subsidiar ações de manejo relativo ao fornecimento de nutrientes. Outros aspectos importantes são as curvas de crescimento e a marcha de absorção de nutrientes nos diferentes estádios fonológicos da planta, pois permitem conhecer as quantidades de nutrientes absorvidos, a intensidade relativa de absorção e os períodos de maior demanda de nutrientes, permitindo estabelecer o momento fenológico mais adequado para a aplicação dos fertilizantes (SAMPAIO & BRASIL, 2007).

Estudos sobre crescimento e acúmulo de nutrientes na cultura do feijão-caupi são raros. Os primeiros estudos datam de 1976 e 1979 registrados por OLIVEIRA (1988), basicamente com duas cultivares Pitiuba e Dorminhoco. O estudo norteou vários trabalhos de adubação com base nas exigências nutricionais das cultivares, e o padrão de absorção e concentração de nutrientes foi tomado como referência. Como é o caso da absorção dos macronutrientes na ordem: K>N>Ca>Mg>P, totalizando a demanda em kg ha^{-1} de 113 N, 128 K, 77 Ca, 21 Mg, 12 S e 7 de P, sendo o N exportado em 64% e S em 50%, o P em 47%, o K em 40 % e Ca em 33 %. No entanto, devido à variabilidade genética e a diversidade de ambientes de produção da cultura do feijão-caupi, abrangendo desde áreas secas e salinas do Nordeste até regiões úmidas da região Amazônica, nos diversos sistemas de produção e genótipos, vários padrões de resposta vem sendo apresentado pela cultura. O potencial de fixação de nitrogênio e absorção de fósforo em solos ácidos e em baixa disponibilidade de fósforo é um dos exemplos de variação e absorção dos nutrientes pelos diferentes genótipos (ANKOMAH et al., 1995; SANGINGA et al., 2000; KRASILNIKOFF et al., 2003;).

1.2.5. RESPOSTA DO FEIJÃO-CAUPI A ADUBAÇÃO COM FÓSFORO E POTÁSSIO

As recomendações de aplicação de P para a cultura do feijão-caupi encontram-se na faixa de 50 a 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 (OLIVEIRA et al., 2001). CARDOSO et al. (1997), em um experimento com feijão-caupi de porte prostrado, cultivado em um Latossolo Amarelo distrófico, textura média, observaram incremento na produção de grãos e número de vagens por planta em função da aplicação de P. Os autores concluíram que o emprego do P na dose de 65,4 kg ha^{-1} de P_2O_5 no feijão-caupi prostrado proporciona produtividade de grãos em torno 2.512 kg ha^{-1}.

SILVA et al, (2010) ao avaliarem a resposta do feijão-caupi, à doses e formas de aplicação de P em Latossolo Amarelo no estado de Roraima, verificaram que a dose de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 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 os autores, os teores encontrados nas folhas encontram-se dentro da faixa considerada adequada pela literatura para o feijão-caupi, que é de 2,6 a 5,0 mg kg^{-1} (MALAVOLTA et al., 1989).

Estudos de ZUCARELI et al. (2006) avaliando o efeito da adubação fosfatada sobre os componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi, verificaram que a dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 na semeadura do feijão-caupi, proporcionou um aumentou no número de vagens por planta e no número de sementes por planta, enquanto, os demais componentes de produção e a produtividade de sementes não foram alterados pela aplicação de P.

Na região Meio-Norte do Brasil, estudos demonstram que o P é o principal nutriente limitante da produção da cultura do feijão-caupi (CARDOSO et. al., 1998; CARDOSO & MELO, 1998; DIÓGENES et al., 2010) e têm sido constatada alta resposta da cultura à aplicação deste nutriente em alguns solos, principalmente em Latossolos e Neossolos Quartzarênico (OLIVEIRA & CARVALHO 1987; CARDOSO & MELO, 1999; AMARAL et al., 2010).

Em trabalhos realizados por CARDOSO et al. (2006a) no Piauí foi estudada a resposta da cultura do feijão-caupi cultivar BRS Guariba à aplicação de P em Argissolo Amarelo em Teresina-PI. Os autores observaram que a aplicação de P incrementou o

número de vagem e de grãos da área de cultivo do feijão-caupi atingindo ponto de máximo nas doses de 62,5 kg ha^{-1} de P_2O_5 (88,6 vagem por m^2) e 61,5 kg ha^{-1} de P_2O_5 (1.314 grãos por m^2), respectivamente. Ainda, segundo estes autores, a aplicação de P no feijão-caupi promoveu incremento na produção de grãos, atingindo produtividade de 1.559 kg ha^{-1} com a dose de 54,9 kg ha^{-1} de P_2O_5, (CARDOSO et al., 2006b)

Recentemente, CRAVO & SMYTH (2005) realizando estudos sobre a fertilidade dos solos de áreas que vêm sendo cultivadas continuamente com feijão-caupi observaram, em 82 amostras analisadas, que o P, K, Ca e Mg são os elementos mais limitantes ao desenvolvimento da cultura. Os teores de K encontrados variaram de 12 a 100 mg dm^{-3}, com média de 38 mg dm^{-3}, com pequeno efeito residual das aplicações feitas anualmente, mesmo considerando sua mobilidade no solo, a textura arenosa dos solos na camada superficial e as fortes chuvas que caem na região.

1.2.6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.L.G.; ALCÂNTARA, R.M.C.M. de.; NÓBREGA, R.S.A.; NÓBREGA, J.C. A.; LEITE, L.F.C.; SILVA, J.A.L. da. Produtividade do feijão-caupi cv BR 17 Gurguéia inoculado com bactérias diazotróficas simbióticas no Piauí. **Agrária**, v.5, p.364-369, 2010.

ALVES, V. M. C; NOVAIS, R. F; OLIVEIRA, M. F. G; BARROS, N. F. Efeito da omissão de fósforo na absorção de nitrogênio por híbridos de milho (*Zea mays* L.). **Revista Ceres**, v.58, p.435-443, 1996.

AMARAL, F. H. C.; SILVA JUNIOR, G. B.; DIÓGENES, L. C.; SILVA, A. F. T.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A. **Alterações na fertilidade dos solos sob-histórico de cultivo de feijão-caupi no perímetro irrigado gurguéia, sul do Piauí**. In: XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo – FERTIBIO 2010. Guarapari – ES.

ANKOMAH, A.B.; ZAPATA, F.; DAMS, S.K.A.; AXMANN, H. Cowpea varietal differences in uptake of phosphorus from Gafsa phosphate rock in low-P soil. **Fertilidad Research,** v.41, p.219-225, 1995.

BENVINDO, R.N. **Avaliação de genótipo de feijão-caupi de porte semi-prostado em cultivo sequeiro e irrigado**, 2007. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Piauí.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 mar. 2008. Seção 1, p. 11-14.

CARDOSO, M.J.; MELO, F.B.; BASTOS, E.A.; RIBEIRO, V.Q.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; ANDRADE JÚNIOR, A.S de. Dose de fósforo e densidades de planta em caupi. II. Efeito sobre a produtividade de grãos e componentes de produção sob irrigação em solo Aluvial Eutrófico. In. REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 4, 1996, Teresina. **Resumos**... Teresina: Embrapa-CPAMN, 1996. P. 123.

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.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; RODRIGUES, B.H.N. Níveis de fósforo, densidades de planta e eficiência de utilização da água em caupi de porte ramador e moita em areia Quartzosa. In**.** REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E MCONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA, 12., 1998, Fortaleza . **Resumos expandidos**... Fortaleza: UFC, 1998. P. 146.

CARDOSO, M.J.; MELO, F. de B. Efeito da adubação fosfatada e da densidade de plantio na produtividade de grãos de feijão caupi em regime de sequeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. Caxambu., 1998, **Resumos expandidos**... Caxambu: UFLA/SBCS/SBM, 1998. P.187.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B. Resposta do feijão caupi a adubação fosfatada e a densidade de plantas em Latossolo-Amarelo distrófico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília, DF, **Anais**,.. Brasília, DF: SBSC: Embrapa Cerrados: UnB, 1999. 1 CD-ROM.

CARDOSO, M.J. (Org.). **A cultura do feijão no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 263p. il. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28)

CARDOSO, M.J.; MELO, F. de B.; ATHAYDE SOBRINHO. C.; RODRIGUES, B.H.N. Adubação fosfatada e densidade de planta em feijão-caupi em solo de tabuleiro costeiro. In: I CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, Teresina. **Anais**... Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006a, 1 CD-ROM.

CARDOSO, M.J.; MELO, F. de B.; ATHAHYDE 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 o agronegócio: **Anais**... Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006b 1 CD-ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 121).

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

CRAVO, M.S.; SMYTH, T.J.; SOUSA, B.D.L. Nível crítico de potássio para feijão-caupi em Latossolo amarelo textura média do nordeste paraense. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. **Resumos**... Recife: SNCS, 2005. 1 + CD-ROM.

DAVIS, D.W.; OELKE, E.A.; OPLINGER, E.S.; DOLL, J.D.; HANSON, C.V.; PUTNAM, D.H. **Cowpea**. University of Wisconsin-Madison,WI53706, July, 1991.

DIÓGENES, L.C.; AMARAL, F.H.C.; SILVA JUNIOR, G.B.; NÓBREGA, J.C.A.; NÓBREGA, R.S.A.; SOARES, C.R.F.S. **Fósforo e bases trocáveis de solos cultivados com feijão-caupí no perímetro irrigado gurguéia, Piauí**. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 2011, Uberlândia, MG. Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas, 2011.

FAO. FAOSTAT, **Crops. Cowpea, dry**. Disponível em: http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor. Acesso de 04 de outubro de 2009.

FEIJÃO, oferta e demanda brasileira. In: AGRIANUAL 2009: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2009c. p. 317.

FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. de. Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, p.1369-1372, 1983.

FREIRE FILHO, F.R. **Origem, evolução e domesticação do caupi** (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) In: ARAUJO, J. P. P. de; WATT, E.E. (Org.). O caupi no Brasil. Goiânia: Embrapa-CNPAF; Ibadan; IITA, 1988, P.25-46.

FREIRE FILHO, F.R.; SANTOS, A. A; dos.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S. da.; RIBEIRO, V.Q. **BR 17 Gurguéia.** Embrapa Meio Norte, 2 p. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/folders/2004/br17_gurgueia.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2011.

FROTA, K. M.G.; MENDONÇA, S.; SALDIVA, P.H.N.; CRUZ, R.J.; ARÊAS, J.A.G. Cholesterol-lowering properties of whole cowpea seed and its protein isolate in hamsters. **Journal of Food Science**, v.73, p.235-240, 2008.

GATIBONI, L.C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003, 247p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria.

GRANT, C.A.; PLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, n.95, p.1-5, 2001.

HETZEL, S. **Com preço alto, área do feijão deve crescer**. In: AGRIANUAL 2009: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2009. P. 312-313.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** (LSPA) – 2010.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** (LSPA) – 2011.

KRASSILNIKOFF, G.; GAHOONIA, T.; NIELSEN, N. E. Variation in phosphorus uptake efficiency by genotypes of cowpea (*Vigna unguiculata)* due ló differences in root and root rair length and induced rhizosphere processes. **Plant and Soil**, v. 251, p. 83-91, 2003.

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

LANA R.M.Q.; HAMAWAKF, O.T.; LIMA L.M.L.; ZANÃO JÚNIOR L.A. Resposta da soja a doses e modos de aplicação de potássio em solo de cerrado. **Bioscience Journal**, v.18, p.17-23, 2002.

LANGYINTUO. A. S.; DeBOER, J. L.; ARNDT, C. **Potential impacts of the proposed west African monetary zone on cowpea trade in West and Central Africa**. Purdue University, Department of Agricultural Economics, 403 W State Street, West Lafayette, IN 47907-2056, U.S.A. Paper prepared for presentation at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Montreal, Canada, July 27-30, 2005.

MARECHAL, R.; MASCHERPA, J.M.; STANIER, F. Ètude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces de genres Phaseolus et vigna (Papilonaceae) sur la base de donneés morphologigues et poliniques, traitées par l'analyse informatique. **Boissiera**, v.28, p.1-273, 1978.

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

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.

MOUSINHO, F.E.P. **A irrigação do feijão-caupi no Piauí**. Universidade Federal do Piauí – Centro de Ciências Agrárias. Comunicado Técnico, n.5, p. 1-2, 2006.

NAIFF, A.P.M. **Crescimento, composição mineral e sintomas visuais de deficiências de macronutrientes em plantas de *Alpinia Purpurata* cv. Jungle King**. Tese de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, p.77, 2007.

OLIVEIRA, I.P.; CARVALHO, A.M.A **cultura do caupi nas condições dos trópicos úmidos e semi-árido no Brasil.** Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1987. 18p.

OLIVEIRA, I.P.; DANTAS, J.P. **Nutrição mineral do caupi**. In: ARAUJO, P. P. A.; WATT, E. E. (Org). O caupi no Brasil. Brasília, DF: IITA; Embrapa, 1988.p.405-430.

OLIVEIRA, A.P.; ARAÚJO, J. S.; ALVES, E.U.; NORONHA, M.A.S.; CASSIMIRO, C. M.; MENDONÇA, F.G. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira***,* v.19, p.81-84, 2001.

PADULOSI, S; Ng. N. Q. **Origin, Taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (l.) Walp.** In. SING, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIEL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.) Advances in cowpea research**.** Ibadan: IITA-JIRCAS, 1997. P. 1-11. PADULOSI, S; Ng. N. Q. Origin, Taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (l.) Walp. In. SING, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIEL, K. E.; JACKAI, L. E. N. (Ed.) Advances in cowpea research**.** Ibadan: IITA-JIRCAS, 1997. P. 1-11.

PITTELLA, L. C. **Fertilizaçã*o*** In: Bonsai Cube Morro Velho, setembro de 2003. Disponível em: HTTP://www.bonsaimorrovelho.com.br/bcmv_mt_fertilizacao.html. Acesso em 21 de abril de 2012.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008.407p.

SANGINGA, N.; LYASSE, O.; SSINGH, B. B. Phosphorus use efficience and nitrogen balance of cowpea breeding lines in a low P soil of the derived savanna zone in West Africa. **Plant and Soil**, v. 103, p.45-50, 2000.

SAMPAIO, L.S.; BRASIL, E.C. Exigência Nutricional do feijão-caupi**.** In. II CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, Manaus. **Anais**... Manaus: Embrapa Amazônia Oriental, 2007, 1 CD-ROM.

SCHUMACHER, M.V.; CECONI, D.E; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento das plantas de peltophorum dubium (Sprengel) Taubert. **Boletim Pesquisa Florestal**, n. 47, p. 99-114, 2003.

SOARES, A.L.L.; PEREIRA, J.P.A.R.; FERREIRA, P.A.A.F.; VALE, H.M.M. do.; LIMA, A.S.; ANDRADE, M.J.B. de.; MOREIRA, M. de M. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). I – Caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.795-802, 2006.

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

SINGH, B.B. **Recent progress in cowpea genetics and breeding**. Acta Horticulturae, The Hague, n. 752, p. 69-76, 2007. Edition of the Proceedings of the International Conference on Indigenous Vegetables and Legumes, Hyderabad, India , Sep. 2007. Disponível em: http://www.actahort.org/books/752/752_7.htm.

SILVA, K.J.D. e. **Estatística da produção de feijão-caupi**. Pesquisa Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí, 2009.

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. Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima**. Acta Amazônia**, v.40, p.31-36, 2010.

STAUT, L.A.; ATHAYDE M.L.F. Efeitos do fósforo e potássio no rendimento e em outras características a agronômicas do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1839-1843, 1999.

VERDCOURT, B. Studies in the Leguminosae-Papilionoideae for the flora of tropical East Africa. IV. **Kew Bull**., v.24, p.507-69, 1970.

ZANINI JR. **Distribuição de água e do íon K^+ no solo, aplicados por fertirrigação em gotejamento.** II – Teores de K^+ no bulbo molhado. ITEM – Irrigação e Tecnologia Moderna 46: 24-38, 1991.

ZILLI, J.E.; MARSON, L.C.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK. N.G. **Avaliação de estirpes de rizóbio para a cultura do feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2006. 8p. (Comunicado Técnico, 1).

ZUCARELI, C.; RAMOS JÚNIOR, E.U.; BARREIRO, A.P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes,** v.28, p.5-15, 2006.

CAPÍTULO 2 – ADUBAÇÃO FOSFATADA NA NUTRIÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI, CULTIVADO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO NO MUNÍCIPIO DE BOM JESUS- PI

2.1. RESUMO

O feijão-caupi é uma cultura tradicionalmente plantada no Estado do Piauí. Assim, objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito da aplicação de fósforo (P) na nutrição e na produtividade do feijão-caupi, cultivado em Neossolo Quartzarênico no município de Bom Jesus-PI. Para isto, foi conduzido um experimento com a cultivar BR-17 Gurguéia, em Bom Jesus, PI, situado a 09º06'25,1" Sul, 44º21'55,2" Oeste. Os tratamentos foram constituídos por seis doses de P na semeadura: 0; 50; 100; 150; 200 e 300 kg ha^{-1} de P_2O_5, na forma de superfosfato triplo, dispostos em blocos casualizados, com cinco repetições. Avaliou-se o teor de P (em resina) no solo, os teores foliares de macronutrientes e micronutrientes, o comprimento de vagem; número de grãos por vagem; massa de 1000 grãos; índice de grãos, a produtividade e os teores de P na semente. Conclui-se que as doses de P elevaram os teores do nutriente no solo, tanto nas folhas como nas sementes de feijão-caupi, porém reduziu os teores foliares de zinco. A aplicação de P incrementou a produtividade do feijão-caupi atingindo produtividade de 1.319 kg ha^{-1} de grãos na dose de 168 kg ha^{-1} de P_2O_5.

Palavras-chave*: Vigna unguiculata* (L.) Walp, fósforo, nutrição de plantas

2.2. INTRODUÇÃO

O Estado do Piauí é um dos principais produtores de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] do Brasil sendo cultivados 230.199 ha, com produção de 111.125 toneladas por ano e produtividade média de 483 kg ha^{-1} sendo especificamente na região Sul do Estado atingindo o rendimento médio superior 550 kg ha^{-1} (IBGE, 2011). A baixa produtividade da cultura do feijão-caupi está relacionada a vários fatores, como: precipitação pluvial irregular, cultivares suscetíveis a pragas e doenças e com baixa eficiência nutricional, manejo inadequado dos tratos culturais CARDOSO et al. (1996) e especialmente a baixa fertilidade dos solos (LEITE et al., 2009).

O baixo teor de fósforo (P) nos solos tropicais é comum na maioria dos solos brasileiros (SANCHEZ & SALINAS, 1981), fato que também ocorre na região produtora de feijão-caupi do Piauí, onde predomina o Latossolo Amarelo e o Neossolo Quartzarênico (COSTA et al., 2011). Nas áreas de produção da cultua o baixo teor de P disponível no solo é a limitação nutricional mais generalizada na produção agrícola nos solos tropicais (ARF,1994). Além do baixo teor de P no solo, tem sido baixa a eficiência da adubação fosfatada, pois grande parte do P adicionado no solo não é aproveitada pelas plantas, devido à baixa disponibilidade no solo induzida pelas reações de adsorção com os colóides do solo e a precipitação ou conversão em formas orgânicas (HOLFORD, 1997).

Desse modo, as limitações na disponibilidade de P no solo pode promover restrições nos estádios iniciais de crescimento da planta (GRANT et al., 2001), limitando a produção da cultura do feijão-caupi (FREIRE FILHO et al., 2005). O P é importante para o estabelecimento da nodulação e fixação biológica de nitrogênio, (SILVA et al., 2010a) exercendo função estrutural na planta participando de vários compostos orgânicos vitais para o metabolismo vegetal como os ácidos nucléicos, coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídios, além de desempenhar papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (MALAVOLTA et al., 2007).

Com isso, existem estudos indicando que a aplicação adequada de fertilizantes fosfatados promove aumento na produtividade da cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em Latossolo Vermelho-Escuro (MIRANDA et al., 2000), em Neossolo Quartzarênico (SILVA et al., 2001), em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso (MIRANDA et al., 2002), e em Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (VALDERRAMA et al., 2009), entretanto, na cultura do feijão-caupi são poucos estudos restritos em Latossolo Amarelo distrófico (CARDOSO et al., 1997), Latossolo Amarelo, (CARDOSO et al., 2007a), Argissolo Amarelo (CARDOSO et al., 2007b) e Latossolo Amarelo distrocoeso (SILVA et al., 2010b).

Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de P em Neossolo Quartzarênico na nutrição, nos componentes produtivos e na produtividade grãos do feijão-caupi cultivado no município de Bom Jesus - Piauí.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em Neossolo Quartzarênico, no município de Bom Jesus, Piauí, em área experimental do Colégio Agrícola de Bom Jesus da Universidade Federal do Piauí (09º06'25,1" Sul, 44º21'55,2" Oeste e altitude de 266 m). O clima apresenta uma tipologia classificada por Köppen como Aw (quente com chuvas de verão), com precipitação pluvial média anual de aproximadamente 944 mm, temperatura média anual próxima de 26,5 ºC e umidade relativa do ar média anual de 67,8 %.

Antes da instalação do experimento realizou-se amostragem de solo da camada de 0-20 cm de profundidade para avaliação das condições de fertilidade, conforme método descrito por RAIJ et al. (2001), cujos resultados obtidos foram: pH ($CaCl_2$) = 5,0; M.O.= 6 g dm^{-3}; P (resina) = 15 mg dm^{-3}; K^+ = 1,3; H+Al = 18; Ca^{2+} = 11; Mg^{2+} = 4; SB = 16,3; CTC = 34,3 $mmol_c dm^{-3}$; V = 48%; B = 0,19; Cu = 0,2 e Zn = 0,7 mg dm^{-3}. A análise granulométrica do solo indicou: (areia = 929,0; silte = 35,0 e argila = 36,0 g kg^{-1}). A densidade do solo é de1,4 g cm^{-3}, a densidade de partículas 2,66 g cm^{-3} e porosidade total 0,41 m^3 m^{-3}.

O preparo do solo foi realizado 30 dias antes da semeadura, constituindo-se de uma aração com grade aradora e uma gradagem com grade niveladora. A semeadura do feijão-caupi (cultivar BR 17 Gurguéia), foi realizada em 8 de março de 2010 manualmente, em covas e após 15 dias foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por cova (31.250 plantas por hectare).

Os tratamentos foram constituídos pelas seguintes doses: 0; 50; 100; 150; 200 e 300 kg ha^{-1} de P_2O_5, na forma de superfosfato triplo (44 % de P_2O_5), dispostos em um delineamento em blocos ao acaso, com cinco repetições. A aplicação do P foi na época da semeadura, localizado em cova 5 cm abaixo e ao lado das sementes. Na época da semeadura foi também aplicado em todas as parcelas, 35 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio (60 % de K_2O) e 1 kg ha^{-1} de boro na forma de ácido bórico (17 % de B).

As parcelas foram compostas de quatro linhas de 4,8 m de comprimento, espaçadas de 0,8 m entre fileiras e 0,4 m entre plantas, sendo as duas linhas centrais úteis para as avaliações.

A adubação de cobertura na cultura do feijão-caupi foi constituída de nitrogênio, sendo aplicados 60 kg ha^{-1} na forma de sulfato de amônio, metade aos 20 dias após a semeadura e o restante aos 40 dias após a semeadura e também aplicou potássio na dose de 35 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio, aos 20 dias após a semeadura segundo OLIVEIRA et al. (2009). Foi realizado uma aplicação via foliar, em todos os tratamentos, com solução 0,5 % de sulfato de cobre, aos 41 dias após a semeadura (fase inicial de florescimento) (GALRÃO, 2004). O experimento foi desenvolvido no período chuvoso e nos períodos de estiagem realizou-se a irrigação por aspersão convencional nas plantas do feijão-caupi.

Na época do florescimento da cultura foi realizada a avaliação do estado nutricional coletando-se a 3ª folha com pecíolo no terço mediano das plantas da área útil das parcelas conforme indicação de AMBROSANO et al. (1997) para a cultura do feijão e determinado os teores foliares de macronutrientes e micronutrientes segundo a metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983).

No período da colheita foram avaliadas as seguintes características: comprimento de vagem e o número de grãos por vagens que foram obtidos a partir da coleta de trinta vagens por parcela; massa de 1000 grãos; índice de grãos (porcentagem da massa da matéria seca dos grãos em relação à massa da matéria seca da vagem) e produtividade de grãos, obtida da massa de grãos por parcela e transformada para kg ha^{-1}. Após a colheita foram avaliados os teores de P na semente seguindo a mesma metodologia para análise foliar. Nesta época realizou-se a amostragem de solo (camada de 0-20 cm de profundidade) coletando-se oito a dez amostras de cada unidade experimental na linha de plantio e entre as covas de plantio em zigue-zague e determinou-se o teor de P (em resina) disponível, seguindo método descrito por RAIJ et al. (2001).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, em nível de 5% de probabilidade, e em seguida realizaram-se estudos de regressão polinomial para avaliar o efeito das doses nas variáveis estudadas, empregando-se o software AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO, 2011).

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de P elevou, com ajuste linear, a concentração do nutriente no solo (Figura 1). Observa-se, pelo coeficiente angular, uma taxa de recuperação de P em 13%, valor inferior aos 40 % obtidos por outros autores em Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média (PRADO et al., 2005) e 50 % em Latossolo Vermelho-Amarelo álico (NAKAYAMA et al., 1998), entretanto, foi semelhante ao trabalho de SILVA et al. (2001) em um Neossolo Quartzarênico que obteve 15 %. Este resultado, que indica a baixa taxa de recuperação do P, possivelmente, deve-se ao local de amostragem, tendo sido realizada entre as covas e ao lado da planta e a textura arenosa do Neossolo Quatzarênico, que foi utilizado no experimento.

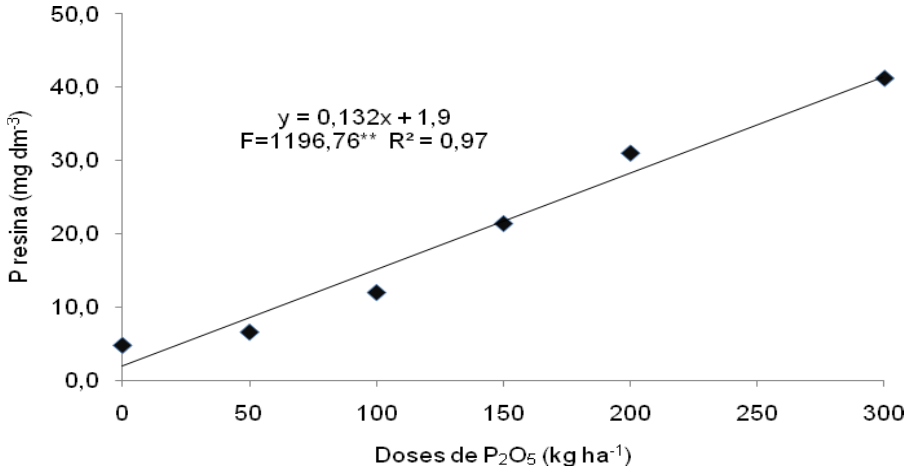

Figura 1. Teor de fósforo (resina) do solo em função de doses de fósforo aplicadas em um Neossolo Quartzarênico na época de semeadura na cultura do feijão-caupi. ** significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

O aumento dos teores de P no solo influenciou apenas os teores foliares de P e Zn na parte aérea do feijão-caupi (Tabela 1). Verificou-se que as doses de fósforo incrementaram com ajuste linear os teores do nutriente na folha (Figura 2A) e também refletiu no teor do nutriente na semente da leguminosa (Figura 2B). Segundo CARVALHO & NAKAGAWA (2000) maior teor de P na semente poderá beneficiar o estabelecimento inicial da cultura, pois influi na formação do embrião e dos órgãos de reserva e na composição química da semente, afetando, consequentemente, a qualidade da semente, podendo refletir em maior crescimento das plântulas no campo.

Tabela 1. Teores foliares de macronutrientes e micronutrientes em função da aplicação de fósforo na época da semeadura da cultura do feijão-caupi.

Doses de P_2O_5 kg ha^{-1}	N	P	K	Mg	S	Ca	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg^{-1}						mg kg^{-1}				
0	22,10	3,14	17,26	3,96	4,32	16,26	36,80	63,20	94,60	321,60	49,20
50	25,12	3,32	17,42	3,48	4,40	15,66	38,55	62,20	93,20	316,60	40,80
100	32,02	3,38	17,68	3,36	4,58	15,62	39,85	69,20	88,60	321,20	42,40
150	27,96	3,50	17,76	3,64	3,74	15,88	41,04	68,60	87,20	313,80	38,60
200	25,98	3,58	17,78	3,64	3,78	15,80	41,50	70,40	86,40	318,20	37,60
300	23,10	3,64	16,88	4,54	4,42	17,76	41,52	60,00	93,20	326,80	33,80
F(Trat.)	$2,55^{**}$	$6,19^{ns}$	$1,42^{ns}$	$2,05^{ns}$	$1,14^{ns}$	$0,38^{ns}$	$0,39^{ns}$	$1,15^{ns}$	$1,59^{ns}$	$0,058^{ns}$	$4,38^{**}$
CV(%)	11,7	4,8	3,8	17,7	17,4	18,3	16,9	13,8	6,9	13,2	13,8

^{ns}, ** Diferença não-significativa pelo teste F ($p<0,05$) e significativa ($P<0,01$), respectivamente.

Para os teores foliares de Zn foi observado comportamento inverso aos teores de P na parte aérea em função da adubação fosfatada, pois houve decréscimo no teor do micronutriente com o aumento das doses de P aplicado (Figura 3). Este efeito da interação P e Zn é amplamente relatada na literatura, a exemplo de PRADO et al. (2005), que verificaram diminuição do teor de Zn no maracujazeiro em função de doses de P. Esse efeito, segundo SAFAYA (1976) decorre da redução na translocação do Zn através da endoderme e epiderme das raízes, diminuindo sua absorção pela planta.

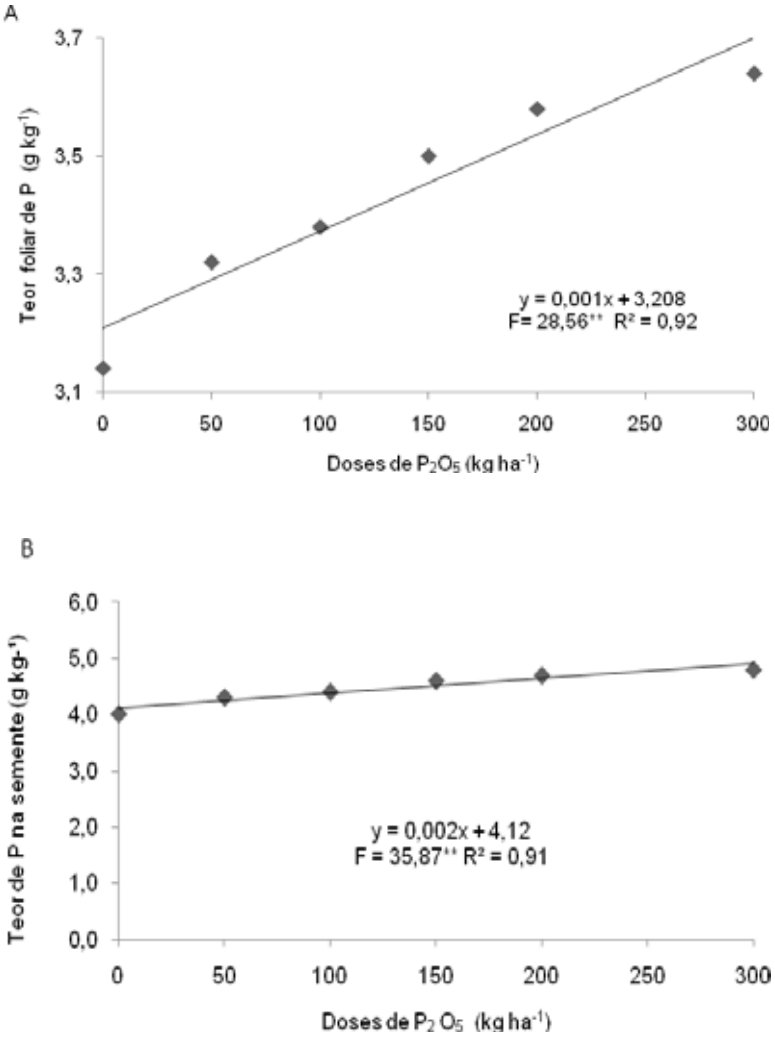

Figura 2. Teor de fósforo em folhas (A) e em sementes (B) de feijão-caupi, cultivar BR-17 Gurguéia em função de doses de fósforo. ** significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

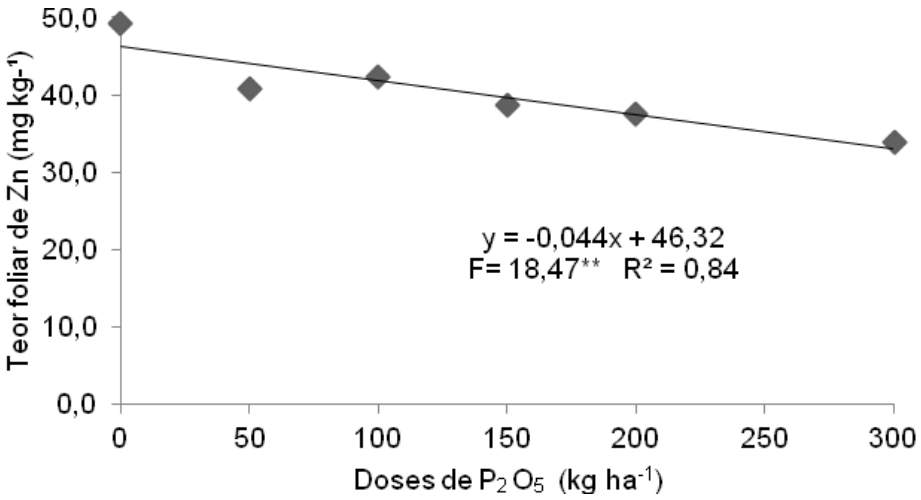

Figura 3. Teor foliar de zinco em feijão-caupi, cultivar BR-17 Gurguéia em função de doses de fósforo. ** significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

A máxima produtividade foi de 1.319 kg ha^{-1} com a dose de 168 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 4). Efeito favorável da aplicação do P sobre a produtividade de grãos de feijão-caupi também foi verificado por outros autores, entretanto, as doses de fósforo que resultaram na maior produtividade foram menores para o feijão-caupi, na cultivar BR 17 Gurguéia cultivado em Latossolo Amarelo distrófico (65 kg ha^{-1} de P_2O_5) segundo CARDOSO et al. (1997), cultivar BRS Guariba cultivado em um Argissolo Amarelo (58 kg ha^{-1} de P_2O_5) segundo CARDOSO et al. (2007a), cultivar BRS Novaera irrigado cultivado em um Argissolo Amarelo (62 kg ha^{-1} de P_2O_5) segundo CARDOSO et al. (2007b) e cultivar Pretinho precoce 1 cultivado em Latossolo Amarelo distrocoeso (90 kg de P_2O_5) segundo SILVA et al. (2010b). Nota-se que os melhores desempenhos obtidos pelos autores tendo uso de doses menores de P como suficientes para atingir a maior produtividade provavelmente se devem a fonte de P utilizada ou tipo de solo.

A dose de 168 kg ha^{-1} de P_2O_5, que proporcionou a maior produtividade esteve associado com a concentração foliar de P igual a 3,5 g kg^{-1} (Figura 2A). Resultados semelhantes foram obtidos por SILVA et al. (2010) que observaram que a maior produtividade de grãos do feijão-caupi ocorreu com teor foliar de P igual a 3,6 g kg^{-1} na dose de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5. Nota-se que os resultados obtidos no presente trabalho

apresentam teor foliar de P na faixa adequada para o feijão-caupi segundo indicação de MALAVOLTA et al. (1997) (2,6 a 5,0 g kg^{-1}).

No presente estudo, o uso da adubação fosfatada de168 kg ha^{-1} de P_2O_5, que resultou na maior produtividade de 1.319 kg ha^{-1}, proporcionou um incremento igual a 52% em relação ao controle (0 kg ha^{-1} de P_2O_5).

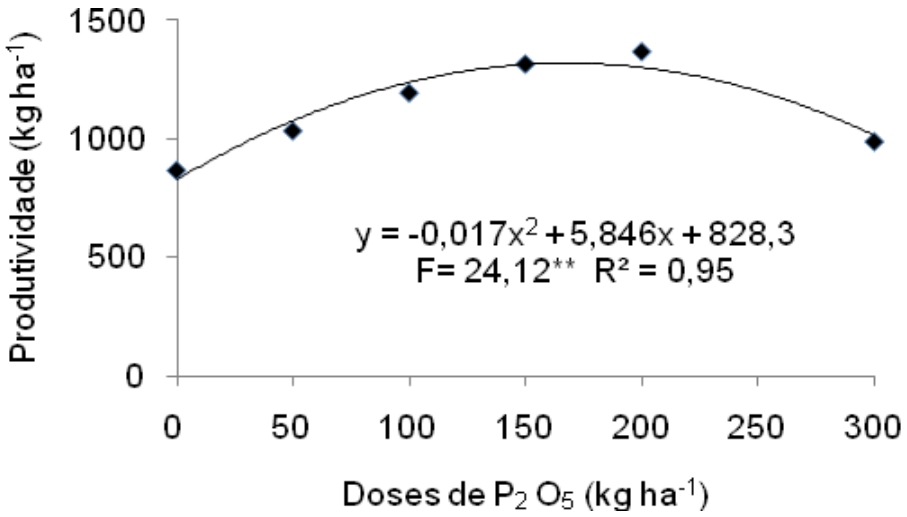

Figura 4. Produtividade de grãos de feijão-caupi, cultivar BR-17 Gurguéia em função de doses de fósforo. ** significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

.

Observou-se ainda, que a aplicação de P afetou o componente índice de grãos, mas não afetou o comprimento de vagem ($F=1,30^{ns}$), número de grãos por vagem ($1,18^{ns}$), e matéria seca de 1000 grãos ($F=1,19^{ns}$). Resultados semelhantes foram obtidos por ZUCARELI et al. (2006), que não observaram efeito do P no comprimento de vagens e na massa seca de 1000 grãos de feijão comum, entretanto, verificaram apenas aumento do número de vagens e de sementes por planta.

Notou-se que a aplicação de fósforo incrementou, com ajuste quadrático, o índice de grãos, atingindo ponto de máximo com dose de 173 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 5). Portanto, a dose de P com o maior índice de grãos estiveram próximos da dose do nutriente que resultou a maior produtividade da cultura 168 kg ha^{-1} de P_2O_5. Assim, o

efeito do P na massa de grãos em relação à massa da vagem foi importante para proporcionar incremento na produção da cultura (Figura 5).

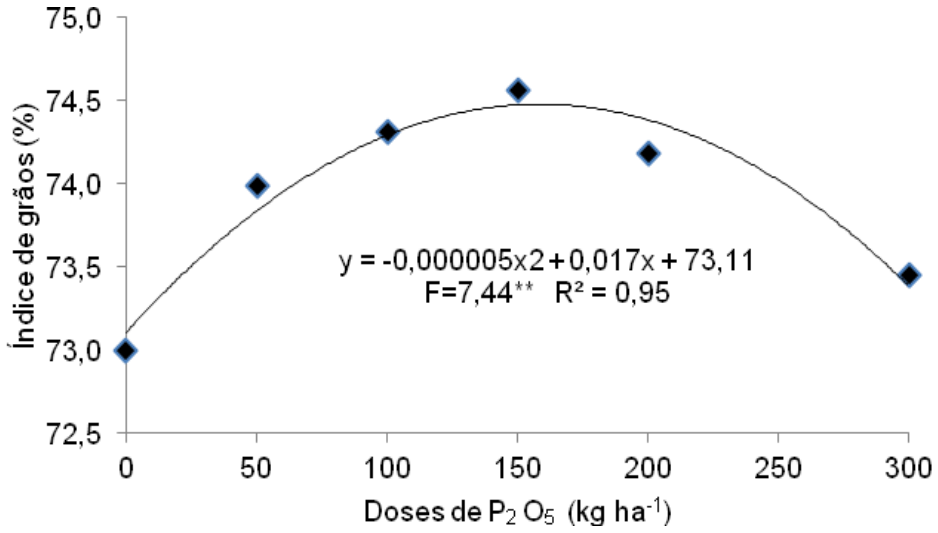

Figura 5. Índice de grãos em feijão-caupi, cultivar BR-17 Gurguéia em função de doses de fósforo. ** significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

2.5. CONCLUSÕES

As doses de fósforo elevaram os teores nas folhas e nas sementes de feijão-caupi, porém reduziu os teores foliares de zinco. A aplicação de fósforo incrementou a produtividade do feijão-caupi cultivar BR 17 Gurguéia atingindo 1.319 kg ha^{-1} de grãos na dose de 168 kg ha^{-1} de P_2O_5.

2.6. REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B., van. QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. **Leguminosas e oleaginosas.** In: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. RAIJ, B., VAN. CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds). 2. Ed.rev. Campinas: IAC. p.189-191. 1997. (Boletim Técnico, 100).

ARF, O. **Importância da adubação na qualidade do feijão-caupi**. In: Sá, M. E. Buzzeti, S. (Ed.) Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone, 1994. p. 233-248.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JR, W. **AgroEstat** - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos, 2011. Versão 1.1.0.626.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1983. 48 p.

CARDOSO, M.J.; MELO, F. de B.; BASTOS, E.A.; RIBEIRO, V.Q.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; ANDRADE JÚNIOR, A.S de. **Dose de fósforo e densidades de planta em caupi.** II. Efeito sobre a produtividade de grãos e componentes de produção sob irrigação em solo Aluvial Eutrófico. In. REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 4, Teresina. Resumos... Teresina: Embrapa-CPAMN, 1996. p. 123.

CARDOSO, M.J.; MELO F. de 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. de B.; SOBRINHO, C.A. Rendimento de grãos de feijão-caupi (cv. BRS Guariba) relacionando as doses de fósforo. In. II CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, Manaus. **Anais**... Manaus. 2007 a. 1 CD-ROM.

CARDOSO, M.J.; MELO F. de B.; SOBRINHO, C.A. Produtividade de grãos de feijão-caupi (cv. BRS Novaera) relacionando as doses de fósforo sob irrigação. In. II CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, Manaus. **Anais**... Manaus. 2007b. 1 CD-ROM.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP. 2000. 429p.

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

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

GALRÃO, E.Z. **Micronutrientes**: In: Cerrado: Correção do solo e adubação**/** Editores Técnicos Djalma Martinhão de Sousa, Edson Lobato – 2. Ed – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 185-226.

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

HOLFORD, I.C.R. **Soil phosphorus**: its measurement, and its uptake by plants. Australian. 1997.

IBGE: **Levantamento sistemático da produção agrícola**: relatório geral: culturas temporárias da região nordeste. 2011.

LEITE, L.F.C.; ARAÚJO, A.S.F.; COSTA, C., N.; RIBEIRO, A.M.B. Nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, p.492-497, 2009.

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. 1997. 201. p.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M.F. **Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G.C. (Eds) Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira. Piracicaba IPNI Brasil, 2007. p. 89-250.

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

MIRANDA, L.N.; AZEVEDO, J.A.; MIRANDA, J.C.C.; GOMES, A.C. Calibração de métodos de análise de fósforo e resposta do feijão ao fósforo no sulco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1621-1627, 2002.

NAKAYAMA, L.H.I.; CACERES, N.T.; ALCARDE, J.C.; MALAVOLTA, E. Eficiência relativa de fontes de fósforo de diferentes solubilidades na cultura do arroz. **Scientia Agricola,** v.55, p.183-190, 1998.

OLIVEIRA, A.P. de.; SILVA, J.A., da.; LOPES, E.B.; SILVA, E.É.; ARAÚJO, L.H.A. RIBEIRO, V.V. Rendimento produtivo e econômico do feijão-caupi em função de doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.629-634, 2009.

PRADO, R. de M.; VALE, D. ,W.; ROMUALDO, L.M. Fósforo na nutrição e produção de mudas de maracujazeiro. **Acta Scientiarum**, v.27, p. 493-498, 2005.

RAIJ, B., van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico. 2001. 285p.

SAFAYA, N.M. Phosphorus-zinc interaction in relation to absorption rates of phosphorus, zinc, copper, manganese, and iron in corn. **Soil Science Society American Journal,** v. 40, p. 719-722, 1976.

SANCHEZ, P.A.; SALINAS, J.G. Low input Technology of managing oxisols and ultisols in tropical América. **Advances in Agronomy**, v.24, p.280-406, 1981.

SILVA, E.B.; RESENDE, J.C.F.; CINTRA, W.B.R. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo em solo arenoso. **Ciência Rural**, v.31, p.973-977, 2001.

SILVA, E.F.L.; ARAÚJO, A.S.F.; SANTOS, V.B.; NUNES, L.A.P.L.; CARNEIRO, R.; F.V. Fixação Biológica do N_2 em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. **Bioscience Journal**, v.26, p.394-402, 2010.

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.; MELO V.F. Resposta do feijão-caupi às doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima**. Acta Amazônia**, v.40, p.31-36, 2010.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.191-196, 2009.

ZUCARELI, C.; RAMOS JÚNIOR, E.U.; BARREIRO, A.P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, p.9-15, 2006.

CAPÍTULO 3 - ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA NUTRIÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI, CULTIVADO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO NO MUNÍCIPIO DE BOM JESUS-PÍ

3.1. RESUMO

O feijão-caupi é de grande importância para o Estado do Piauí. Assim, neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de potássio na nutrição e na produtividade do feijão-caupi, cultivado em Neossolo Quartzarênico no município de Bom Jesus-PI. Para isto, foi desenvolvido um experimento com a cultivar BRS Guariba, em Bom Jesus, PI, situado a 09º06'25,1" Sul, 44º21'55,2" Oeste. Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de potássio na semeadura: 0; 35; 70 e 105 kg K_2O ha^{-1}, na forma de cloreto de potássio, dispostos em blocos casualizados, com quatro repetições. Avaliaram-se os teores foliares de macronutrientes e micronutrientes, produtividade, comprimento de vagem, número de grãos por vagem, massa de 1000 grãos e índice de grãos. As doses de potássio elevaram os teores foliares de K e diminuiu os teores de Ca. A aplicação do potássio incrementou a produtividade atingindo 900,3 kg ha^{-1} de grãos na dose de 105 kg ha^{-1} de K_2O.

***Palavras-chave**: Vigna unguiculata* (L.) Walp, nutrição de plantas, potássio, solo textura arenosa

3.2. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é uma cultura importante na África, América do Sul, América Central, Sul dos Estados Unidos, Ásia, Oceania e Sudeste da Europa (LANGYINTUO et al., 2005). A planta é conhecida como feijão-de-corda, feijão-macassar, sendo cultivada na região Norte e Nordeste do Brasil em caráter predominantemente de subsistência pelas populações rural e, em menor escala, pela urbana, tornando-se, assim, produto de grande expressão socioeconômica para essas regiões (BENVINDO, 2008).

Para garantir maior expansão do feijão-caupi é necessário atender suas exigências nutricionais, como de potássio que é um dos nutrientes mais exigidos pela cultura embora os solos tropicais apresentem teores relativamente baixo deste elemento.

As plantas deficientes em potássio caracterizam-se por crescimento lento, raízes pouco desenvolvidas, caules fracos e muito flexíveis e ser mais suscetíveis a ataques de doenças, além de prejudicarem a formação de sementes e frutos com menor tamanho e com menor intensidade de cor (ERNANI et al., 2007).

O potássio é encontrado no solo sob a forma iônica K^+, sendo absorvido em grandes quantidades pelas plantas, não formando compostos. Por ser um nutriente muito móvel, atua no transporte transmembrana e é ativador de um grande número de enzimas do metabolismo vegetal, sendo que algumas participam das reações da fotossíntese, respiração, síntese de amidos, proteínas e lignina, como o piruvato quinase, amido sintetase, desidrogenases e aldolases (NAIFF, 2007).

Apesar de o potássio ser um nutriente exigido em grande quantidade pelo feijão-caupi as respostas da cultura a este nutriente são contraditórias. Alguns dados da literatura indicam que o aumento de produção decorrente da aplicação de potássio é pouco expressivo (PAIVA et al., 1971; MELO et al., 1996), provavelmente, porque a quantidade de nutriente no solo seria suficiente para provocar concentrações adequadas do elemento no tecido das plantas (MELO et al., 2005). No entanto, COSTA et al. (2007) e OLIVEIRA et al. (2009) verificaram resposta da cultura a aplicação de potássio. As pesquisas com o presente nutriente em feijão-caupi especialmente em solos de textura arenosa, que podem apresentar elevadas perdas deste nutriente por lixiviação são

restritas na literatura, o que é motivo de preocupação quando objetiva a máxima eficiência da adubação potássica na cultura.

Desse modo, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de potássio em Neossolo Quartzarênico na nutrição, nos componentes produtivos e na produtividade da cultura do feijão-caupi cultivado no município de Bom Jesus - Piauí.

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Neossolo Quartzarênico no município de Bom Jesus, Piauí, em área experimental do Colégio Agrícola de Bom Jesus da Universidade Federal do Piauí (09º06'25,1" Sul, 44º21'55,2" Oeste e altitude de 266 m). O clima é definido como Aw (quente com chuvas de verão) na classificação de Köppen e a precipitação média anual é de aproximadamente, 944 mm. A temperatura média anual é próxima de 26,5ºC e a umidade relativa do ar média anual é de 68%.

Realizou-se amostragem de solo da camada de 0-20 cm de profundidade para avaliação das condições de fertilidade conforme método descrito por RAIJ et al. (2001) cujos resultados obtidos foram: pH ($CaCl_2$) = 4,6; M.O. = 8,2 g dm^{-3}; P(resina) = 19,5 mg dm^{-3}; K = 0,57; H+Al = 15,9; Ca = 7,3; Mg = 1,4; SB = 9,27; T = 25,63 $mmol_c dm^{-3}$; V = 35 %; B = 0,19; Cu = 0,2 e Zn = 0,7 mg dm^{-3}. Realizou-se a análise granulométrica do solo (areia = 929,0; silte = 35,0 e argila = 36,0 g kg^{-1}), a densidade do solo (1,4 g cm^{-3}), densidade de partículas (2,66 g cm^{-3}) e porosidade total (0,41 m^3 m^{-3}).

O preparo do solo foi realizado dez dias antes da semeadura, constituído de uma gradagem. A semeadura do feijão-caupi (cv. BRS Guariba) foi realizada em 16 de julho de 2010 manualmente, em sulcos. Após 15 dias foi realizado o desbaste, deixando-se cinco plantas por metro (111.111 plantas por hectare).

Os tratamentos foram constituídos pelas seguintes doses: 0; 35; 70 e 105 kg ha^{-1} de K_2O, na forma de cloreto de potássio (60% de K_2O), dispostos em um delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. A aplicação do potássio na época da semeadura da cultura foi até o limite de 35 kg ha^{-1} de K_2O, localizado a 5 cm abaixo e ao

lado das sementes e o restante conforme os tratamentos, tendo sido aplicados aos 25 após a semeadura.

As parcelas foram compostas de sete linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas, sendo as três linhas centrais úteis para avaliação.

A adubação de cobertura na cultura do feijão-caupi foi constituída de 60 kg ha^{-1} de N, na forma de sulfato de amônio (300 kg ha^{-1}) metade aos 20 dias e a outra metade aos 40 dias após a semeadura segundo recomendações de (OLIVEIRA et al., 2003). Foi realizada a aplicação de micronutriente, via foliar, com solução 0,5% de sulfato de cobre, boro e zinco realizado aos 41 dias após a semeadura (fase inicial de florescimento), conforme indicação de GALRÃO (2004). O experimento foi desenvolvido sob irrigação por aspersão convencional com aplicação de lâmina bruta de 420 mm (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005).

Na época do florescimento da cultura foi realizada a avaliação do estado nutricional coletando a 3ª folha com pecíolo no terço mediano das plantas da área útil das parcelas conforme indicação de AMBROSANO et al. (1997) para a cultura do feijão e determinado os teores foliares de macronutrientes e micronutrientes segundo a metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983).

No período da colheita foram avaliadas as seguintes características: comprimento de vagem e o número de grãos por vagem, obtido a partir da coleta de trinta vagens por parcela; massa de 1000 grãos; índice de grãos (porcentagem da massa da matéria seca dos grãos em relação à massa da matéria seca da vagem) e produtividade de grãos, obtida da massa de grãos por parcela e transformada para kg ha^{-1}.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, em nível de 5% de probabilidade, e em seguida realizaram-se estudos de regressão polinomial para avaliar o efeito das doses nas variáveis estudadas, empregando-se o software AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO, 2011).

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de doses de potássio no solo provocou aumento dos teores de K no solo, e os teores foliares de K e Ca na parte aérea do feijão-caupi (Tabela 1). Observa-se que as doses de potássio incrementaram com ajuste linear os teores de K na folha do feijão-caupi (Figura 1). A máxima concentração foliar de K obtida no trabalho foi de 36,05 g kg^{-1} valor acima dos teores considerados adequados (30 a 35 g kg^{-1}) para o feijão-caupi, segundo MALAVOLTA et al. (1997).

Tabela 1. Teores foliares de macronutrientes e micronutrientes em função da aplicação de potássio na cultura do feijão-caupi.

Doses de K_2O kg ha^{-1}	N	P	K	Mg	S	Ca	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg^{-1}						mg kg^{-1}				
0	34,70	2,62	29,00	6,37	7,12	21,93	32,00	33,50	118,75	166,50	54,75
35	35,62	2,85	30,80	5,90	6,90	19,38	38,00	33,25	117,75	180,00	56,75
70	35,70	2,92	33,55	5,75	6,78	19,60	37,25	33,75	128,50	201,00	57,50
105	39,00	2,92	36,05	6,08	6,15	18,93	38,75	37,25	132,25	196,25	51,50
F(Trat.)	$1,64^{ns}$	$0,68^{ns}$	9,52**	$0,26^{ns}$	$1,94^{ns}$	3,99**	$1,99^{ns}$	$0,63^{ns}$	$1,30^{ns}$	$0,87^{ns}$	$1,90^{ns}$
CV(%)	8,0	12,1	6,2	17,4	8,9	6,8	11,9	13,8	10,1	18,2	6,9

^{ns},**Diferença não-significativa pelo teste F (p<0,05) e significativa (P<0,01), respectivamente.

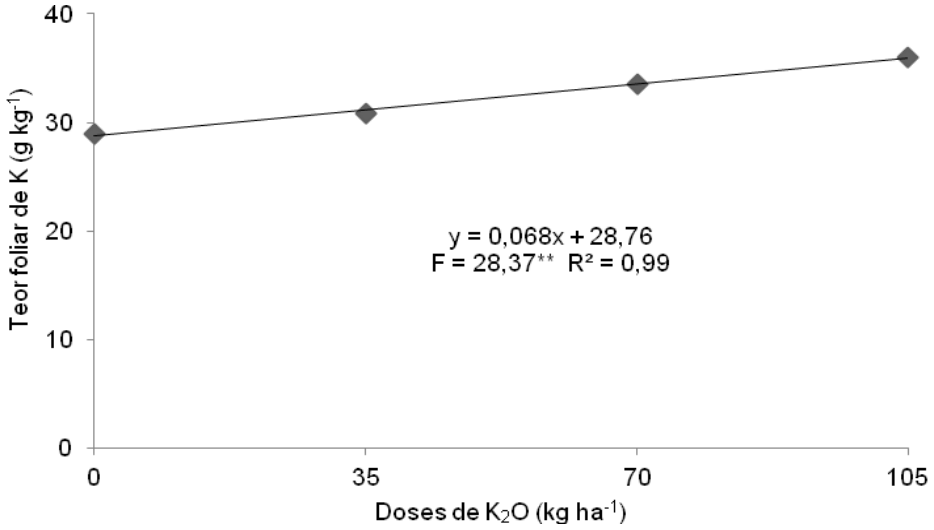

Figura 1. Teor foliar de potássio em função das doses de potássio aplicados em Neossolo Quartzarênico na cultura do feijão-caupi. **significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Para os teores foliares de Ca foi observado comportamento inverso aos teores de K na parte aérea em função da adubação potássica, pois houve decréscimo no teor de Ca com o aumento das doses de K aplicada (Figura 2). Observa-se que os teores foliares de Ca variaram de 18,93 a 21,93 g kg^{-1} (Tabela 1) e estão abaixo dos teores considerados adequados (Ca = 50 a 55 g kg^{-1}) segundo MALAVOLTA et al. (1997). Valores inferiores aos teores de Ca nas folhas do feijão-caupi na época do florescimento também foram obtidos por outros autores como LINHARES (2007) que estudou o comportamento de três cultivares de feijão-caupi, submetidos à omissão de nutrientes em Gleissolo. Os valores encontrados de Ca foram de 13,34; 15,09 e 16,48 g kg^{-1} para as três variedades estudadas nos tratamentos completos e os foliares de Ca para os tratamentos com omissão de Ca foram de 9,01; 9,57 e 10,43 g kg^{-1} tanto no tratamento completo como na omissão, nas três cultivares, o que estão abaixo dos teores considerados adequados para essa cultura. INADA (2005) estudando doses de calcário em diferentes solos de várzea do rio Pará, também encontrou teores foliares baixo de Ca que variaram de 8,51 a 28,78.

Este efeito da interação K e Ca são relatados na literatura, segundo PRADO (2008). A forma absorvida pela planta é a iônica de Ca^{2+}, existente na solução do solo e é diminuída por altas concentrações de K^{+} no meio. O incremento das doses de K causa decréscimo nos teores de Ca que, em doses extremas, podem provocar queda na produção. Níveis mais altos de K leva à queda muita acentuada nos teores de Ca, de forma que deve ser evitada no manejo da adubação potássica. Apesar da redução dos teores foliares de Ca, a produção relativa não foi reduzida, sugerindo que a concentração de Ca no solo era adequada para os cultivares nas condições estudadas.

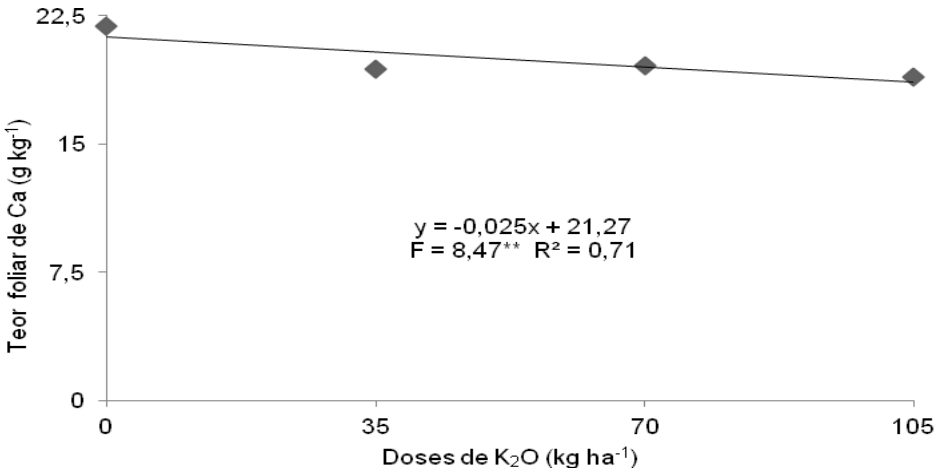

Figura 2. Teor foliar de Ca em função das doses de potássio aplicados em Neossolo Quartzarênico na cultura do feijão-caupi. **significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

O aumento dos teores de K no solo influenciou apenas a produtividade e massa de 1000 grãos do feijão-caupi (Tabela 2). A máxima produtividade foi de 900,3 kg ha^{-1} com a dose de 105 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 3) associado com a concentração foliar de K de 36,1 g kg^{-1} (Figura 1).

Os resultados da literatura indicam teores de K associado com a máxima produtividade foram inferiores ao obtido no presente trabalho. LINHARES (2007) estudando o comportamento de três cultivares de feijão-caupi, submetidos à omissão de nutrientes em Gleissolo encontraram valores foliares de K de 14,5 a 17,9 g kg^{-1} para as três variedades estudadas nos tratamentos completos e estão abaixo dos teores foliares considerados adequados para essa cultura. INADA (2005) estudando o efeito da aplicação de calcário sobre produção de massa seca de grãos e teor foliar de nutrientes em plantas de feijão-caupi observaram que a maior produtividade da cultura ocorreu com teor foliar de 21,6 g kg^{-1} (na época da floração).

O efeito favorável da aplicação do K sobre a produtividade de grãos de feijão-caupi também foi verificado por outros autores, entretanto, as doses utilizadas foram menores. Em estudos com Neossolo Regolítico a produtividade de 3.600 kg ha^{-1}, foi obtida com a aplicação de 68 kg ha^{-1} de K_2O (OLIVEIRA et al., 2003); em Latossolo

Amarelo 3.572 kg ha^{-1}, com aplicação de 100 kg ha^{-1} de K_2O (COSTA et al., 2007). Esses resultados contradizem outros autores, que afirmaram que raramente o feijão-caupi responde a adubação potássica (MELO et al., 2005).

No presente estudo, o uso da adubação potássica (105 kg ha^{-1} de K_2O) que resultou na produtividade de 900,3 kg ha^{-1} proporcionou um incremento de 97% em relação a testemunha (0 kg de K_2O).

Tabela 2. Comprimento de Vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NG/V), massa de 100 grãos (M1000G), índice de grãos (IG) e produtividade (PROD) do feijão-caupi, em função da aplicação de potássio.

Doses de K_2O kg ha^{-1}	COMPV (cm)	NG/V	M1000G	IG (%)	PROD (kg ha^{-1})
0	18,06	11,25	23,95	81,56	457,00
35	18,00	11,25	24,28	81,21	480,25
70	18,34	11,30	24,89	81,24	506,50
105	18,47	10,55	26,37	82,14	900,25
F(Trat.)	$0,46^{ns}$	$0,40^{ns}$	$6,76^{*}$	$0,12^{ns}$	$136,43^{**}$
CV(%)	3,6	10,3	3,3	3,0	6,1

^{ns,**}Diferença não-significativa pelo teste F (p<0,05) e significativa (P<0,01), respectivamente.

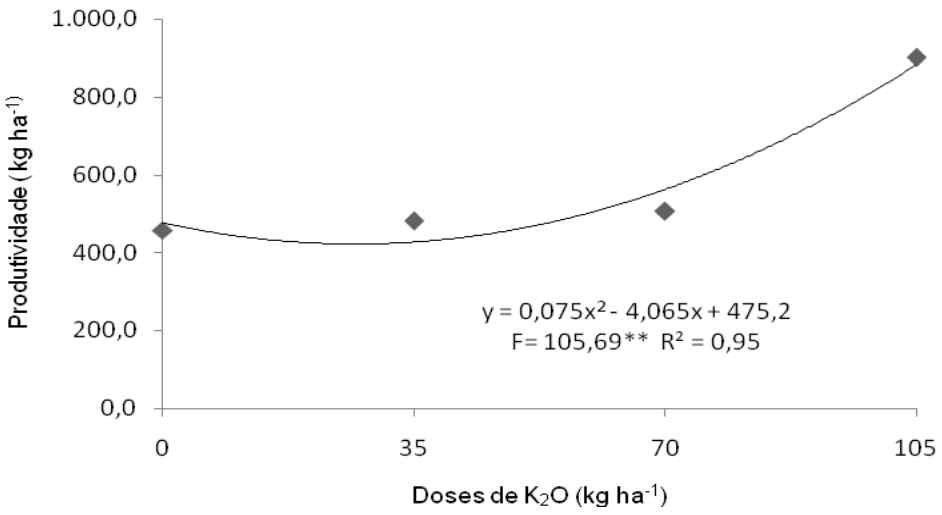

Figura 3. Produtividade de grãos de feijão-caupi, cv. BRS Guariba em função de doses de potássio. ** significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Observou-se ainda, que a aplicação do potássio afetou a componente massa de 1000 grãos, mas não afetou o comprimento de vagem (F = $0,46^{ns}$), número de grãos por

vagem F = (0,40^{ns}) e índice de grãos F = (0,12^{ns}). Notou-se que a aplicação do potássio incrementou com ajuste linear a componente massa de 1000 grãos, atingindo ponto máximo na dose de 105 kg de K_2O. Portanto, a dose de potássio com a maior massa de 1000 grãos foi igual à dose do nutriente que resultou a maior produtividade da cultura (Figura 4).

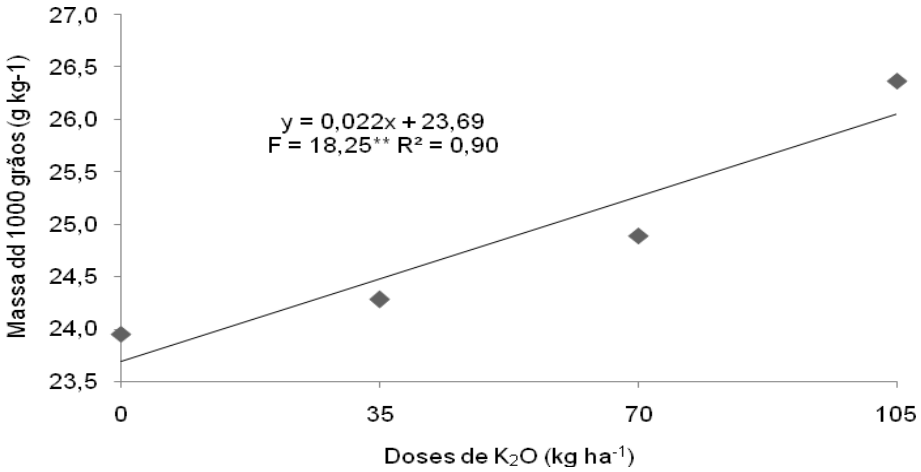

Figura 4. Massa de 1000 de grãos de feijão-caupi, cv. BRS Guariba em função de doses de potássio. ** significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

3.5. CONCLUSÕES

A produtividade de grãos de feijão-caupí cultivar BRS Guariba cultivado em Neossolo Quartzarênico aumentou quadraticamente em função das doses de potássio aplicadas no solo tendo como máxima produtividade estimada de 900,3 kg ha^{-1} e na dose de 105 kg ha^{-1} de K_2O.

3.6. REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. **Leguminosas e oleaginosas.** In: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. RAIJ, B., van. CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds). 2. Ed.rev. Campinas: IAC. p.189-191. 1983. (Boletim Técnico, 100).

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; RODRIGUES, B.H.N.; BASTOS, E.A. Irrigação. In **Feijão-caupi avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Meio-norte, 2005. P. 245-272.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JR, W. **AgroEstat** - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos, 2011.Versão 1.1.0.626.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 48 p. 1983.

BENVINDO, R.N. **Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semi-prostado em cultivo de sequeiro e irrigado**. 2007. 51p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Piauí.

COSTA, J.C.G.; LOBO, V.M.Q.; SILVA, R.R. Avaliação da produção do caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) em função do efeito residual de doses de potássio em dois sistemas de manejo. In: II CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, 2007, Manaus. **Anais**... Manaus. 1 CD-ROM.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. **Potássio** In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.U.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo**.** Viçosa: UFV, 2007. 1017 p.

GALRÃO, E.Z. **Micronutrientes**: In: Cerrado: Correção do solo e adubação***/*** Editores Técnicos Djalma Martinhão de Sousa, Edson Lobato – 2. Ed – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.185-226,2004.

INADA, F.H. **Efeito da aplicação de calcário sobre produção de massa seca e grãos, teor e acúmulo de macronutrientes em plantas de caupi cultivadas em solos de várzea do rio Pará**. 2005. 46p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia.

LANGYINTUO, A.S.; DeBOER, J.L.; ARNDT, C. **Potential impacts of the proposed west african monetary zone on cowpea trade in West and Central Africa.** Purdue University, Department of Agricultural Economics, 403 W State Street, West Lafayette, IN 47907-2056, U.S.A. Paper prepared for presentation at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Montreal, Canada, July 27-30, 2005.

LINHARES, L.C.F. **Comportamento de três cultivares de feijão-caupi, submetidos à omissão de nutrientes, cultivados em amostras de Gleissolo de várzea do rio Pará**. 2007. 46p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MELO, F. de B,; CARDOSO, M.J.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; ATHAYDE SOBRINHO, C**. Efeitos dos níveis de potássio na produção de matéria seca de feijão caupi**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 22, 1996, Manaus. Resumos expandidos... Manaus: SBSC: Universidade do Amazonas 1996. P. 312-313.

MELO, F. de B,; CARDOSO, M.J.; SALVIANO, A.A.C. Fertilidade do Solo e Adubação In: **Feijão-caupi avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Meio-norte, 2005. P. 221-242.

NAIFF, A.P.M. **Crescimento, composição mineral e sintomas visuais de deficiências de macronutrientes em plantas de *Alpinia Purpurata* cv. Jungle King**. Tese de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, p.77, 2007.

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

OLIVEIRA, A.P. de.; SILVA, J.A. da.; LOPES, E.B.; SILVA, E.É.; ARAÚJO, L.H.A.; RIBEIRO, V.V. Rendimento produtivo e econômico do feijão-caupi em função de doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.629-634, 2009.

PAIVA, J.; ALBUQUERQUE, J.J.L.; BEZERRA, F.F. Adubação mineral em feijão-de-corda (*Vigna sinensis* Endl.) no Ceará – Brasil. **Ciência Agronômica,** v.1, p.75-78, 1971.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008.407p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

CAPÍTULO 4 - ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA NUTRIÇÃO E NA PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO-CAUPI, CULTIVADO EM LATOSSOLO AMARELO NO MUNÍCIPIO DE BOM JESUS- PIAUÍ

4.1. RESUMO

Com objetivo de contribuir para o aumento do rendimento de grão de feijão-caupi no Estado do Piauí. Assim, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de potássio na nutrição e na produtividade do feijão-caupi, cultivado em Latossolo Amarelo no município de Bom Jesus - PI. Para isto, foi conduzido um experimento com a cultivar BRS Guariba, em Bom Jesus, PI, situado a 09º04'58,08" Sul, 44º19'28,86" Oeste. Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de potássio na semeadura: 0; 35; 70; e 105 kg K_2O ha^{-1}, na forma de cloreto de potássio, dispostos em blocos casualizados, com quatro repetições. Avaliaram-se os teores foliares de macro e micronutrientes, a produtividade, o comprimento de vagem, número de grãos por vagem, massa de 1000 grãos, índice de grãos e a produtividade. Na época do florescimento foi determinando os teores foliares de macro e micronutrientes. A aplicação der potássio afetou apenas o Ca na cultivar. A produtividade de feijão-caupi aumentou em função das doses de potássio atingindo Maximo de 710,3 kg ha^{-1} de grãos na dose de 105 kg ha^{-1} de K_2O.

Palavras-chave*: Vigna unguiculata* (L.) Walp, potássio, nutrição de plantas

4.2. INTRODUÇÃO

A cultura do feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é conhecido como feijão-de-corda ou feijão-macassar, sendo cultivada na região Norte e Nordeste do Brasil em caráter predominantemente de subsistência pelas populações rural e, em menor escala, pela urbana, tornando-se, assim, produto de grande expressão socioeconômica para essas regiões (BENVINDO, 2008).

A cultura do feijão-caupi está se expandindo para áreas originalmente sob vegetação de cerrado, e especialmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, onde é incorporado aos arranjos produtivos como safrinha após as culturas da soja e do arroz, e, em alguns locais como cultura principal. A cultura do feijão-caupi cultivada na época da safrinha tem um custo muito competitivo, fator que tem feito aumentar o interesse dos produtores pela cultura. Além disso, a produção é de alta qualidade, o que possibilita que o produto seja bem-aceito por comerciantes, agroindústrias, distribuidores e consumidores (FREIRE FILHO et al., 2011). No Estado do Piauí, é cultivado nos 224 municípios com área de 225.000 hectares e produção esperada para a safra de 2012 de 107.500 t e rendimento médio de 478 kg ha^{-1} (IBGE, 2012).

A adequada fertilidade do solo é importante para manter alta produtividade do feijão-caupi, pois a cultura é exigente em nutrientes (OLIVEIRA & DANTAS, 1988), portanto, o uso da adubação é importante para cultura. No entanto, as pesquisas indicam que a aplicação dos adubos nas covas, somente em torno de 1/3 dos adubos potássicos e nitrogenados incorporados ao solo são aproveitados pelas plantas, sendo a maior parte deles perdido no solo (lixiviação, volatilização ou escoamento superficial) (ALFAIA, 1997). Portanto, o uso adequado dos fertilizantes e na dose correta deverá aumentar a eficiência dos programas de adubação e com reflexos na produtividade da cultura.

No feijão-caupi, o potássio é o nutriente extraído e exportado em maior quantidade, por isso na maioria dos solos onde é explorado comercialmente são encontrados baixos teores desse nutriente. Apesar disso, a presente cultura raramente responde à adubação potássica (CARDOSO, 2000). Contudo, existem informações indicando resposta da cultura à aplicação de potássio em Neossolo Regolítico

(OLIVEIRA et al., 2003), em Latossolo Amarelo (COSTA et al., 2007; CARVO et al., 2005). Nota-se que são incipientes os estudos com potássio em feijão caupi cultivado no Brasil.

Desse modo, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de potássio em Latossolo Amarelo na nutrição, nos componentes produtivos e na produtividade de grãos do feijão-caupi cultivado no município de Bom Jesus - Piauí.

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em Latossolo Amarelo, no município de Bom Jesus, Piauí, na área do Colégio Agrícola de Bom Jesus/Campus Professora Cenobelina Elvas (09º04'58,08" Sul e 44º19'28,86" Oeste, 285 m de altitude). O clima é definido como Aw (quente com chuvas de verão) na classificação de Köppen e a precipitação média anual é de aproximadamente, 944 mm. A temperatura média anual é próxima de 26,5ºC e a umidade relativa do ar média anual de 67,8 %.

Antes da instalação do experimento realizou-se amostragem do solo da camada de 0-20 cm de profundidade para avaliação das condições de fertilidade conforme método descrito por RAIJ et al. (2001), cujos resultados obtidos foram: pH em H_2O (1:2,5) 5,4; P(Mehlich) 12,2 mg dm^{-3}; K 0,8; Ca^{+2} + Mg^{2+} 17,0; Na^{+} 0,1; Al^{3+} 5,6; H+Al 23,0; SB 17,9; CTC efetiva 23,5; CTC potencial 40,9 $mmol_c dm^{-3}$; m 23,83 % e M.O 8,12 g kg^{-1}.

O preparo do solo foi realizado quinze dias antes da semeadura, constituído de uma gradagem com grade niveladora. A semeadura do feijão-caupi (cv. BRS Guariba) foi realizada em 03 de julho de 2010 manualmente, em sulcos. Após 15 dias foi realizado o desbaste, deixando-se cinco plantas por metro (111.111 plantas por hectare).

Os tratamentos foram constituídos pelas seguintes doses: 0; 35; 70 e 105 kg ha^{-1} de K_2O, na forma de cloreto de potássio (60% de K_2O), dispostos em um delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. A aplicação do potássio na época da semeadura foi até o limite de 35 kg ha^{-1} de K_2O, localizado a 5 cm abaixo e ao lado das sementes e o restante conforme os tratamentos, tendo sido aplicados aos 25 após a semeadura.

As parcelas foram compostas de sete linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas, sendo as três linhas centrais úteis para as avaliações.

A adubação de cobertura na cultura do feijão-caupi foi constituída de 60 kg ha^{-1} de N, na forma de sulfato de amônio (300 kg ha^{-1}) metade aos 20 dias e a outra metade aos 40 dias após a semeadura segundo recomendações de (OLIVEIRA et al., 2003). Foi feita a aplicação de micronutriente, via foliar, com solução 0,5% de sulfato de cobre, boro e zinco realizado aos 41 dias após a semeadura (fase inicial de florescimento) segundo indicação de GALRÃO, (2004). O experimento foi conduzido sob irrigação em pivô central com aplicação de lâmina bruta de 420 mm (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005).

Na época do florescimento da cultura foi realizada a avaliação do estado nutricional coletando a 3ª folha com pecíolo no terço mediano das plantas da área útil das parcelas conforme indicação de AMBROSANO et al. (1997) para a cultura do feijão. Os teores foliares de macronutrientes e micronutrientes foram determinados segundo a metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983).

No período da colheita foram avaliadas as seguintes características: comprimento de vagem e o número de grãos por vagens, obtidos a partir da coleta de trinta vagens por parcela; massa de 1000 grãos; índice de grãos (porcentagem da massa da matéria seca dos grãos em relação à massa da matéria seca da vagem) e produtividade, obtida da massa de grãos por parcela e transformada para kg ha^{-1}.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância pelo teste F, em nível de 5% de probabilidade, e em seguida realizaram-se estudos de regressão polinomial para avaliar o efeito das doses nas variáveis estudadas, empregando-se o software AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO, 2011).

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do potássio no solo influenciou apenas o teor foliar de Ca na parte aérea do feijão-caupi (Tabela 1). Verificou-se que as doses de potássio influenciaram com ajuste linear os teores de Ca na folha do feijão-caupi, ocorrendo decréscimo no teor do macronutriente com o aumento das doses de K aplicado (Figura 1). Observaram-se

teores foliares de Ca variando de 14,25 a 18,62 g kg^{-1} (Tabela 1) e estão abaixo dos teores considerados adequados (Ca = 50 a 55 g kg^{-1}) (MALAVOLTA et al., 1997). INADA (2005), em um estudo em solos de várzea, encontrou teores baixos de Ca (8,51 a 28,78 g kg^{-1}) inferiores aos valores considerados adequados para essa cultura.

Este efeito da interação K e Ca são relatados na literatura, PRADO (2008) relata que o incremento das doses de K causa decréscimo nos teores de Ca que em doses extremas, podem provocar queda na produção. Níveis mais altos de K levam à queda muita acentuados nos teores de Ca, de forma que deve ser evitada no manejo da adubação potássica.

Tabela 1. Teores foliares de macronutrientes e micronutrientes em função da aplicação de potássio na cultura do feijão-caupi

Doses de K_2O kg ha^{-1}	N	P	K	Mg	S	Ca	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg^{-1}						mg kg^{-1}				
0	35,65	2,15	15,75	5,42	9,38	18,62	43,25	22,00	114,00	309,00	62,50
35	36,92	2,25	16,15	4,62	7,65	18,10	43,50	20,50	134,00	227,75	57,75
70	36,22	2,22	16,57	4,72	7,45	16,87	42,25	23,00	132,00	327,00	59,00
105	35,92	2,0	16,75	4,85	10,42	14,25	41,25	28,00	124,75	307,50	40,50
F(Trat.)	$0,09^{ns}$	$0,96^{ns}$	$0,40^{ns}$	$2,51^{ns}$	$0,74^{ns}$	5,89**	$0,34^{ns}$	$1,17^{ns}$	$0,55^{ns}$	$0,43^{ns}$	$1,11^{ns}$
CV(%)	8,0	10,0	8,7	9,2	37,9	8,8	8,3	25,7	19,4	10,6	6,5

^{ns,} **Diferença não-significativa pelo teste F (p<0,05) e significativa (P<0,01), respectivamente.

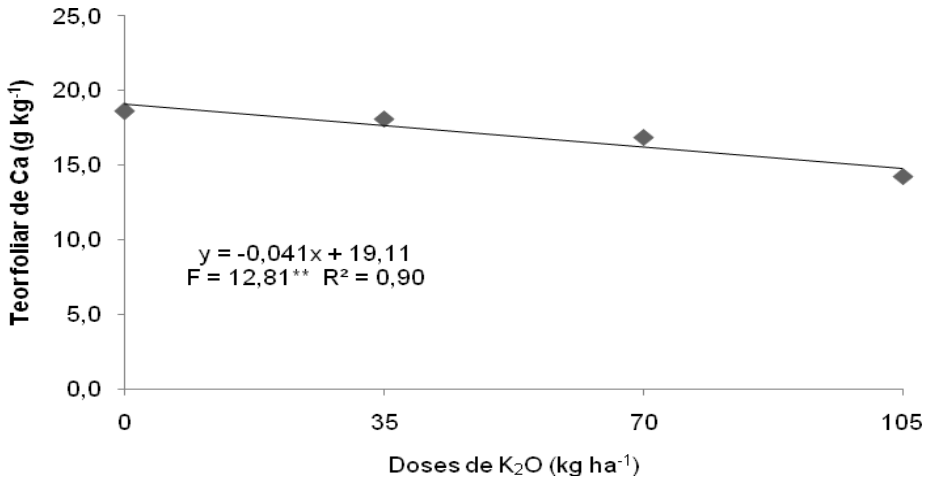

Figura 1. Teor foliar de Ca em função das doses de potássio aplicados em Latossolo Amarelo na cultura do feijão-caupi. **significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

O aumento dos teores de K no solo influenciou a produtividade do feijão-caupi (Tabela 2). A máxima produtividade estimada foi de 710,3 kg ha^{-1} com a dose de 105 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 2) associado com a concentração foliar de K máxima de 16,75 g kg^{-1} (Tabela 1).

Os resultados da literatura indicando teores de K associado com a máxima produtividade próximo ao obtido no presente trabalho, a exemplo de LINHARES (2007) estudando o comportamento de três cultivares de caupi, submetidos à omissão de nutrientes em Gleissolo encontraram valores foliares de K de 14,5 a e 17,9 g kg^{-1} para as três variedades estudadas nos tratamentos completos. Entretanto, INADA (2005), estudando o efeito da aplicação de calcário sobre produção de massa seca de grãos e teor foliar de nutrientes em plantas de feijão-caupi, observaram que a maior produtividade da cultura ocorreu com teor foliar de 21,6 g kg^{-1} (na época da floração).

O efeito favorável da aplicação de K sobre a produtividade de feijão-caupi também foi verificado por outros autores, entretanto, as doses de potássio que resultaram em maior produtividade foram menores. Em estudos com Neossolo Regolítico com 68 kg ha^{-1} de K_2O (OLIVEIRA et al., 2003) e em Latossolo Amarelo com 100 kg ha^{-1} de K_2O (COSTA et al., 2007).

Observou-se ainda, que a aplicação do potássio não afetou o comprimento de vagem ($F = 0,64^{ns}$), número de grãos por vagem ($F = 0,81^{ns}$), massa de 1000 grãos (F = 0,61) e índice de grãos ($F = 1,47^{ns}$).

No presente estudo, o uso da adubação potássica (105 kg ha^{-1} de K_2O) que resultou na produtividade de 710,3 kg ha^{-1} proporcionou um incremento de 47% em relação à testemunha (0 kg de K_2O).

Tabela 2. Comprimento de vagem (COMPV), número de grãos por vagem (NG/V), massa de 1000 grãos (M1000G), índice de grãos (IG) e produtividade (PROD) da cultura do feijão-caupi, em função da aplicação de potássio.

Doses de K_2O kg ha^{-1}	COMPV (cm)	NG/V	M1000G	IG (%)	PROD (kg ha^{-1})
0	18,34	10,25	28,07	82,42	483,50
35	18,12	10,52	29,58	83,50	597,25
70	18,49	10,75	28,19	83,66	622,75
105	18,75	11,25	29,82	84,04	710,25
F(Trat.)	$0,64^{ns}$	$0,81^{ns}$	$0,61^{ns}$	$1,47^{ns}$	$18,03^{**}$
CV(%)	3,5	7,9	8,0	1,4	7,3

^{ns,} ** Diferença não-significativa pelo teste F (p<0,05) e significativa (P<0,01), respectivamente.

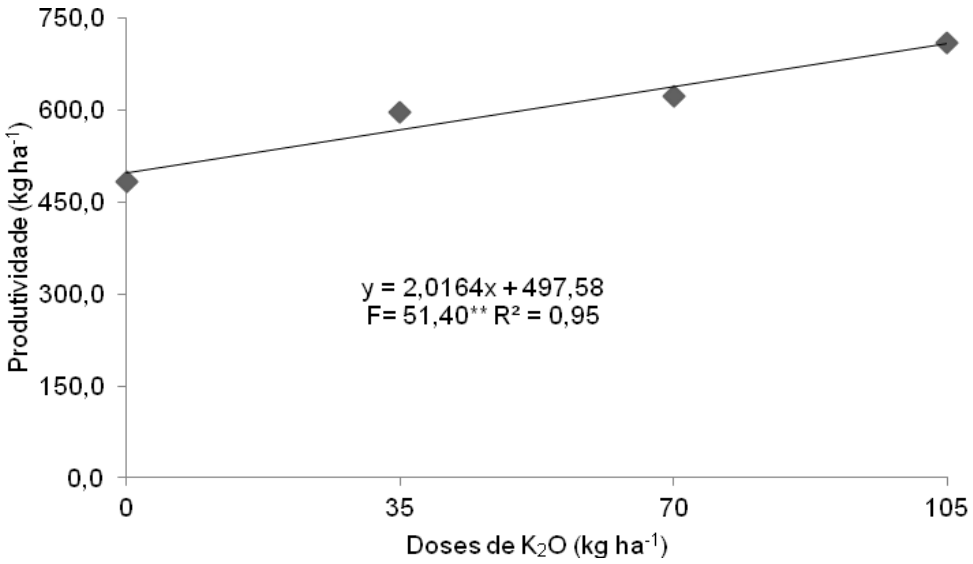

Figura 2. Produtividade de grãos de feijão-caupi, cultivar Guariba em função de doses de potássio. ** significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

4.5. CONCLUSÕES

A produtividade do feijão-caupi cultivar BRS Guariba cultivado em Latossolo Amarelo aumentou linearmente em função das doses de potássio aplicadas no solo tendo como máxima produtividade estimada em 710,3 kg ha^{-1} com a dose de 105 kg ha^{-1} de K_2O.

4.6. REFERÊNCIAS

ALFAIA, S.S. Destino dos fertilizantes nitrogenados (15N) em um Latossolo Amarelo cultivado com feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.). **Acta Amazônica**, v.27, p.65-72. 1997.

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. RAIJ, B., van. QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. **Leguminosas e Oleaginosas.** In: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. RAIJ, B., van. CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds). 2. Ed.rev. Campinas: IAC. 1997. p.189-191. (Boletim Técnico, 100).

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; RODRIGUES, B.H.N.; BASTOS, E.A. Irrigação. In: **Feijão-caupi avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Meio-norte, 2005. P. 245-272.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JR, W. **AgroEstat** - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos, 2011.Versão 1.1.0.626.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.; R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: IAC, 48 p.1983.

BENVINDO, R.N. **Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semi-prostrado em cultivo de sequeiro e irrigado**. 2007. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Piauí.

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

CRAVO, M.S.; SMYTH, T.J.; SOUSA, B.D.L. Nível crítico de potássio para feijão-caupi em Latossolo amarelo textura média do nordeste paraense. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. **Resumos**... Recife: SNCS, 2005. 1 CD-ROM.

COSTA, J.C.G.; LOBO, V.M.Q.; SILVA, R.R. Avaliação da produção do caupi (*vigna unguiculata* L. Walp) em função do efeito residual de doses de potássio em dois sistemas de manejo. In: II CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO CAUPI, 2007, Manaus. **Anais**... Manaus. 1 CD-ROM.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K.J.D.; NOGUEIRA, E.V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p. Il.; 27 cm

GALRÃO, E.Z. **Micronutrientes**: In: Cerrado: Correção do solo e adubação***/*** Editores Técnicos Djalma Martinhão de Sousa, Edson Lobato – 2. Ed – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 185-226,2004.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** (LSPA) – 2012.

INADA, F.H. **Efeito da aplicação de calcário sobre produção de massa seca e grãos, teor e acúmulo de macronutrientes em plantas de caupi cultivadas em solos de várzea do rio Pará**. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia.

LINHARES, L.C.F. **Comportamento de três cultivares de feijão-caupi, submetidos à omissão de nutrientes, cultivados em amostras de Gleissolo de várzea do rio Pará**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

OLIVEIRA, I. P.; DANTAS, J. P. Nutrição mineral do caupi. In: ARAUJO, P. P. A.; WATT, E. E. (Org). **O caupi no Brasil.** Brasília, DF: IITA; Embrapa, 1988.p.405-430.

OLIVEIRA, A.P. de.; SILVA, R.F.S.; ARRUDA, F.P. de.; NASCIMENTO, I.S. do. Rendimento de feijão-caupi em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio. **Horticultura Brasileira,** v.21, n.1, p.77-80, 2003.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008.407p.

RAIJ, B., van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico. **2001. 285p.**