

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NA NUTRIÇÃO E
PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI SOB SISTEMAS DE
MANEJO DO SOLO – BELÉM/PA**

PAULO CUSTODIO GOMES DE OLIVEIRA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP
ABRIL-2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NA NUTRIÇÃO E
PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI SOB SISTEMAS DE
MANEJO DO SOLO – BELÉM/PA**

PAULO CUSTODIO GOMES DE OLIVEIRA

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP
ABRIL-2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO- BOTUCATU (SP)

O48a Oliveira, Paulo Custodio Gomes de, 1964-
Adubação nitrogenada e potássica na nutrição e produtividade do feijão-caupi sob sistemas de manejo do solo - Belém/PA / Paulo Custodio Gomes de Oliveira. - Botucatu : [s.n.], 2014
viii, 43 f. : ils. color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014
Orientador: Dirceu Maximino Fernandes
Inclui bibliografia

1. Feijão - Cultivo - Belém(PA). 2. Plantio direto. 3. Minerais na nutrição de plantas. 4. Adubos e fertilizantes. I. Fernandes, Dirceu Maximino. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

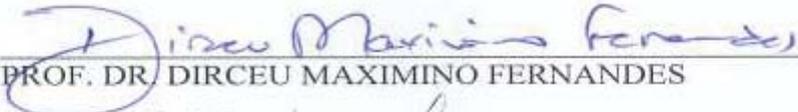
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NA
NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI SOB SISTEMAS
DE MANEJO DO SOLO – BELÉM/PA”

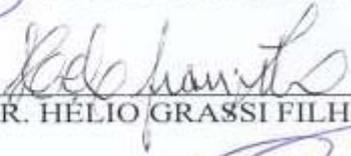
ALUNO: PAULO CUSTODIO GOMES DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

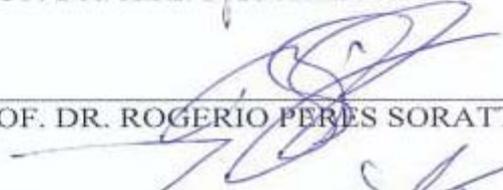
Aprovado pela Comissão Examinadora



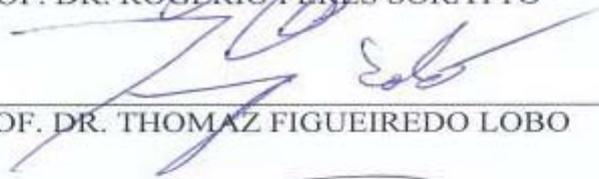
PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES



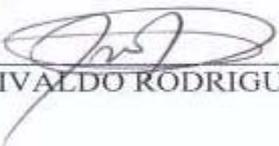
PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO



PROF. DR. ROGERIO PERES SORATTO



PROF. DR. THOMAZ FIGUEIREDO LOBO



PROF. DR. JESSIVALDO RODRIGUES GALVÃO

Data da Realização: 24 de abril de 2.014.

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus, pela graça de existir.

Aos meus pais Antonio Alves de Oliveira (In memorian) e Lair Gomes de Oliveira (In memorian) pelo apoio e incentivo durante toda vida, e por serem os principais responsáveis pela minha vitória;

Aos meus filhos Daniela; Marília; Gabriela; João, Bianca e Pablo razão de minha luta diária.

Aos meus irmãos Norma; Francy; Tony e Julinha, pela união, compreensão e companheirismo.

Ao meu amigo Jessivaldo que me ajudou de sobremaneira na confecção desta tese.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural da Amazônia pelo apoio e oportunidade

À diretoria do IFPA pelo apoio

Ao Professor Dirceu Fernandes, pela persistência comigo.

Aos professores de Agronomia/Agricultura UNESP/BOTUCATU

Aos colegas, Albuquerque, Rosa, Rosângela e Coqueiro.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

| | Pág. |
|--|-------------|
| RESUMO | 01 |
| ABSTRACT | 02 |
| 1. INTRODUÇÃO | 03 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA | 06 |
| 2.1 Cultura do feijão-caupi | 06 |
| 2.2 Nutrição mineral de plantas e o feijão-caupi | 07 |
| 2.3 Potássio | 09 |
| 2.3.1 Potássio no solo | 09 |
| 2.3.2 Potássio na planta | 10 |
| 2.3.3 Adubação potássica no feijão-caupi | 11 |
| 2.4 Nitrogênio | 12 |
| 2.4.1 Nitrogênio no solo | 12 |
| 2.4.2 Nitrogênio na planta | 13 |
| 2.4.3 Adubação nitrogenada no feijão-caupi | 13 |
| 2.5 Sistema de manejo do solo | 15 |
| 2.5.1 Plantio direto | 15 |
| 2.5.2 Plantio convencional | 16 |
| 3. MATERIAL E MÉTODO | 18 |
| 3.1 Localização e caracterização da área experimental | 18 |
| 3.2 Caracterização do solo | 20 |
| 3.3 Tratamento e delineamento experimental | 20 |
| 3.4 Condução do experimento e avaliação dos resultados | 20 |
| 4. RESULTADO E DISCUSSÃO | 22 |
| 4.1 Massa seca da parte aérea do feijão-caupi | 23 |
| 4.2 Teores de p, k, ca e mg no tecido vegetal da cultura do feijão-caupi | 26 |
| 4.2.1 Fósforo | 26 |
| 4.2.2 Potássio | 28 |
| 4.2.3 Cálcio | 29 |
| 4.2.4 Magnésio | 30 |
| 5. CONCLUSÃO | 32 |
| 6. REFERÊNCIAS | 33 |

LISTA DE TABELAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| TABELA 1. Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo distrófico, textura média (camadas de 0,0-0,2 m), antes de cada experimento..... | 20 |
| TABELA 2. Resumo da análise de variância para o efeito de fertilizantes, sistemas de manejo do solo em relação a massa seca da parte aérea (MSPA), produtividade de grãos (PG) e teores de N, P, K, Ca e Mg no tecido foliar do feijão-caupi em dois experimentos | 22 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Localização da área experimental | 19 |
| Figura 2. Distribuição da pluviosidade no município de Belém durante o período de realização (janeiro/2011 a dezembro/2012) do experimento (dados da EMBRAPA, Campus Belém) | 19 |
| Figura 3. Produção de massa seca da parte aérea do feijão-caupi em função da interação dos sistemas de manejo do solo, Plantio convencional (PC) e Plantio direto (PD) e a adubação: Nitrogenada (N), Potássica (K), conjugada (NK) e Tratamento controle (C). Letras maiúsculas na vertical comparam as médias entre os sistemas e minúsculas na horizontal entre adubações | 24 |
| Figura 4. Produção de massa seca da parte aérea do feijão-caupi nos diferentes anos de experimento (Exp. I e Exp. II). Letras maiúsculas comparam as médias entre os sistemas de manejo do solo, Plantio convencional (PC) e Plantio direto (PD) | 24 |
| Figura 5. Produtividade de grãos do feijão-caupi em função da interação da adubação (TC: tratamento controle, N: adubação nitrogenada, K: adubação potássica e NK: combinação de N e K) e os experimentos (Exp. 1 e Exp. 2) | 25 |
| Figura 6. Produtividade de grãos e massa seca da parte aérea do feijão-caupi em função da interação do Sistema de manejo do solo (PD: plantio direto, PC: plantio convencional) e as adubações | 26 |
| Figura 7. Teores de fósforo (P) no tecido vegetal do feijão-caupi nos diferentes sistemas de manejo de solo estudado | 27 |
| Figura 8. Teores de K no tecido vegetal do feijão-caupi nas diferentes adubações realizadas (TC: tratamento controle, N: adubação nitrogenada, K: adubação potássica e NK: combinação de N e K) interagindo com os sistemas de manejo. Letras maiúsculas na horizontal comparam os teores dentro do mesmo sistema e minúsculas na vertical os sistemas nas adubações | 28 |
| Figura 9. Teores de Ca no tecido vegetal do feijão-caupi nas diferente adubações realizadas (TC: tratamento controle, N: adubação nitrogenada, K: | |

adubação potássica e NK: combinação de N e K 29

Figura 10. Teores de Mg no tecido vegetal do feijão-caupi nas diferente adubações realizadas (TC: tratamento controle, N: adubação nitrogenada, K: adubação potássica e NK: combinação de N e K) interagindo com os sistemas de manejo 30

1. ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NA NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI SOB SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO – BELÉM/PA

RESUMO - O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) é uma das culturas mais importantes das regiões Norte e Nordeste do Brasil, por desempenhar papel fundamental no contexto socioeconômico das famílias de baixa renda que vivem nestas regiões. No estado do Pará, os Latossolos são predominantes na área de cultivo do feijão-caupi. Estes solos são altamente intemperizados, apresentando acidez elevada, baixo teor de matéria orgânica, fósforo e bases trocáveis e elevados teores de Al e Fe tóxicos as plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada e potássica, na produtividade de grãos, produção da massa seca da parte aérea e os teores de macronutrientes no tecido vegetal do feijão-caupi. Foi realizado um experimento em condições de campo, de março de 2011 a julho de 2012, município de Belém-PA, em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2, sendo os fatores quatro doses de adubos (100 kg de N ha⁻¹, 50 kg de K₂O ha⁻¹, a combinação das duas dosagens e um tratamento controle sem adubação), dois manejos de solo (plantio convencional e plantio direto) com quatro repetições. A produção de massa seca da parte aérea apresentou diferenças significativas em relação aos manejos de solo estudados, adubação e experimentos. As melhores produtividades de grãos foram obtidas no plantio convencional. A adubação promoveu diferenciação para os teores de K, Ca e Mg. A produção de massa seca da cultura do feijão-caupi manteve-se em níveis elevados.

Palavras-chave: plantio direto, macronutrientes, *Vigna unguiculata*.

NITROGEN AND POTASSIUM IN NUTRITION AND YIELD COWPEA UNDER MANAGEMENT SYSTEMS SOIL - BELEM / PA, Botucatu, 2014. p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: PAULO CUSTODIO GOMES DE OLIVEIRA

Adviser: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

SUMMARY

The cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) is one of the most important crops in North and Northeast Brazil , by play key role in the socioeconomic context of low-income families living in these regions . In the state of Pará in Oxisols are predominant area of cultivation of cowpea. These soils are highly weathered, with high acidity, low organic matter, and phosphorus and exchangeable bases and high levels of Al and Fe toxic plants. The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen and potassium fertilization on grain yield, biomass accumulation of shoots and the macronutrient in plant tissue of cowpea. An experiment was conducted under field conditions, from March 2011 to July 2012, in Belém - PA, in a randomized block design in a 4x2 factorial design, with factors four doses of fertilizers (100 kg N ha⁻¹ 50 kg K₂O ha⁻¹ , the combination of the two dosages and treatment control without fertilization), two soil management (conventional tillage and no-tillage) with four replications . The dry weight of shoots showed significant differences in relation to the studied soil management, fertilization and experiments. The best grain yields were obtained in conventional tillage. Fertilization promoted differentiation for K, Ca and Mg The dry weight of the culture of cowpea remained at high levels.

Keywords: tillage, macronutrients, *Vigna unguiculata*.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) pertence à família Fabaceae, apresenta ciclo curto, baixa exigência hídrica e rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade e, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, têm a habilidade para fixar nitrogênio do ar, normalmente é cultivado por pequenos produtores nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, logo representa alimento básico para as populações de baixa renda destas regiões (SILVA; OLIVEIRA, 1993; IBGE, 1996).

O feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão macassar, destaca-se por sua importância socioeconômica para as famílias das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Atualmente, encontra-se em franca expansão na região Centro-Oeste (FREIRE FILHO et. al., 2008a). Constitui-se num dos principais componentes da dieta alimentar, na zona rural e urbana, gerando emprego e renda para milhares de pessoas, necessitando, portanto, de uma maior atenção por parte das pesquisas, visando utilizar de forma efetiva o germoplasma existente. É uma cultura bastante versátil em termos de mercado, podendo ser comercializado na forma de grãos secos, vagem, farinha para acarajé, e sementes (ROCHA et. al., 2006b; ROCHA, 2009).

O feijão-caupi foi introduzido no Brasil no século XVI pelos colonizadores portugueses, no estado da Bahia e, posteriormente, expandiu-se para outros estados (FREIRE FILHO et. al., 2005).

A área mundial ocupada pelo cultivo de feijão-caupi é de 12,5 milhões de hectares, sendo que deste total 8 milhões (64%) estão na parte oeste e central da África. O restante da área está localizado na América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pelo sudoeste da Europa, sudoeste dos Estados Unidos e da Oceania (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2003). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão-caupi sendo cultivado predominantemente no sertão semi-árido da região Nordeste e em pequenas áreas na Amazônia.

O feijão-caupi tem uma grande importância, tanto como alimento quanto como gerador de emprego e renda. É rico em proteína, minerais e fibras (FROTA et. al., 2008; SINGH, 2007) e constitui um componente alimentar básico das populações rurais e urbanas das regiões Norte e Nordeste. Atualmente seu consumo expande-se de forma mais intensa para as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil.

A cadeia produtiva do feijão-verde apresenta uma série de problemas que necessitam ser resolvidos. Sua representatividade é prejudicada por um processo errôneo de colheita, pois não se tem uma referência exata do “ponto de colheita”. Além disso, não existe um conhecimento suficiente e adequado sobre as características do feijão-caupi própria para o consumo na forma de feijão-verde por parte dos produtores, distribuidores e, principalmente, consumidores (LIMA, 2009).

A produção e o consumo de feijão-verde representam um mercado altamente promissor para o feijão-caupi, tornando-se uma boa opção de renda para os agricultores familiares (ANDRADE et. al., 2005).

No estado do Pará os Latossolos são predominantes na área de cultivo do caupi. Estes solos são altamente intemperizados, apresentando acidez elevada, baixo teor de matéria orgânica, fósforo e bases trocáveis e elevados teores de Al e Fe tóxicos as plantas (VIEIRA, 1988).

O Nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura do feijão-caupi. Segundo Lima Filho & Malavolta (1997), para atingir a produtividade de 1,5 Mg ha⁻¹ de grãos são necessários 100 kg ha⁻¹ de N, demonstrando a importância desse nutriente para elevar a produtividade da cultura. O potássio (K) por sua vez, é um dos nutrientes que mais limitam a produção e geralmente aparece como nutriente obrigatório nas formulações de fertilizantes, logo, é necessário o manejo das adubações potássicas para garantir o desenvolvimento das plantas (KAMINSKI et. al., 2007).

Dauda; Samari (2002) & Olaoye (2002) observaram que o intenso tráfego de máquinas e os sistemas de preparo provocam modificações físicas no solo influenciando negativamente no rendimento de grãos no caupi, porém, quando adotado o sistema de semeadura direta há uma redução nas perdas do solo por erosão e aumento no rendimento dos grãos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada e potássica, na produtividade de grãos, produção da massa seca da parte aérea e os teores de macronutrientes no tecido vegetal do feijão-caupi.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. A CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI

O feijão-caupi, é uma das culturas mais importantes das regiões Norte e Nordeste do Brasil, por desempenhar importância fundamental no contexto socioeconômico das famílias de baixa renda que vive nestas regiões. Fornece alimento de alto valor nutritivo, por apresentar alto conteúdo proteico além de participar da geração de emprego e renda. Suas sementes são fontes de proteínas, aminoácidos, tiamina, niacina, além de fibras dietéticas; portanto, é uma opção para compor os programas de políticas públicas focados na melhoria e qualidade de vida, especialmente em áreas crescentes, no meio rural e urbano (SOUZA, 2005). Esta cultura está amplamente adaptada às condições da região amazônica, possuindo inúmeras denominações tais como: feijão-da-colônia, feijão-de-praia, feijão-de-corda, feijão-de-vara, feijão-de-moita, seu consumo se dá sob as formas de grãos secos e verdes, além de seus caules e ramos serem usualmente utilizados na alimentação animal (SILVA; OLIVEIRA, 1993).

A cultura do feijão-caupi é explorada principalmente por pequenos agricultores em regiões com altas incidências de seca e em sistema de sequeiro, utilizando baixa tecnologia em todo o processo produtivo da lavoura. A baixa produtividade da cultura nas regiões de clima semiárido está relacionada diretamente ao fato dos agricultores

utilizarem cultivares tradicionais de porte enramador, ciclo tardio e suscetível a pragas e doenças, bem como devido às irregularidades pluviométricas (TEIXEIRA et al., 2006).

No estado do Pará, estima-se que o feijão-caupi foi introduzido por migrantes do Nordeste do Brasil (NICOLI, 2006; SANTOS; REBELLO; HOMMA, 2009).

O feijão-caupi é uma das culturas mais importantes da economia agrícola paraense, particularmente para o segmento da agricultura familiar. Atualmente, conta com uma área cultivada de 38.799 mil hectares o que correspondem a uma produção de 29.632 mil toneladas com rendimento médio de 764 kg/ha. O cultivo está concentrado na mesorregião do Nordeste Paraense, responsável por, 22.290 hectares de área colhida e 16.200 toneladas da produção estadual. As mesorregiões do Sudeste Paraense, Sudoeste Paraense e Baixo Amazonas, contribuem, cada uma com uma produção de 3.034 t, 4.381 t e 5.042 t de grãos, respectivamente. Na categoria outras mesorregiões, estão incluídas como Marajó e Metropolitana de Belém que participam com apenas 173 t e 802 t, respectivamente (IBGE, 2011).

Atualmente estimam-se um déficit de 68 e 81 mil toneladas de grãos de feijão-caupi nas regiões Norte e Nordeste, respectivamente (FREIRE-FILHO et. al., 2007). Esses dados denotam a ausência de maiores investimentos relacionados à aplicação de tecnologias para explorar essa leguminosa e, conseqüentemente, aumentar sua produtividade (FILGUEIRAS et. al., 2009).

O feijão-caupi é considerado uma opção como fonte de matéria orgânica. Dessa forma, é utilizado como adubo verde na recuperação de solos naturalmente pobres em fertilidade, ou esgotados pelo uso intensivo, muito comum no Nordeste (OLIVEIRA; CARVALHO, 1988).

O feijão-caupi, é uma leguminosa comestível dotada de alto conteúdo protéico, boa capacidade de fixar nitrogênio, sendo ainda pouco exigente em fertilidade do solo. Tendo como habitat as regiões de clima quente (úmida ou semi-árida), é cultivado, predominantemente, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (MOUSINHO, 2005).

2.2 A NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS E O FEIJÃO-CAUPI

Os macronutrientes atuam em vários processos metabólicos dos vegetais. O nitrogênio é um elemento importante e limitante na produção das culturas, principalmente nas que fornecem massa verde; o fósforo por fazer parte na divisão celular, reprodução sexuada, fotossíntese, respiração e síntese de substâncias orgânicas, torna-se indispensável

à vida vegetal e o potássio por atuar no mecanismo de proteção e no controle estomático (OLIVEIRA; ARAUJO; DUTRA, 1996).

A nutrição mineral exerce papel importante no crescimento e desenvolvimento das culturas. O nitrogênio e o potássio fornecidos de forma equilibrada promovem crescimento vegetativo, formação de gemas floríferas e frutíferas (MARSCHNER, 1995), aumenta a resistência a pragas e doenças (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989; MARSCHNER, 1995), enquanto o fósforo é indispensável à fotossíntese, divisão celular e desenvolvimento do sistema radicular, além de promover abundância de florescimento e frutificação, influenciando diretamente na produtividade e qualidade dos produtos colhidos (FILGUEIRA, 2000).

Um dos problemas associados à baixa produtividade da cultura tem sido a falta de um programa de nutrição mineral que se inicia com a avaliação das condições de fertilidade do solo, aspecto importante na avaliação da produtividade da cultura. Estudos realizados por Cravo & Smyth (2005) sobre a fertilidade dos solos de áreas cultivadas continuamente com feijão-caupi no Estado do Pará, mostraram que, em 82 amostras analisadas, o P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ foram os elementos mais limitantes ao desenvolvimento da cultura.

O potássio é exigido pelas plantas em enormes 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 o enchimento e o 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, 2003).

Pesquisas realizadas com feijão-caupi, relacionando a nutrição mineral com a produção de sementes, principalmente o nitrogênio, são restritas, sendo que, os resultados até então publicados referem-se mais ao feijão-comum. Embora o nitrogênio exerça efeito altamente positivo sobre a produção de feijão-comum, é importante conhecer o modo mais adequado de aplicá-lo, isso porque, doses elevadas no plantio podem provocar perdas do elemento, em razão da sua mobilidade no solo, além de danos às sementes, reduzindo-lhes a porcentagem de emergência (Araújo et. al., 1994). Pouco se conhece, ainda, a respeito das quantidades a utilizar, que permitam a obtenção de rendimentos satisfatórios na produção e melhoria na qualidade das sementes.

Com relação à nutrição mineral e a qualidade de sementes do feijão-caupi, Oliveira et. al. (2000) verificaram elevação na germinação e no índice de velocidade de germinação com esterco bovino e adubo mineral.

Há uma tendência entre agricultores em cultivar feijão na mesma área cultivada anteriormente com o tomateiro, ou com a batata, mesmo porque, a maioria dos agricultores geralmente utiliza adubação muito maior que a preconizada pela pesquisa (SANGOI; KRUSE, 1994; FONTES; ROCHA; MARTINEZ, 1997; PAIVA, 1997).

Esta prática chamada de cultivos sucessivos há muito vem sendo realizada pelos agricultores, os quais normalmente não possuem informação suficiente do quanto podem aproveitar do fertilizante remanescente no solo. O feijão-caupi aproveita os efeitos residuais da adubação além de usufruir de outros benefícios, sendo necessário, quase sempre, fazer uma cobertura nitrogenada (FILGUEIRA, 1981).

De acordo com Couto, Cordeiro & Alves (1982), os elementos em ordem de importância que mais limitaram os rendimentos de grãos de feijão-caupi em Latossolo de campo cerrado de Roraima, foi o fósforo, nitrogênio e potássio.

2.3 POTÁSSIO

2.3.1 POTÁSSIO NO SOLO

Na região amazônica os solos predominantes são os Latossolos e os Argissolos (FALESI, 1984). Devido principalmente a ação do intemperismo em solos tropicais predominam os minerais altamente intemperizados, como: caulinita, óxidos de ferro e de alumínio, sendo o potássio disponível encontrado em baixas concentrações (DIAS et al., 2007).

Para Cravo, Viégas e Brasil (2007) 50% dos solos do Estado do Pará apresentam baixa reserva de potássio. Valente et al. (2001) estudando os solos da região amazônica encontraram valores de K variando de 8 a 27 mg dm³, valores esses considerados baixos para o bom desempenho produtivo das culturas. Para Braga e Cantaruti (1996) no sistema solo-planta vários fatores influenciam na absorção do íon K⁺ pelas plantas, dentre eles: a mineralogia, tipo e proporção de argila, conteúdo de matéria orgânica, a capacidade de troca de cátions, potássio trocável, a capacidade de renovação do nível de potássio, a quantidade de potássio no subsolo, profundidade das raízes, quantidade relativa dos outros nutrientes, umidade e drenagem, pH, aeração e compactação do solo.

De acordo com Werle, Garcia e Rosolem (2008) com o acréscimo do efeito residual o potássio considerado não trocável passa para trocável de maneira acelerada, influenciando na lixiviação deste nutriente no solo. Rosolem et. al. (2006) avaliando a lixiviação e disposição de potássio no solo, obtiveram com a palha do milho, mesmo sem adubação potássica considerável fonte de K. Segundo esses autores a lixiviação do potássio presente na palha foi proporcional a intensidade de chuva aplicada.

2.3.2 POTÁSSIO NA PLANTA

O potássio está relacionado com praticamente todas as funções fisiológicas da planta (COELHO et al., 2002). Embora nem sempre tenha efeito sobre os rendimentos de matéria seca (MESA; Hernández; Reyes, 1988). O potássio é um nutriente mineral retirado em grande quantidade pelas plantas, sendo considerado o íon mais abundante nas células vegetais (Marschner, 1995). Para Costa et. al. (2009) para que a difusão e a absorção de potássio sejam ideais para as plantas, é necessária concentração adequada deste nutriente na solução do solo e ausência de impedimentos físicos e químicos.

Avaliando o acúmulo e a liberação de nutrientes em resíduos de diversas culturas Boer et. al. (2007) observaram que o potássio foi o nutriente acumulado em maior quantidade. Plantas com teores adequados de potássio têm o número e tamanho dos estômatos por unidade de área foliar aumentados, facilitando as trocas gasosas nos tecidos. O mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos é dependente do fluxo de potássio nas células-guarda, e assim, plantas deficientes podem ter suas respostas estomáticas alteradas (MORAES et. al., 2006). Gramíneas forrageiras deficientes em potássio apresentam folhas pouco desenvolvidas, colmos finos, raquíticos e são pouco resistentes ao tombamento, podendo ocorrer clorose e necrose nas pontas e nas margens das folhas, em casos de grave deficiência, reduzindo a produtividade da forrageira (WERNER, 1986).

No feijão-comum, a deficiência de potássio retarda a maturação, proporciona perda no vigor da semente e redução no desenvolvimento dos grãos (OLIVEIRA et al., 1996).

De acordo com Meurer (2006), as faixas de teores de K para o ótimo crescimento das plantas situam-se na faixa de 20–50 g kg⁻¹ da massa das partes vegetativas secas da planta, das frutas e dos tubérculos, entretanto as plantas têm a capacidade de absorver quantidade de K superior à sua necessidade, o que comumente é denominado consumo de luxo. Entretanto, aplicações de altas doses de potássio devem ser

evitadas para prevenir a absorção de luxo e evitar a interferência na absorção de magnésio e cálcio pela planta (GOMIDE, 1986). Segundo Werner (1986) o K tem ação fundamental no metabolismo vegetal, pelo papel que exerce na fotossíntese, atuando na transformação da energia luminosa em energia química.

2.3.3 ADUBAÇÃO POTÁSSICA DO FEIJÃO-CAUPI

A quantidade de potássio considerada crítica para o desenvolvimento normal do feijão-caupi está entre 20 e 40 kg ha⁻¹ (MELO et. al., 2005).

No feijão-caupi, Silva (1993) obteve resposta aplicação de potássio, alcançando produção de 171 g planta⁻¹ com 173 kg ha⁻¹ de K₂O, e produtividade máxima de vagens de 25 t ha⁻¹ com 168 kg ha⁻¹ de K₂O e receita líquida de 11,27 t ha⁻¹ proporcionada pela dose de máxima eficiência econômica (163 kg ha⁻¹ de K₂O).

A resposta positiva do feijão-caupi ao emprego do potássio pode ser atribuída ao fato de que, durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, as doses de K₂O juntamente com o fósforo e o nitrogênio adicionados ao solo, supriram de forma equilibrada as necessidades nutricionais da cultura (OLIVEIRA et. al., 2009). De acordo com Filgueira (2000), o fornecimento de potássio ao solo assegura às hortaliças a possibilidade de desenvolver, plenamente, o seu potencial produtivo.

O feijão-caupi, apresenta como valor considerado crítico de K₂O para seu bom desenvolvimento, 50 mg kg⁻¹ K₂O. Embora apresente altas concentrações no tecido das plantas, à adubação potássica em feijão-caupi, não tem refletido no aumento da produção de grãos. Considerando as condições do solo, normalmente são recomendadas, no balanceamento de fórmulas de adubação, quantidades que variam na faixa de 20 a 40 kg de K₂O ha⁻¹ (JUNIOR, et. al., 2003).

Cravo & Souza (2007) recomendam o uso de até 60 kg/ha de K₂O em solos com menos de 40 mg/dm³ de K disponível, para uma expectativa de produtividade de até 1.800 kg/ha.

A resposta positiva do feijão-caupi ao emprego do potássio pode ser atribuída ao fato de que, durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, as doses de K₂O juntamente com o fósforo e o esterco bovino adicionados ao solo, supriram de forma equilibrada as necessidades nutricionais da cultura.

No feijão-caupi, o potássio é o nutriente extraído e exportado em maiores quantidades, por isso na maioria dos solos onde é explorado comercialmente são

encontrados teores baixos desse nutriente. Contudo, raramente se observam respostas significativas do potássio sobre o seu rendimento, provavelmente porque o valor considerado crítico para o seu desenvolvimento normal é baixo, entre 20 e 40 kg ha⁻¹, mas o suficiente para provocar altas concentrações desse nutriente no tecido das plantas (MELO; CARDOSO; SALVIANO, 2005).

2.4 NITROGÊNIO

2.4.1 NITROGÊNIO NO SOLO

A quantidade de Nitrogênio (N) suprida pela maioria dos solos é pequena, muito pouco é encontrado em rochas e mineral; grande parte do N do solo vem da matéria orgânica. A matéria orgânica libera o N lentamente, sendo a taxa controlada por fatores como temperatura, umidade e textura. Em geral, cerca de 20 a 30 kg de N por hectare são liberados anualmente para cada 1% de matéria orgânica contida no solo. Assim, um solo com 2% de matéria orgânica poderia liberar 40 a 60 kg de N ao ano. Um dos produtos da decomposição da matéria orgânica é o amônio, que pode ser retido pelo solo, absorvido pelas plantas ou convertido em nitrato. O nitrato pode ser usado pelas plantas, lixiviado para fora da zona das raízes ou convertido a N gasoso e perdido para a atmosfera (ALVES, 2006).

Aplicando N em cobertura em feijoeiro irrigado Barbosa Filho et. al. (2001), concluiu que não há diferença entre as aplicações de uréia fertilizante e sulfato de amônio na superfície ou incorporados ao solo. A aplicação de uréia fertilizante na superfície do solo, seguida de irrigação é a opção mais econômica de adubação de cobertura do feijoeiro irrigado. Recomenda-se aplicar 120 a 150 kg de N, sendo aplicado à metade aos 15 e o restante aos 30 dias após emergência, em aplicação superficial no solo seguida de irrigação ou via água de irrigação, utilizando como fonte de N a uréia fertilizante.

O manejo de adubação nitrogenada difere do manejo dos demais nutrientes porque a tomada de decisão envolve aspectos técnicos, econômicos e ambientais (CERETTA& SILVEIRA, 2002), uma vez que este nutriente está sujeito a perdas por erosão, lixiviação, desnitrificação e volatilização (AMADO et. al.2002).

As fontes de N mais utilizadas na agricultura brasileira são uréia e sulfato de amônio. A uréia, pelas suas características e reação no solo, apresenta grande potencial de perda de NH₃, por volatilização (KELLER; MENGEL, 1986; LARA; TRIVELIN,

1990) e o sulfato de amônio, além da possibilidade de perda de NH_3 apresenta alta capacidade de acidificação do solo (BARBOSA FILHO et. al. 2001).

2.4.2 NITROGÊNIO NA PLANTA

O teor de proteínas está diretamente ligado ao nitrogênio, elemento de grande importância e disponibilizado às plantas pela adição de adubação mineral nitrogenada ao solo, pela adição de matéria orgânica ou pela fixação do nitrogênio do ar por microrganismos (RAIJ, 1991).

Carvalho et. al.(2001) constataram influência de fontes e formas de aplicação de nitrogênio na qualidade fisiológica das sementes. No entanto, Paulino et al. (1999) não verificaram diferenças significativas entre as fontes e formas de parcelamento do nitrogênio na qualidade fisiológica das sementes desse feijão.

O Nitrogênio é um macronutriente primário, essencial para as plantas, por participar da formação de proteínas, aminoácidos e de outros compostos importantes no metabolismo das plantas. Sua ausência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução do seu tamanho e conseqüentemente redução da produção econômica das sementes (MENGEL & KIRKBY, 1987).

2.4.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA DO FEIJÃO-CAUPI

No feijão-caupi alguns autores verificaram efeitos positivos do emprego do nitrogênio. Na micro-região de Areia-PB, Oliveira et. al. (2001), obtiveram rendimentos máximos estimados de vagens (9,64 t ha⁻¹), de grãos verdes (6,8 t ha⁻¹) e de grãos secos (3,03 t ha⁻¹) utilizando esterco e NPK, evidenciando uma boa produtividade do feijão-caupi, cultivar IPA 206. Oliveira et al. (2003), na mesma região encontraram rendimentos máximos estimados de vagens (11 e 10 t ha⁻¹), de grãos verdes (9,3 e 8,4 t ha⁻¹) e de grãos secos (3,55 e 3,44 t ha⁻¹) obtidos pelo uso do nitrogênio, aplicado no solo e via foliar, respectivamente. O autor relata ainda que o nitrogênio fornecido ao solo foi mais eficiente para o feijão-caupi expressar sua capacidade máxima de rendimento. Os rendimentos máximos de vagens, grãos verdes e grãos secos obtidos em função do nitrogênio aplicado no solo, devem-se não somente ao suprimento de nutrientes, mas também à redução na sua perda.

No Brasil, a prática da inoculação com bactérias diazotróficas capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN) para a cultura do feijão-caupi não é muito utilizada, em razão de os solos conterem elevada população de rizóbios nativos capazes de nodular a cultura (Zilli et. al., 2004; Soares et. al., 2006; Leite et. al., 2009; Zilli et. al., 2009a), gerando respostas inconsistentes com relação a essa prática de manejo. Essa variabilidade de resposta à inoculação pode estar relacionada com a baixa especificidade para nodulação do feijão-caupi, como também à densidade e habilidade competitiva de rizóbios nativos.

O uso de inoculantes rizobianos em espécies leguminosas produtoras de grãos tem sido responsável por expressiva redução no custo da produção dessas espécies, por meio da redução do uso de adubos minerais nitrogenados. Apesar da maior parte dos inoculantes comercializados serem para a cultura da soja, existe uma demanda de mercado para outras culturas de importância econômica, como o feijão-caupi. A contribuição da FBN com esta cultura está na ordem de US\$ 13 milhões, somente para a região Nordeste brasileira (RUMJANEK et. al., 2005).

O feijão-caupi é uma leguminosa de importância econômica e social para a população rural da região Norte e Nordeste. Entretanto, a cultura apresenta baixa produtividade média, e uma das causas é a baixa disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente o N. A aplicação de N no solo, via adubação mineral, é uma das formas de disponibilizar o nutriente às plantas. Além disso, o feijão-caupi possui a capacidade de, em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, realizar o processo de fixação biológica do N₂ (FBN) que, segundo Franco et. al. (2002), é uma das formas de aumentar a produtividade de plantas leguminosas.

Entretanto, o suprimento de N através da adubação mineral afeta o processo de FBN em leguminosas, uma vez que as plantas podem absorver diretamente o N presente no solo (OLIVEIRA et. al., 2004). Por outro lado, o processo pode ocorrer com eficiência em condições de baixa disponibilidade de N no solo (FRANCO & NEVES, 1992), e há recomendações de uso de pequenas doses de N aplicadas no plantio (HUNGRIA et. al., 1994), que pode melhorar o crescimento das plantas e apresentar um efeito sinérgico sobre a nodulação (TSAI et. al., 1993).

Marubayashi et al. (1996) verificaram maior peso de sementes com o emprego de 12,5kg/ha de N, no sulco de semeadura e 12,5kg/ha em cobertura. Valério et. al. (1999) avaliando o efeito da aplicação de nitrogênio (uréia) nas doses de 0-40-80 e 120

kg/ha de N na semeadura e zero, 30, 60 e 90 kg/ha de N em cobertura na cultura do feijão comum, verificaram que as doses de N em cobertura influenciaram significativamente o rendimento, o número de vagens/planta e o peso de 100 grãos. Oliveira et al. (2000) obtiveram elevação no rendimento de sementes de feijão-caupi, com adubação mineral e esterco bovino.

2.5 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

2.5.1 PLANTIO DIRETO

No Brasil o plantio direto passou a ser utilizado em larga escala no Estado do Paraná a partir de 1975, no entanto um produtor rural do mesmo Estado já utilizava esta técnica em área comercial desde 1972 devido a sua preocupação com o desgaste do solo (STAVISKI, 1996).

Com o advento do plantio direto, inúmeros benefícios nas propriedades físico-químicas do solo têm sido conseguidos, como o aumento na matéria orgânica do solo e da atividade da micro e mesofauna, diminuição das perdas de solo, melhorias na aeração e densidade do solo, promovendo maior crescimento das raízes, conferindo maior capacidade de absorção de água e nutrientes para as plantas (PRIMAVESI, 2002).

A maior parte dos estudos indica que o plantio direto promove, entre outros efeitos, o aumento no teor de matéria orgânica e nutriente nas camadas superficiais do solo, bem como também a elevação dos valores de pH do solo (FRANCHINI et al., 2000).

Os problemas de erosão causados pelo uso indiscriminado do preparo convencional do solo podem ser reduzidos com os sistemas de cultivo mínimo e a semeadura direta que irão contribuir de sobremaneira para a recuperação da degradação do solo. Uma área de terra constantemente revolvida por equipamentos mostra-se sujeita não somente a perda de sua estrutura, mas também a perda por erosão, consequentes da lixiviação de sua superfície que contribui para a poluição dos cursos de água em geral (SCHULTZ, 1987).

O fator mais preocupante para os técnicos em agricultura é a constante movimentação de veículos e implementos agrícolas sobre o solo durante as fases de preparo, plantio, adubação, pulverização e colheita, o peso dos veículos agindo sobre o solo origina a uma reorganização das partículas do solo passando a ocupar um menor volume o que caracteriza o fenômeno da compactação (JORGE, 1986).

Silveira citado por Coan (1994) adverte que para muitas regiões é necessário substituir os sistemas convencionais de preparo de solo, que utilizam excessivamente manipulação mecânica, por outro sistema que promova o mínimo de mobilização e que deixe o máximo possível de resíduos na superfície, garantindo melhor movimentação e retenção de água no solo, estrutura do solo, porosidade e distribuição da matéria orgânica.

No Estado do Pará, normalmente a precipitação pluvial é bastante irregular, ocasionando o fenômeno conhecido por “veranico” (CARDOSO; RIBEIRO, 2006; HALL, 2003; PHILLIPS et al., 2003; FREIRE FILHO et al., 2005).

Uma das formas de manejo que podem ser úteis na convivência com veranicos é a utilização da cobertura morta do solo, o que pode ser feito através do plantio direto. Esse sistema de plantio melhora a qualidade química do solo em razão do aumento de matéria orgânica e da maior disponibilidade de nutrientes para as plantas (CAVALIERI et al., 2004). O manejo do solo exerce ação direcionada ao sistema de preparo mínimo do solo ou de semeadura direta, em várias áreas agrícolas do mundo, dando-se ênfase à prevenção da erosão e da degradação, como também à capacidade de armazenamento de água no solo (GALANTINI et.al., 2000; MARTENS et.al., 2001), proporcionando menor variabilidade térmica deste (NASCIMENTO et.al., 2003).

A avaliação do efeito do plantio direto, bem como a resposta aos efeitos do veranico na cultura do feijão-caupi, é a avaliação dos componentes de produção e rendimento, além da análise de crescimento, pois esta análise descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento. Os índices determinados na análise de crescimento indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar (fonte) e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos (drenos) que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação de carbono aos locais de utilização ou de armazenamento, onde ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos (LARCHER, 2004).

2.5.2 PLANTIO CONVENCIONAL

A aração constitui-se numa operação de inversão de camadas do solo, trazendo benefícios tais com: aeração do solo, penetração, movimento e retenção de água, misturar e incorporar a matéria orgânica e adubos verdes, destruição de animais nocivos, controle de ervas daninhas, bem como incorpora fertilizantes e corretivos ao solo. Os arados utilizados nestas operações podem ser classificados de varias formas, como por

exemplo, os de disco e aivecas, a aração deve ser complementada com a operação de gradagem para destorrar e nivelar a área, a gradagem também pode ser usada para eliminar ervas daninhas, picar restos de cultura, enterrar sementes e realizar controle de erosão nas práticas mecânicas de conservação do solo (GALETI, 1998).

O escarificador é considerado um implemento de operação simples, pois é constituído basicamente de uma barra porta-ferramenta e de rodas com controle de profundidade (A GRANJA, 1999).

A subsolagem é a operação que visa romper camadas de solo abaixo da camada arável, atingindo até 35 cm de profundidade. A enxada rotativa é uma máquina de preparo do solo que funciona como uma enxada manual de ação contínua. Além de preparar o solo para implantação de culturas hortícolas e olerícolas, as enxadas rotativas podem ser usadas no controle de ervas daninhas em culturas como o café, citrus e etc. (GASTÃO, 1989).

Tormena & Roloff (1996) realizaram um estudo comparativo entre três métodos de preparo do solo que incluíram o arado de disco, o de aiveca e o rotativo, em profundidades de 20, 35 e 60 cm com posterior gradagem leve, para o nivelamento do solo. O tráfego foi controlado por meio de marcações que fizeram com que pelo menos uma de suas rodas passasse sempre pelo mesmo lugar, o autor concluiu que o tráfego foi responsável pelas alterações físicas do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no período de março de 2011 a julho 2012, perfazendo dois ciclos da cultura, o primeiro plantio foi iniciado em março de 2011 e o segundo em março de 2012, ambos com a duração de 85 dias. A área experimental, localizada no Instituto de Ciências Agrárias-ICA da Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, município de Belém, possui um histórico com utilização de jardins clonais de seringueiras havia 20 anos, estando em regime de “pousio” há mais de 10 anos, recoberta com vegetação nativa espontânea. As coordenadas geográficas da área experimental são: 48° 23’ de longitude Oeste de Greenwich e 1° 31’ de latitude ao Sul do Equador, com altitude de 16 m (Figura 1).



Figura 1. Localização da área experimental.

De acordo com classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Af_i com temperatura média anual de 26 °C, com alta pluviosidade, sendo a média de 2.754,4 mm anuais, ocorrendo uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma menos chuvosa, de junho a novembro (NECHET, 1993). Os dados mensais referentes à precipitação pluviométrica durante a condução do experimento, coletados na estação meteorológica da Embrapa Amazônia Oriental, Belém (PA) se encontram na Figura 2.

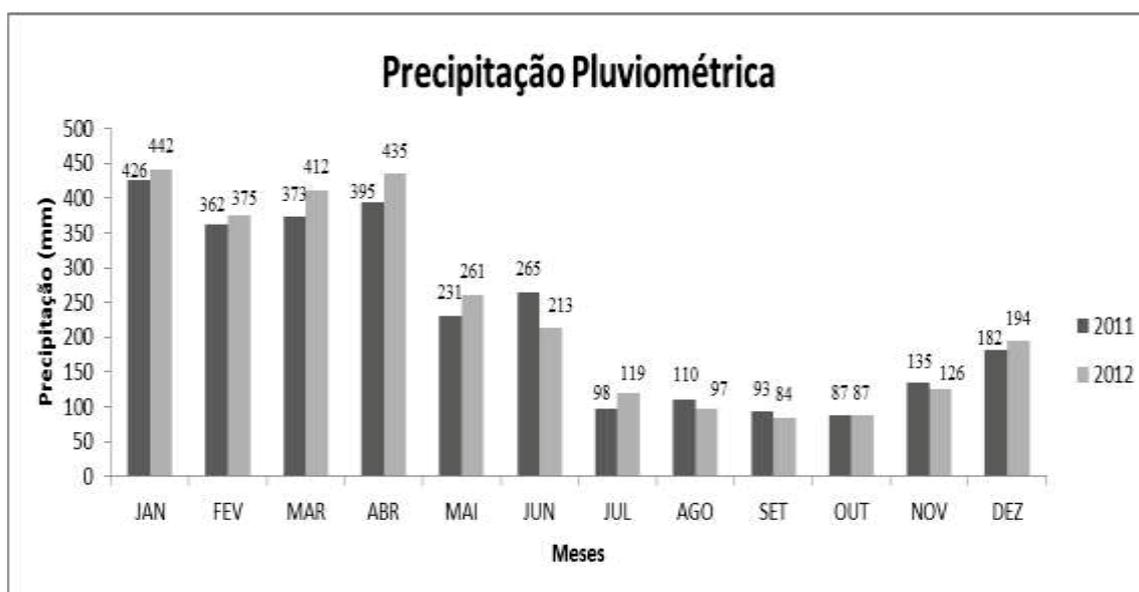


Figura 2. Distribuição da pluviosidade no município de Belém durante o período de realização (janeiro/2011 a dezembro/2012) do experimento (dados da EMBRAPA, Campus Belém).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Antes da instalação de cada experimento, nos diferentes anos, foi realizada coleta de solo para caracterização química e granulométrica. Foram coletadas 20 sub amostras simples que constituíram duas amostras compostas, nas camadas de 0,0 a 0,2 m de profundidade. A análise foi realizada de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (1997), cujos resultados estão na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo distrófico, textura média (camadas de 0,0-0,2 m), antes de cada experimento.

| 1º ano | | | | | | | | | | | |
|---------|------------------|---------------------|-----------------------------------|------|------|------|-----|-------------------|--------------------------------|-------|--------|
| Prof. | pH | P | K | Ca | Mg | H+Al | V | MO | Areia | Silte | Argila |
| m | H ₂ O | Mg.dm ⁻³ |cmol.cdm ⁻³ | | | | % | gkg ⁻¹ |g k.g ⁻¹ | | |
| 0,0-0,2 | 4,7 | 64,3 | 0,03 | 0,2 | 0,10 | 7,66 | 8,7 | 13,2 | 813 | 91 | 96 |
| 2º ano | | | | | | | | | | | |
| Prof. | pH | P | K | Ca | Mg | H+Al | V | MO | Areia | Silte | Argila |
| m | H ₂ O | mg dm ⁻³ |cmolc dm ⁻¹ | | | | % | gkg ⁻¹ |g kg ⁻¹ | | |
| 0,0-0,2 | 4,7 | 13,69 | 0,07 | 0,56 | 0,28 | 1,58 | 8,4 | 22,39 | 813 | 94 | 93 |

3.3 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 2 (4 adubações x 2 sistema de uso do solo), com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais. Os fatores foram: adubação nitrogenada (100 kg ha⁻¹) na forma de uréia, potássica (50 kg ha⁻¹) na forma de KCl, a combinação das duas dosagens (N e K), um tratamento controle (sem adubação), dois sistemas de manejo (plantio direto e convencional). Em todas as parcelas não foi realizada a adubação fosfatada, observando apenas a disponibilidade existente no solo.

3.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A área experimental constou de 800 m², dividida em 32 parcelas de 2,5 x 5 m, onde foi semeado o cultivar pretinho de feijão-caupi espaçadas de 0,5 m entre linhas e

0,5 m entre plantas. Foram semeadas cinco sementes por cova, desbastando-se para duas plantas 10 dias após a germinação. Nas parcelas destinadas ao plantio direto foi realizada antes da semeadura da cultura do feijão-caupi, a aplicação de herbicida dessecante a base de Glifosate, com volume de aplicação de 3L ha⁻¹, já na parcela de plantio convencional o solo foi mobilizado com grade aradora, a 0,4 m de profundidade, e uma grade niveladora como forma de uniformização.

A calagem foi realizada, considerando-se a análise química do solo, em cobertura na área de sistema de plantio direto, sobre o resíduo vegetal remanescente, e por incorporação na área manejada convencionalmente. A quantidade aplicada foi 2,7 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 90%, objetivando-se elevar a saturação por bases a 60%, seguindo a recomendação de Raij et al. (1997).

A adubação potássica, nitrogenada e conjugada (nitrogenada+ potássica), de acordo com os tratamentos, foi realizada em duas etapas: a primeira (50%), por ocasião do plantio feito na linha, e a segunda (50 % restante) trinta dias após a primeira, e realizada entre plantas, na linha de plantio, a uma profundidade aproximada de 3 cm.

A área útil de cada parcela constituiu-se das três fileiras centrais, excluindo-se as plantas das extremidades. Na área de cada parcela, antes da floração, foram cortadas rente ao solo cinco plantas ao acaso, posteriormente secas em estufa de circulação forçada a 60 °C, para determinação da massa seca da parte aérea. Do material seco em estufa foram coletadas amostras de folhas para análise do teor de N, P, K, Ca e Mg. As amostras de folhas foram submetidas à digestão nítrico-perclórica, determinando-se no extrato resultante os teores de P por colorimetria, K por fotometria de chama, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e o N pelo método semi-micro Kjeldahl, conforme Malavolta, Vitti & Oliveira (1997).

A produtividade dos grãos foi determinada através da coleta das vagens das plantas da área útil das parcelas, retirados os grãos após secagem, e determinados o peso em kg ha⁻¹. A partir do peso médio dos grãos por planta, acrescentaram-se à produção o valor correspondente as cinco plantas coletadas anteriormente. O peso seco peso foi ajustado a 13% de umidade.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, comparando os sistemas de manejo teste de Scott Knot a 5% de probabilidade, utilizando programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção da massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos sofreram influência significativa das adubações (A), dos sistemas de manejo do solo (M) e de suas interações nos dois anos experimentais (Exp. 1 e Exp. 2). Os teores de N e P não sofreram influências dos tratamentos adotados (Adubação e Sistemas de manejo) e nem de suas interações.

Para os teores de K, Ca e Mg, influência significativa foi verificada nas adubações realizadas nos diferentes anos de experimento. Os sistemas de manejo do solo exerceram efeitos significativos apenas para os teores de Mg (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para o efeito de fertilizantes, sistemas de manejo do solo em relação a massa seca da parte aérea (MSPA), produtividade de grãos (PG) e teores de N, P, K, Ca e Mg no tecido foliar do feijão-caupi em dois experimentos.

| Causas de Variação | GL | MSPA (t ha ⁻¹) | | PG (kg ha ⁻¹) | | N (g kg ⁻¹) | | P (g kg ⁻¹) | | K (g kg ⁻¹) | | Ca (g kg ⁻¹) | | Mg (g kg ⁻¹) | |
|--------------------|----|----------------------------|------|---------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------|------|
| | | Exp1 | Exp2 | Exp1 | Exp2 | Exp1 | Exp2 | Exp1 | Exp2 | Exp1 | Exp2 | Exp1 | Exp2 | Exp1 | Exp2 |
| Adubação (A) | 3 | ** | ** | ** | ** | ns | ns | ns | ns | ** | ** | * | * | ** | ** |
| Manejo (M) | 1 | ** | ** | ** | ** | ns | ns | * | * | ns | ns | ns | ns | ** | ** |
| A x M | 3 | ** | ** | ** | ** | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| CV (%) | - | 5,4 | 4,1 | 6,03 | 2,76 | 18,2 | 25,6 | 20 | 19,5 | 26,3 | 25,7 | 14,8 | 14,5 | 23 | 22,5 |
| Média | | 9,5 | 9,3 | 1890 | 1858 | 33,8 | 32,7 | 2,4 | 2,43 | 12,8 | 12,8 | 74,4 | 74,1 | 4,9 | 4,8 |

CV: coeficiente de variação (%); ns: não significativo ($P > 0,05$); *: significativo ($P \leq 0,05$); e **: significativo ($P \leq 0,01$), respectivamente, pelo teste Scott-Knott.

4.1 MASSA SECA DA PARTE AÉREA DO FEIJÃO-CAUPI

A massa seca da parte aérea foi influenciada significativamente pelo manejo do solo, pela adubação e suas interações nos dois anos de cultivo. As maiores produtividades da MSPA, quando comparadas os dois manejos do solo, foram encontradas nos tratamentos controle (C), adubação com N e combinação de N e K no PC. Na adubação com K, isoladamente, não observamos efeitos significativos entre os dois manejos. Comparando às adubações dentro dos manejos do solo, verifica-se que a aplicação da adubação nitrogenada e a combinação de N e K mostraram maiores produções de MSPA, porém, iguais estatisticamente. Menores produções foram verificadas com a aplicação de K isoladamente. No PD resultados foram semelhantes ao PC (Figura 3).

Mesmo não havendo adubação fosfatada, o teor de fósforo elevado do solo como vê na análise, já seriam suficientes para uma boa produção. O adubo fosfatado adicionado ao solo, além do efeito imediato sobre a cultura que se segue a adubação, pode ter um efeito residual nos cultivos subsequentes. Além do tipo de cultura, vários fatores podem afetar o efeito residual dos adubos fosfatados, tais como: doses e fontes de P, método de aplicação, manejo, temperatura, tipo de solo, tempo de aplicação e umidade do solo. O efeito residual do fósforo tem sido avaliado por diversos autores sobre a produção, rendimento de matéria seca e conteúdo de P das culturas subsequentes (MOREIRA; MALAVOLTA; MORAES, 2002).

Outro fator importante para um melhor aproveitamento do fósforo pelas plantas é o pH dos solos; assim sendo, aumentando-se o pH, a carga superficial das partículas do solo torna-se cada vez mais negativa, aumentando a repulsão (menor adsorção) entre fosfatos e superfície adsorvente, diminuindo o potencial do plano de adsorção. Portanto a adsorção de P pelo solo deve ser máxima com baixos valores de pH. Também a concentração de fósforo inorgânico na solução do solo é dependente do pH, e varia amplamente para cada tipo de solo (HINSINGER, 2001).

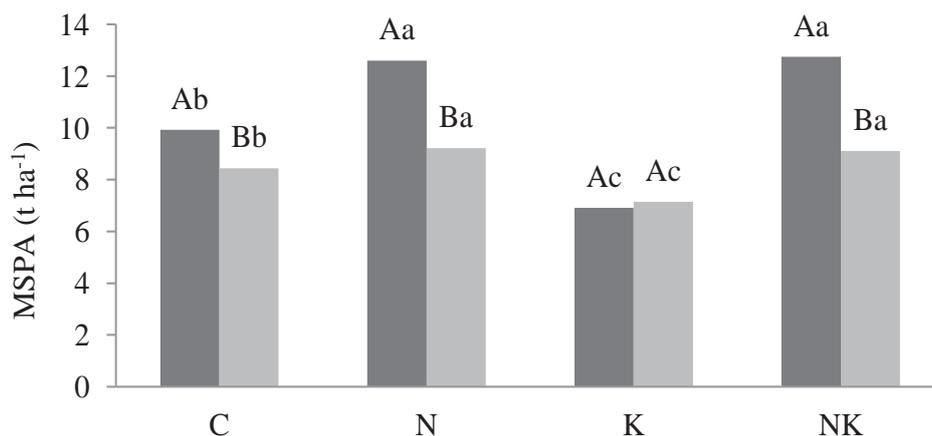


Figura 3. Produção de massa seca da parte aérea do feijão-caupi em função da interação dos sistemas de manejo do solo, Plantio convencional (PC) e Plantio direto (PD) e a adubação: Nitrogenada (N), Potássica (K), conjugada (NK) e Tratamento controle (C). Letras maiúsculas na vertical comparam as médias entre os sistemas e minúsculas na horizontal entre adubações.

Na comparação dos dois anos de experimento, podemos observar que o PC apresentou resultados superiores na produção de MSPA, no primeiro e segundo ano de plantio. Ao compararmos à produtividade da massa seca da parte aérea entre os manejos verificamos que o PC também foi superior ao PD no primeiro e no segundo ano (Figura 4).

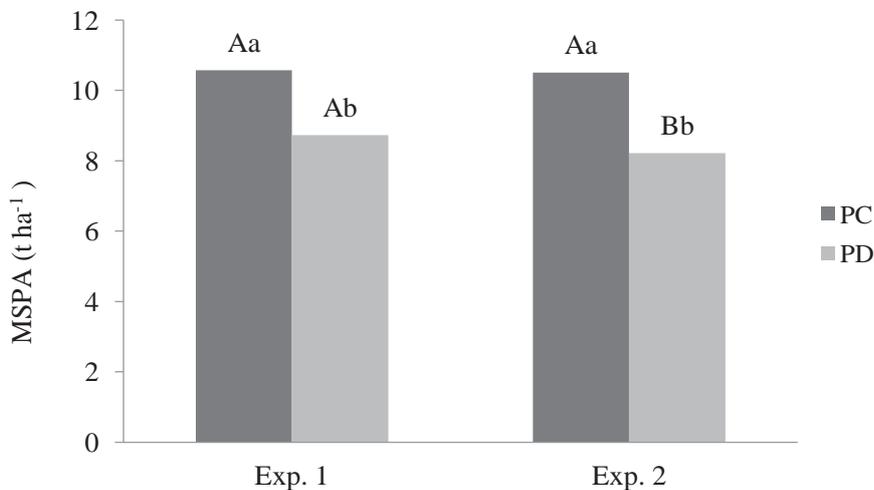


Figura 4. Produção de massa seca da parte aérea do feijão-caupi nos diferentes anos de experimento (Exp. I e Exp. II). Letras maiúsculas comparam as médias entre os sistemas de manejo do solo, Plantio convencional (PC) e Plantio direto (PD).

A produtividade de grãos, nos diferentes anos de experimento, foi melhor com a combinação de N e K, tratamento controle e K isoladamente, com leve superioridade no primeiro ano de cultivo. Na adubação nitrogenada verificou-se maior produtividade no segundo ano (Figura 5).

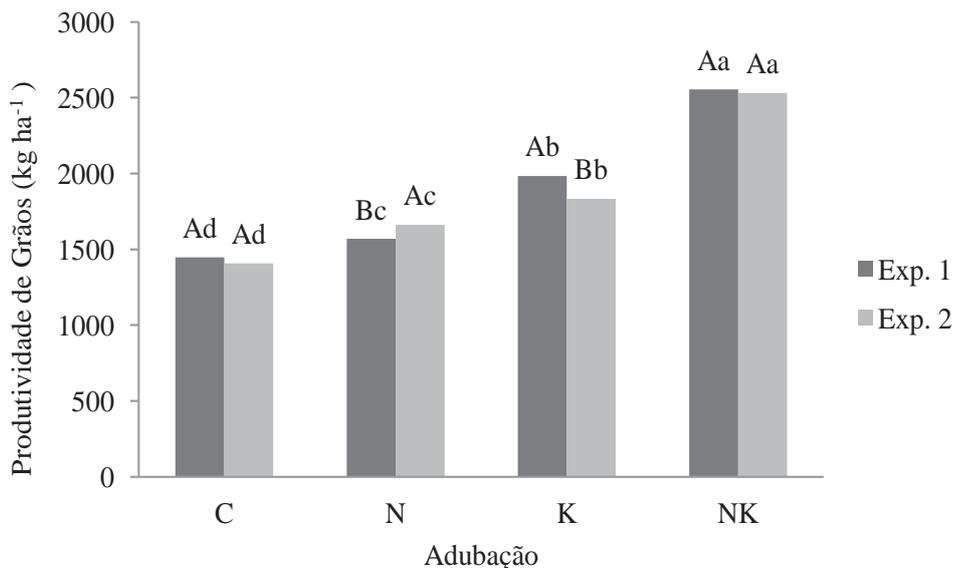


Figura 5. Produtividade de grãos do feijão-caupi em função da interação da adubação (TC: tratamento controle, N: adubação nitrogenada, K: adubação potássica e NK: combinação de N e K) e os experimentos (Exp. 1 e Exp. 2).

Nos tratamentos avaliados, não ocorreram diferenças estatísticas entre os manejos de solo estudados em relação à produção de grãos. A adubação conjunta com nitrogênio e potássio, nos dois sistemas de manejo do solo, proporcionou maior produção de grãos na cultura do feijão-caupi (Figura 6).

Nos sistemas de cultivos sucessivos, quando as culturas precedentes são adubadas, os efeitos residuais dos fertilizantes fosfatados se fazem notar de forma expressiva. Trabalhos conduzidos em diferentes condições de clima, solo e tempo de cultivo, demonstraram respostas significativas à presença do fósforo residual (STONE; MOREIRA 2001; FINGER; FONTES, 1995). Por outro lado, Holanda (1996), observou que a sucessão de culturas normalmente promove maiores aumentos de produção em sistemas não convencionais quando comparada com os sistemas conservacionistas, como é o caso do plantio direto. Entretanto, em condições adversas, como excesso de umidade ou deficiente de drenagem natural do solo, a tendência é queda acentuada de produção.

O adubo fosfatado adicionado ao solo, além do efeito imediato sobre a cultura que se segue á adubação, pode ter um efeito residual nos cultivos subsequentes. Além do tipo de cultura, vários fatores podem afetar o efeito residual dos adubos fosfatados, tais como: doses e fontes de P, método de aplicação, manejo, temperatura, tipo de solo, tempo de aplicação e umidade do solo. O efeito residual do fósforo tem sido

avaliado por diversos autores sobre a produção, rendimento de matéria seca e conteúdo de P das culturas subsequentes (MOREIRA; MALAVOLTA; MORAES, 2002).

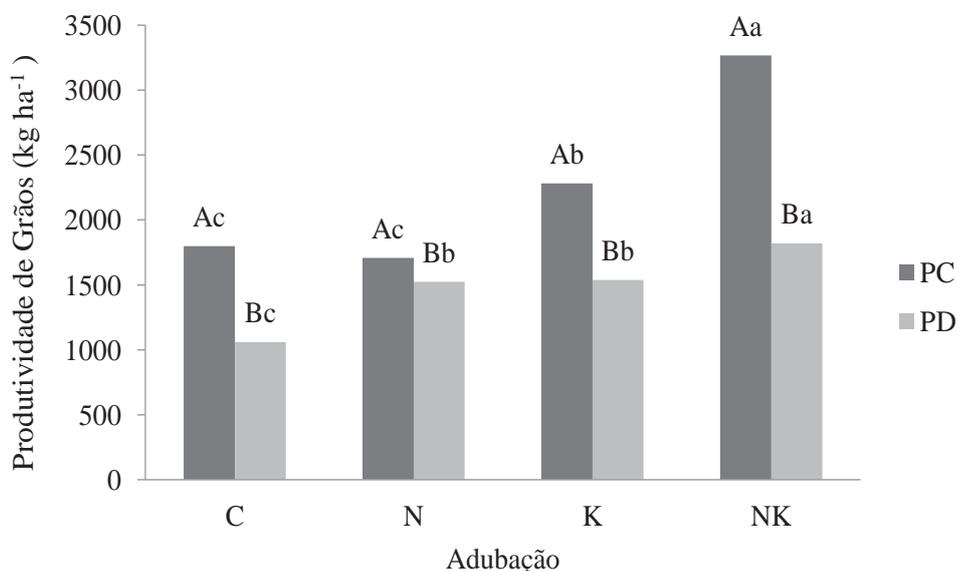


Figura 6. Produtividade de grãos e massa seca da parte aérea do feijão-caupi em função da interação do Sistema de manejo do solo (PD: plantio direto, PC: plantio convencional) e as adubações.

4.2 TEORES DE P, K, CA E MG NO TECIDO VEGETAL DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI.

4.2.1 FÓSFORO

Os teores de fósforo no tecido vegetal foram influenciados significativamente, apenas, pelos sistemas de uso do solo com maiores valores encontrados no plantio direto (Figura 7), com pequena superioridade no segundo ano de cultivo. O fósforo é o nutriente que mais frequentemente limita a produção das culturas por apresentar-se em formas pouco disponíveis aos vegetais e pelas características de elevada adsorção dos solos altamente intemperizados, como é o caso do experimento. Apesar de ser exigido em pequenas quantidades pela maioria das culturas, têm se aplicado quantidades elevadas de fósforo (P) para suprir as necessidades dos cultivos (CARVALHO et. al., 1995).

Pode-se entender melhor a influência do SPD no aumento da eficiência de uso dos fertilizantes fosfatados quando se faz uma análise dos efeitos do sistema de plantio convencional (SPC). Quando o solo é revolvido, como acontece no SPC, há exposição de novos sítios de adsorção, contribuindo para a retenção de P com maior energia. Assim,

para manter a disponibilidade de P adequada no solo, a dose necessária de fertilizante a ser aplicada torna-se maior que a demandada pela planta. Do mesmo modo, a incorporação dos resíduos vegetais aumenta a velocidade de decomposição pelos microrganismos, dificultando o acúmulo de MO e de P orgânico. Pela pulverização do solo e ausência de cobertura vegetal, a erosão é significativa, havendo perdas de nutrientes nos sedimentos transportados. Por isso, em sistemas com maior proteção do solo, como o SPD, onde não há revolvimento e os resíduos permanecem na superfície, a eficiência da adubação fosfatada é melhorada (GATIBONI, 2003).

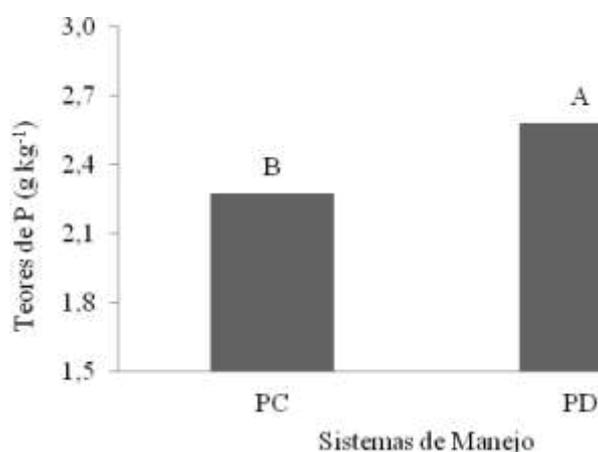


Figura 7. Teores de fósforo (P) no tecido vegetal do feijão-caupi nos diferentes sistemas de manejo de solo estudado.

O P adicionado ao solo pela fertilização das culturas representa um custo variável significativo, já que grande parte dele fica retida no solo em diferentes formas. É provável que o efeito residual do nutriente, seja uma contribuição importante na eficiência e economia da adubação fosfatada. Em sistema de plantio com fertilizantes fosfatados, cultivos precedentes são adequadamente adubados, os efeitos residuais dos fertilizantes fosfatados se fazem notar de forma expressiva. Estudos com solos de alta capacidade de obtenção de P demonstraram que quando estes foram adequadamente tratados com fertilizantes fosfatados, parte do nutriente permaneceu no solo de forma disponível às plantas por diversos cultivos (AZEVEDO et. al., 2004).

Segundo Costa (2008), de modo geral, não se pode fixar o tempo necessário para que haja a redistribuição de P no solo, mas, o que se verifica é uma tendência de incremento na magnitude deste comportamento com o decorrer do tempo. Este autor, em seu estudo, verificou a interação ($P < 0,05$) entre ano e profundidade de P no solo, independentemente do sistema de cultivo adotado, havendo, então, efeito dos anos nas

profundidades analisadas. Para o autor, as diferentes informações existentes na literatura sobre a profundidade de acúmulo de P em solos sob PD é efeito do tempo e da adição contínua e em excesso do adubo ao solo, assim como do tipo de solo.

Apesar do P ter mobilidade muito baixa no solo, esse apresenta grande mobilidade no interior das plantas, após ter sido absorvido pelas raízes. Assim, em PD, a planta pode acabar atuando como um redistribuidor do P no solo, pois, uma vez que os resíduos culturais não são removidos e não há o revolvimento do solo, as raízes contendo o P são mantidas no lugar e ao se decomporem acabam liberando formas orgânicas e inorgânicas de P em regiões mais profundas do solo (SÁ, 2004).

4.2.2 POTÁSSIO

Nos diferentes tratamentos estudados, verificaram-se efeitos significativos para as interações das adubações com os sistemas de uso do solo. A adubação com o potássio, isoladamente, foi a que apresentou maiores teores do elemento, não ocorrendo diferenças entre as demais (Figura 8). Este fato foi verificado nos dois anos de cultivo do feijão-caupi.

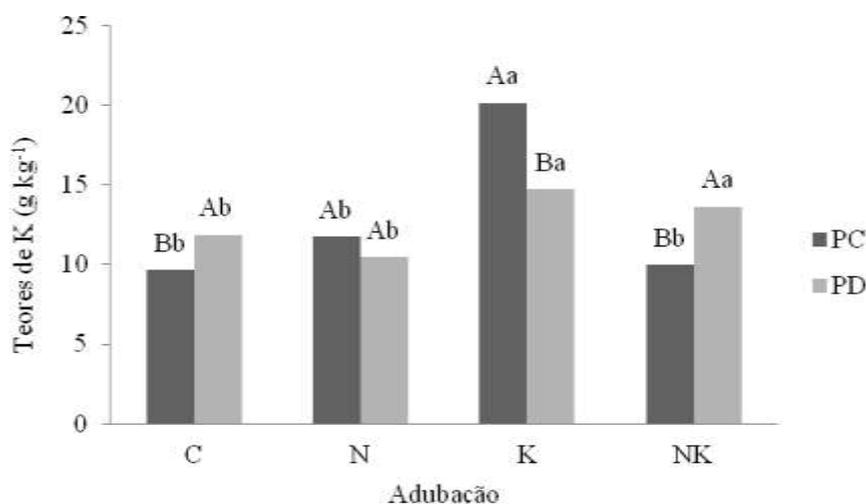


Figura 8. Teores de K no tecido vegetal do feijão-caupi nas diferentes adubações realizadas (TC: tratamento controle, N: adubação nitrogenada, K: adubação potássica e NK: combinação de N e K) interagindo com os sistemas de manejo. Letras maiúsculas na horizontal comparam os teores dentro do mesmo sistema e minúsculas na vertical os sistemas nas adubações.

A adoção de um sistema de produção conservacionista, como o PD, com a rotação com plantas de cobertura e a adição contínua de restos culturais afetam diretamente o manejo do K no sistema. O K não possui função estrutural no metabolismo vegetal, permanecendo quase totalmente na forma iônica nos tecidos (MARSCHNER, 1995).

Como o K, nos restos vegetais, não fica incorporado às cadeias carbônicas (permanece na forma iônica), após a colheita ou senescência das plantas ele volta rapidamente ao solo em forma prontamente disponível para as culturas, fazendo da palhada um reservatório expressivo de K em curto prazo (ROSOLEM et. al., 2007).

É provável que durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, a dose de K aplicada, juntamente com os nutrientes adicionados ao solo, supriu de forma equilibrada as necessidades nutricionais da cultura, favorecendo a formação e translocação de carboidratos e melhorando o uso eficiente da água pela planta. Contudo, quando conjunta à dose de N, ocorreu redução, possivelmente em consequência direta do seu efeito antagônico sobre alguns nutrientes, o que reduziu a absorção de outros cátions, isto é, exerceram forte efeito competitivo sobre os nutrientes Ca, Mg, N e P (FILGUEIRA, 2000).

4.2.3 CÁLCIO

O teor de cálcio do tecido vegetal do feijão-caupi sofreu efeitos significativos dos tratamentos com adubação não havendo influência dos sistemas de uso do solo nos anos subsequentes de cultivos (experimentos). O tratamento controle apresentou maiores teores, porém, iguais estatisticamente à adubação nitrogenada e a combinação de nitrogênio e potássio. Os menores teores foram verificados na adubação realizada apenas com o potássio (Figura 9).

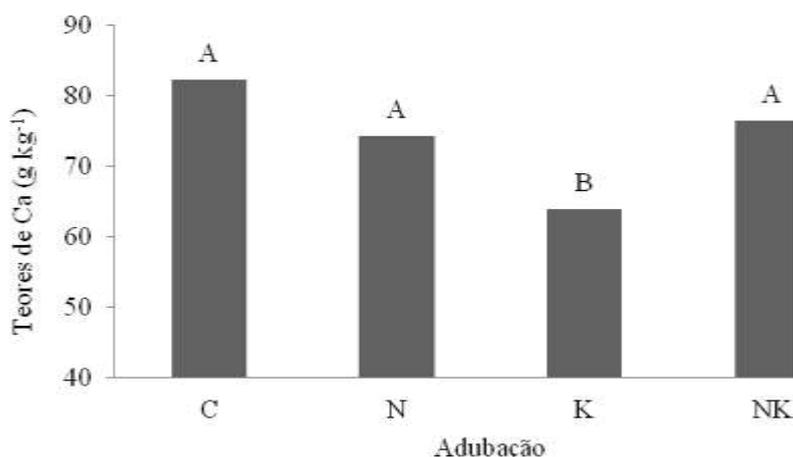


Figura 9. Teores de Ca no tecido vegetal do feijão-caupi nas diferentes adubações realizadas (TC: tratamento controle, N: adubação nitrogenada, K: adubação potássica e NK: combinação de N e K).

A calagem pode ter influenciado os maiores teores de Ca no tecido vegetal do feijão-caupi nos tratamentos sem a presença de K, tendo em vista esse nutriente inibir a absorção de Ca, devido à competição entre esses cátions em níveis mais altos de K

(SOARES et. al., 1983).

A absorção de K em elevadas quantidades, pode reduzir a absorção ou disponibilidade fisiológica não somente do magnésio, mas também do cálcio às plantas (Marschner,1995). Isto é reafirmado no trabalho, pois com a introdução da adubação potássica ocorreu redução na concentração de Ca no tecido foliar do feijão-caupi.

Ferragine (1998), em experimento com solução nutritiva avaliando doses de N e K para o capim braquiária, observou redução na concentração de Ca nas laminas de folhas recém-expandidas de acordo com a elevação das doses de K no material colhido no segundo corte. Resultados semelhantes foram descritos por Lavres Junior (2002) ao testar doses de K em capim Mombaça, quando verificou que as doses de K proporcionaram redução na concentração de Ca nos tecidos vegetais coletados nos dois cortes da gramínea.

4.2.4 MAGNÉSIO

Os tratamentos com adubação exerceram efeitos significativos nos teores de Mg no tecido vegetal do feijão-caupi (Figura 10). O tratamento controle apresentou maiores teores do elemento, porém, iguais estatisticamente à adubação nitrogenada e a combinação de nitrogênio e potássio. Os menores teores foram verificados na adubação com o potássio.

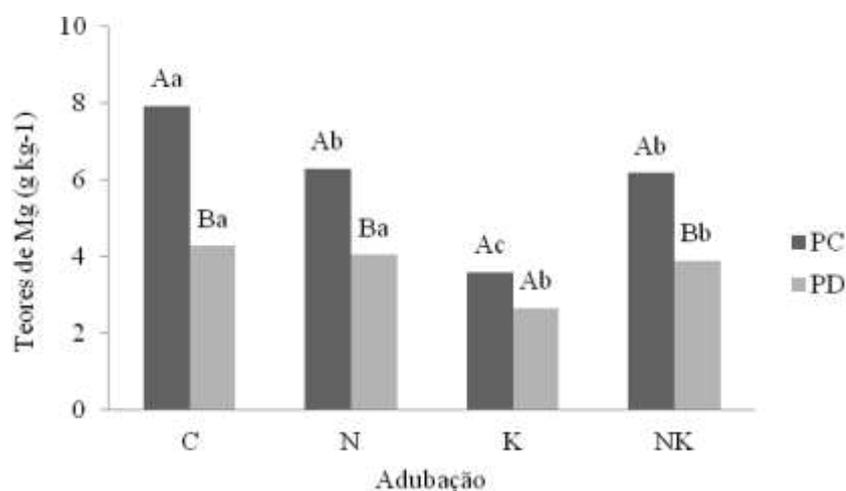


Figura 10. Teores de Mg no tecido vegetal do feijão-caupi nas diferentes adubações realizadas (TC: tratamento controle, N: adubação nitrogenada, K: adubação potássica e NK: combinação de N e K) interagindo com os sistemas de manejo.

De modo geral, o aumento da quantidade absorvida de um cátion na planta, pode resultar na redução na absorção de um ou mais cátions. Tanto o potássio pode reduzir a absorção do Mg quanto o Mg pode reduzir a absorção do K, em razão do antagonismo

entre esses minerais (Marschner,1995). Segundo Mengel e Kirkby(2001), resultados de pesquisas permite afirmar que a soma total de cátion em uma planta varia conforme o aumento no suprimento de um cátion, pois geralmente o aumento de um deles faz variar a proporção dos outros cátions presentes.

A redução do teor de Mg é explicado devido a adubação potássica, que aumentou a concentração de K no solo e levou ao antagonismo entre estes elementos já que competem pelos mesmos sítios de absorção nas raízes (MASCARENHAS et al., 2000;OLIVEIRA et al., 2001)

5. CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada e potássica proporcionou aumento acentuado na produtividade de grãos de feijão-caupi em relação à média regional.

As adubações contribuíram significativamente para o aumento da produção de massa seca da parte aérea do feijão-caupi.

Os teores de N não foram influenciados pelas adubações e sistemas de manejo do solo.

Os teores de P (residual) contido no solo foram suficientes para manter as necessidades da cultura.

Os teores de K, Ca e Mg sofreram influência das adubações realizadas, sendo que, apenas os teores de Mg foram maiores com o PD.

6. REFERÊNCIAS

A GRANJA. Preparo do solo I. Ed. nº 608, Agosto/99.1999. Disponível em <http://www.agranja.com.br>. Acesso em 20 de out. 2013.

ALVES, A. C. **Métodos para quantificar volatilização de N-NH₃ em solo fertilizado com uréia**. 2006. 41 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 241-248, 2002.

ANDRADE, F. N. ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R. Potencial genético de linhagens e cultivares de feijão-caupi para produção de feijão-verde. In: ENCONTRO DE INICIACAO CIENTIFICA DA FAPEPI, Teresina, 2005. Anais. Teresina: FAPEPI, 2005. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, G.A.A.; VIEIRA, C. & MIRANDA, G.V. Efeito da época de aplicação do adubo nitrogenado em cobertura sobre o rendimento do feijão, no período de outono-inverno. **Revista Ceres**, Viçosa, v.41, n.236, p.442-450, 1994.

AZEVEDO, W. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. C. Disponibilidade de fósforo para o arroz inundado sob efeito residual de calcário, gesso e esterco de curral, aplicados na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 995-1004, 2004.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L. E.; SILVA, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 325-30, 2001.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de.; SILVA, P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. de L.; FILHO, A. C.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. p. 9, p. 1269-1276, 2007.

BRAGA, J. M.; CANTARUTI, R. B. Potássio. In: DIAS, L. E. (org.) **Fertilidade do Solo**. 2.v. Viçosa: UFV, 1996. p. 91-134.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agrônômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamento entre linhas e densidade de plantas sob regime de sequeiro. **Ciência Agrônômica**, v. 37, p. 102-105, 2006.

CARVALHO, A. M.; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P.; KINJO, T. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 61-67, 1995.

CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamento e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 617-624, 2001.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; COSTA, A. C. S.; SOUZA JUNIOR, I. G. Alterações nas propriedades químicas de um latossolo vermelho eutroférico por dois sistemas de manejo do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, p. 377-385, 2004.

CERETTA, C. A.; SILVEIRA, M. J. da. Adubação nitrogenada no Sistema Plantio Direto. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5., 2002, Guarapuava. Resumos... Guarapuava: Aldeia Norte, 2002. p.115-127.

COAN, O. Preparo Vertical do Solo. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1994, Viçosa. Palestras... Viçosa: SBEA, 1994.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento de milho no Brasil: Chegamos ao máximo? In: SIMPÓSIO ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 3., Piracicaba, 2002 (CD-Rom)

COSTA, J. P. V.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; MARTINS, G. O.; SANTOS, A. F. Difusão de fósforo em solos de Alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.3, p.229-235, 2009.

COSTA, S. E. V. G. A. **Distribuição de fósforo, de potássio e de raízes e rendimento de milho em sistemas de manejo de solo e da adubação em longo prazo**. 2008, 106p.

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

COUTO, W. S.; CORDEIRO, A. C. C.; ALVES, A. A. C. Adubação mineral do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) em Latossolo de campo cerrado de Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 1982. 03 p (Embrapa Roraima. Pesquisa em Andamento, 62).

CRAVO, M.S.; SMYTH, T.J. **Atributos físico-químicos e limitações dos solos de áreas produtoras de Feijão-caupi no nordeste do Estado do Pará.** CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. Resumos....Recife: SNCS, 2005. 1 CD-ROM.

CRAVO, S. C.; VIEGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará.** Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2007. 262p.

DAUDA, A.; A. SAMARI. Cowpea yield response to soil compaction under tractor traffic on a sandy loam soil in the semi-arid region of northern Nigeria. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 68, p. 17-22, 2002.

DIAS, L.A.S.; LEME, L.P.; LAVIOLA, B.G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O.L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C.E.; SANTOS, A.S.; SOUSA, L.C.A.; OLIVEIRA, T.S. & DIAS, D.C.F.S. **Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível.** Viçosa, MG, 2007. v.1. 40p.

EMBRAPA MEIO-NORTE. Sistemas de Produção, 2. **Cultivo de Feijão-Caupi.** ISSN 1678-8818. Versão Eletrônica. Jan/2003.

FALESI, I. C. **Estado atual de conhecimento dos solos da Amazônia Brasileira.** In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO UMIDO. Embrapa-CPATU: Belém, 1984, p. 168-191. (Documentos, 36)

FERRAGINE, M.C. **Combinações de doses de nitrogênio e potássio na nutrição mineral de capim-braquiária.** 1998. 84f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

FERREIRA, D. F. SISVAR Versão 5.0. Departamento de Ciências Exatas. UFLA, Lavras, MG, 2007.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças.** 2.ed. São Paulo: Ceres, 1981. 336 p.

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

FILGUEIRAS, G.C.; SANTOS, M.A.S.; HOMMA, A.K.O.; REBELLO, F.K. & CRAVO, M.S. **Aspectos socioeconômicos.** In: ZILLI, J.E.; VILARINHO, A.A. & ALVES, J.M.A.,

eds. A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira. Boa Vista, Embrapa Roraima, 2009. p.23-58.

FINGER, F. L.; FONTES, P. C. R. Efeito residual da adubação de P e K da batata sobre a produção e conservação pós-colheita de cebola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 82-95, 1995.

FONTES, P. C. R.; ROCHA, F. A. T.; MARTINEZ, H. E. P. Produção de máxima eficiência econômica da batata em função da adubação fosfatada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 104-107, 1997.

FRANCO, M.C. et al. **Nodulação em cultivares de feijão dos conjuntos gênicos andino e mesoamericano**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, p.1145-1150, 2002.

FRANCO, A. A.; NEVES, M. C. P. **Fatores limitantes à fixação biológica de nitrogênio**. In: CARDOSO, E. J. B. N. et al. (Ed.). Microbiologia do solo. Campinas: SBCS, p. 257-282, 1992.

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 459-467, 2000.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ALCÂNTARA, J. P.; BELARMINO FILHO, J.; ROCHA, M. M. BRS Maratão: nova cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. **Revista Ceres**, v. 52, n. 303, p. 771-777, 2005.

FREIRE-FILHO, F.R.; VILARINHO, A.A.; CRAVO, M.S. & CAVALCANTE, E.S. **panorama da cultura do feijão-caupi no Brasil**. In: WORKSHOP SOBRE A CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI EM RORAIMA, 2007, Boa Vista. Anais... Boa Vista, Embrapa Roraima, 2007. p.2-12 (Documentos, 4).

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

FROTA, K. de M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. **Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-476, abr./jun. 2008.

GALETI, P. A. **Mecanização Agrícola**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1998. 220 p.

GASTÃO, M. S. **O Preparo do Solo: Implementos Corretos**. 3 ed. São Paulo: Globo, 1989. 220 p.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003, 231p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

HALL, A. E. Future directions of bean/cowpea collaborative research support program. **Field Crops Research**, v. 82, p. 233-240, 2003.

HINSINGER, P. Biology availability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. **Plant and Soil**, The Hague, v. 23, n.7, p. 173-195, 2001.

HOLANDA, F. S. R. **Efeito de sistemas de preparo de solo e sucessão de culturas:1. Estratificação de fósforo, potássio, pH e matéria orgânica**. 2. Absorção de P e K pela cultura do milho (*Zea mays* L.). 1996, 86p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

HUNGRIA, M. et al. Fixação biológica do nitrogênio em soja. **In: ARAUJO, R.S.; HUNRIA, M. (Eds). Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-spi, 1994. p.9-90.

IBGE. Estados. Unidades da federação. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/Acesso> em: 1 set. 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola da Paraíba (LSPA-PB). Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –FIBGEGCEA/PB, J. Pessoa-PB, 1996.

JORGE, J. A. **Compactação do Solo: Causas, consequências e maneiras de evitar sua ocorrência**. Campinas. Instituto Agrônomo, 1986. 22p. (Circular, 117).

JUNIOR, A. S. A.; SANTOS, A. A.; SOBRINHOS, S. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA, M. M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo de Feijão-Caupi**. EMBRAPA Meio-Norte. Sistema de Produção 2, ISSN 1678-8818. Versão Eletrônica.Jan/2003.

KAMINSKI, J.; BRUNETTO, G.; MOTERLE, D. F.; RHEINHEIMER, D. dos S. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 1003-1010, 2007.

KELLER, G. D.; MENGEL, D. E. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no-till corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 50, p. 1060-1063, 1986.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH₃ volatilizado da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 345-352, 1990.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.

LAVRES JR., J.; MONTEIRO, F.A. **Combinações de doses de nitrogênio e potássio para a produção e nutrição do capim-Mombaça**. Boletim de Indústria Animal, v.59, n.1, p.102-114, 2002.

LEITE, J.; SEIDO, S.L.; PASSOS, S.R.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G. & MARTINS, L.M.V. Biodiversity of rhizobia associated with cowpea cultivars in soils of the lower half of the São Francisco river valley. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:1215-1226, 2009.

LIMA FILHO, O. F.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. **Avaliação preliminar de um medidor portátil de clorofila como ferramenta para o manejo da adubação nitrogenada do cafeeiro**. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, v. 40, n. 3, p. 642-650, 1997.

LIMA, E. D. P. A. **Feijão-caupi verde, minimamente processado: aspectos de conservação**. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2009a, Belém, PA. Da agricultura de subsistência ao agronegócio: anais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 73-84. 1 CD-ROM.

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

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTENS, J. R. T.; HOEPPNER, J. W.; ENTZ, M. H. **Legume cover crops with winter cereals in southern Manitoba: establishment, productivity, and microclimate effects**. Agronomy Journal, v. 93, n. 5, p. 1086-1096, 2001.

MARUBAYASHI, O.M.; FURLANE JÚNIOR, E.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C.A.C.; NAKAGAWA, J. **Época e doses de aplicação de nitrogênio, em cobertura, na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.)**. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus, Anais... Manaus: EMBRAPA/CNPA, 1996. v.1. p.1-2.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; CARMELLO, Q.A.C.; GALLO, P.B.; AMBROSANO, G.M.B. Calcário e potássio para a cultura da soja. **Scientia Agricola**, v.57, p.445-449, 2000.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. **Fertilidade do solo e adubação**. In: _____. Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Meio Norte, 2005.p.228-242.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MENGEL e KIRKBY (2001): **Principles of Plant Nutrition**. 5th ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

MESA, A.R., HERNÁNDEZ, M., REYES, F. Determinacion de los niveles criticos de N, P y K, rendimiento de materia seca y composición química en *Andropogon gayanus* cv. CIAT-621. **Pastos y Forrage**, v. 11, n. 3, p.235- 41, 1988.

MEURER, E. J. **Potássio**. In: FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 281-298.

MORAES, S. R. G.; POZZA, E. A.; ALVES, E.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; LIMA, P. H.; BOTELHO, A. O. Efeitos de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 69-75, 2006.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; MORAES, L. A. C. Eficiência de fontes de fósforo na alfafa centros em a cultivada em Latossolo Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 10, p. 1459-1466, 2002.

MOUSINHO, F. E. P. **Viabilidade econômica da irrigação do feijão-caupi no Estado do Piauí**. 2005. Tese (Doutorado)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. v. 7, n. 3, 2003.

NICOLI, C. M. L.; HOMMA, A. K. O.; CRAVO, M. S.; FERREIRA, C. A. P. **Sistema de produção de feijão-caupi e mandioca na mesorregião Nordeste Paraense: análise econômica**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 276)

OLAOYE, J. O. Influence of tillage on crop residue cover, soil properties and yield components of Cowpea in Derived Savannah Ectones of Nigeria. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 64, p. 179-187, 2002.

OLIVEIRA, A.P.; ALVES, E.U.; BRUNO, R.L.A.B. & BRUNO, G.B. Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.102-108, 2000.

OLIVEIRA, W. S. et al. Alfalfa yield and quality as function of nitrogen fertilization and symbiosis with *Sinorhizobium meliloti*. **Scientia Agricola**, Curitiba, v. 61, n. 4, p. 433-438, 2004.

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**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 81-84, 2001.

OLIVEIRA, I. P.; ARAUJO, R. S.; DUTRA, L. G. **Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio**. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Potafos, 1996. p.169-221.

OLIVEIRA, F.A.de; CARMELLO, Q.A.C.; MASCARENHAS, H.A.A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa de vegetação. **Scientia Agricola**, v.58, n.2, p.329-335, 2001.

OLIVEIRA, I. P.; CARVALHO, A. M. **A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmidos de semi-árido do Brasil**. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. org. O caupi no Brasil. Brasília: IITA/EMBRAPA, 1988. p. 63-96.

OLIVEIRA, F.; CAVALCANTE, L.; SILVA, I.; PEREIRA, W.; OLIVEIRA, J.; COSTA FILHO, J.. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 04, n. 03, p. 238-244, 2009.

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

PAULINO, H. B. et al. **Influência do parcelamento de duas fontes nitrogenadas, em cobertura e via fertirrigação, na qualidade fisiológica de sementes de feijão**. Informativo ABRATES, Londrina, v.9, n.1/2, p.55, 1999.

PHILIPS, R. D.; MCWATTERS, K. H.; CHINNAN, M. S.; HUNG, Y.; BEUCHA, L. R.; SEFA-DEDEH, S.; SAKYI-DAWSON, E.; NGODDY, P.; NNANYELUGO, D.; ENWERE, J.; KOMEY, N. S.; LIU, K.; MENSA-WILMOT, Y.; NNANNA, I.A.; OKEKE, C.; PRINYAWIWATKUL, W.; SAALIA, F.K. **Utilization of cowpeas for human food**. Field Crops Research, v. 82, n. 2, p. 193-213, 2003.

PITTELLA, L. C. **Fertilização** 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 2013.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 541p.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC. 1997. 285p.

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

ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q.; ANDRADE, F. N.; GOMES, R. L. F. **Avaliação agrônômica de genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006b. 16 p. (Embrapa Meio-Norte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 67).

ROCHA, M. de M. **O feijão-caupi para consumo na forma de grãos frescos**. AGROSOFT BRASIL. 2009. Disponível em <www.agrosoft.org.br/212374.htm> Acesso em: 14 abr. 2012.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; GARCIA, R. A. Arroyo. Potássio lixiviado da palha de aveia-preta e milheto após a dessecação química. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 8, p. 1169-1175, 2007.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, E. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, L. R. F. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milheto e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 6, p.1033-1040, 2006.

RUMJANEK, N.G.; MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; NEVES, M.C.P.A. **Fixação biológica de nitrogênio**, In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A.A.; RIBEIRO, V.Q. Feijão-caupi: avanços tecnológicos, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 280 - 335. 2005

SÁ, J. C. D. M. **Adubação fosfatada no Sistema Plantio Direto**. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Anais do simpósio sobre fósforo na Agricultura Brasileira: Fósforo na Agricultura Brasileira. Piracicaba: Associação para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.201-222.

SANGOI, L.; KRUSE, N. D. Doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio e características agrônômicas da batatinha em dois níveis de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 9, p. 1333-1343, 1994.

SANTOS, M. A. S.; REBELLO, F. K.; HOMMA, A. K. O. **Fontes de crescimento da produção de feijão-caupi no estado do Pará, no período de 1998-2008**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FEIJÃO-CAUPI, 2009, Belém. Anais... Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 1 CD-ROM.

SCHULTZ, L. A. **Manual do Plantio Direto: Técnicas e Perspectivas**. 2. ed. Sagra, 1987. 124 p.

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, C. N. Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de caupi. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 133-135, 1993.

SINGH, B. B. Recent Progress in cowpea genetics and breeding. **Acta Horticulture**, v. 752, n. 13, p. 69-75, 2007.

SOARES, E.; LIMA, L. A.; MISCHAN, M. M.; MELLO, F. A. F.; BOARETTO, A. E. Efeito da relação entre teores trocáveis de Ca e Mg do solo na absorção de K por plantas de centeio. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 58, p. 315-330, 1983.

SOARES, A.L.L.; FERREIRA, P.A.A.; PEREIRA, J.P.A.R.; VALE, H.M.M.; LIMA, A.S.; ANDRADE, M.J.B. & MOREIRA, F.M.S. **Eficiência agrônômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG): II feijoeiro**. R. Bras. Ci. Solo, 30:803 811, 2006

SOUZA, R. F. **Dinâmica de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica, cultivados com feijoeiro**. 2005. 141 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

STAVISKI, N. **Especial Plantio Direto: Pioneiro dos Campos Gerais**. Globo Rural: São Paulo, 1996, n. 127. p. 53-58.

TEIXEIRA, N.J.P.; MACHADO, C. de F.; FREIRE FILHO, F.R.; ROCHA, M. de M.; GOMES, R.L.F. **Produção, componentes de produção e suas inter-relações em genótipos de feijão-caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp.)**. Terezina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2006. p.4. Disponível em :<<http://www.cpamn.embrapa.br/anaisconac2006/resumos/GM42.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência a penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, p. 333-339, 1996.

TSAI, S. M. et al. Minimizing the effect of mineral nitrogen on biological nitrogen fixation in common bean by increasing nutrient levels. **Plant and Soil**, v.152, n. 1, p. 131-138, 1993.

VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de plantas**. Lavras: ESAL, 1993. 171 p.

VALENTE, M. V.; SILVA, J. M. L.; RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L.; CARVALHO, E. J. M.; ROLIM, P. A. M.; SILVA, E. S.; PEREIRA, I. C. B. **Zoneamento agroecológico das terras do município de Castanhal, Estado do Pará**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2001, 27p. (Documento 119)

VALÉRIO, C.R.; ANDRADE, M.J.B. & FURTADO, D.F. **Resposta do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de nitrogênio aplicadas no plantio e em cobertura.** In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6, Salvador, 21/26 nov.1999. Anais. Salvador: EMBRAPA/CNPFA, 1999. v.1, p.866-867.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T.; VIEIRA, M. N. F. **Solos: propriedades, classificação e manejo.** Brasília, MEC/ABEAS, 1988. 154p.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p.2297-2305, 2008.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens.** 2.ed. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p.

ZILLI, J.E.; VALISHESKI, R.R.; FREIRE-FILHO, F.R.; NEVES, M.C.P. & RUMJANEK, N.G. **Assessment of cowpea rhizobium diversity in cerrado areas of northeastern Brazil.** Braz. J. Microbiol., 35:281-287, 2004.

ZILLI, J.E.; XAVIER, G.R.; MOREIRA, F.M.S.; FREITAS, A.C.R. & OLIVEIRA, L.A. **Fixação biológica de nitrogênio.** In: In: ZILLI, J.E.; VILARINHO, A.A. & ALVES, J.M.A.,eds. A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira. Boa Vista, Embrapa Roraima, 2009a. p.185-22.