



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

LUCAS KENNEDY SILVA LIMA

**DESENVOLVIMENTO DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE
RESÍDUO DA INDÚSTRIA DO CAFÉ COMO FONTE DE POTÁSSIO**

FORTALEZA
2014

LUCAS KENNEDY SILVA LIMA

**DESENVOLVIMENTO DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE
RESÍDUO DA INDÚSTRIA DO CAFÉ COMO FONTE DE POTÁSSIO**

Dissertação de Mestrado apresentada à
Coordenação do Curso de Pós-Graduação em
Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial para a
obtenção do grau de Mestre em
Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração:
Manejo de Grandes Culturas.

Orientador: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra

FORTALEZA

2014

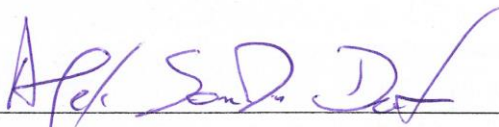
LUCAS KENNEDY SILVA LIMA

**DESENVOLVIMENTO DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DA UTILIZAÇÃO
DE RESÍDUO DA INDÚSTRIA DO CAFÉ COMO FONTE DE POTÁSSIO**

Dissertação de Mestrado apresentada à
Coordenação do Curso de Pós-
Graduação em Agronomia/Fitotecnia da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para a obtenção do grau
de Mestre em Agronomia/Fitotecnia.
Área de concentração: Manejo de
Grandes Culturas.

Aprovado em: 17/02/2014.

BANCA EXAMINADORA



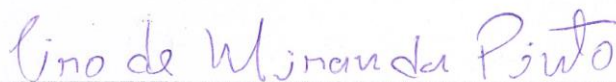
Prof. Dr. Alek Sandro Dutra (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira

Universidade Federal do Ceará (UFC)



Prof. Dr. Ciro de Miranda Pinto

Universidade de Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- L6981 Lima, Lucas Kennedy Silva.
 Desenvolvimento do feijão caupi em função da utilização de resíduo da indústria do café como fonte de potássio / Lucas Kennedy Silva Lima. – 2014.
 79 f. il., color. enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza, 2014.
 Área de concentração: Manejo de Grandes Culturas.
 Orientação: Prof. Dr. Alek Sandro Dutra.
1. Feijão-caupi. 2. Adubos e fertilizantes. 3. Agricultura familiar. 4. Resíduos orgânicos como fertilizantes. I. Título.

A toda minha família em especial meus pais
Antonio Lima das Neves e Maria José Silva
das Neves.

AGRADECIMENTO

A Deus, por sempre se fazer presente em minha vida fazendo com que as dificuldades e impecalços impostos pela vida sejam mais leves em sua presença. Pelo amor infinito e sabedoria concedida.

A toda a minha família meus pais Antonio Lima e Maria José, minhas irmãs Leilane e Layane, sobrinho e cunhado pelo apoio em todos os momentos.

A Universidade Federal do Ceará, Departamento de Fitotecnia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia pela oportunidade e apoio na estrutura física para condução do experimento de dissertação.

Ao meu orientador professor Alek Sandro Dutra, pelo empenho e dedicação estando sempre disponível para orientar e aconselhar no que fosse necessário o qual contribuiu significativamente em meu processo de formação quanto profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante o curso.

A empresa Três Corações pelo fornecimento do resíduo e contribuição financeira na análise química do resíduo.

Aos amigos Camila Castro, Conceição Moura, Francisco Thiago, Geovânio Barros, Antonio Francelino, Ramon Costa pela ajuda no planejamento, condução e análise estatística do experimento aos quais sem eles, teria sido muito mais difícil dar viabilidade a este trabalho. Ao funcionário terceirizado seu Dodô por sempre estar disponível para ajudar no que fosse necessário.

A todas as amigas construídas durante esse período, principalmente Maria da Conceição, Bruno Lessa, Antonio Francelino, Camila Castro, Kellina Oliveira, Maria Lucilânia, João Paulo, Olenaide Pinto, Hernandes Rufino, Kelly Kaliana, Tatiana em especial a Fátima Queiroz que além de amiga tem sido muito importante em minha vida.

Ao secretário da Pós-Graduação em Fitotecnia/UFC Deocleciano Xavier pela viabilização na parte burocrática.

A todos os professores do Departamento de Fitotecnia que contribuíram de forma direta ou indireta na construção de minha formação.

RESUMO

A região Nordeste se caracteriza por apresentar uma agricultura em sua grande maioria de base familiar. Dentre as culturas produzidas o feijão caupi se destaca sendo uma das mais importantes. Um dos principais entraves da agricultura familiar é o gasto com aquisição de adubos. O desenvolvimento de práticas que visem substituir esse modelo é bem aceito, principalmente quando apresenta redução nos custos de produção. Uma das técnicas que vem sendo estudadas é a utilização de resíduos industriais e agroindustriais. O trabalho com o objetivo de avaliar o desenvolvimento do feijão-caupi a partir da utilização de resíduos da indústria de café, em comparação com adubação potássica convencional, foi desenvolvido em Casa de Vegetação da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici. A unidade experimental foi representada por um vaso plástico, contendo 22 kg de solo. Como substrato foi utilizado solo coletado na camada de 0-20 cm do perfil na Área Didática do Departamento de Fitotecnia as formas de adubação foram o resíduo oriundo do processo de torrefação do café e o cloreto de potássio convencional. Após a conclusão do primeiro experimento foi realizado um segundo cultivo com o objetivo de avaliar o efeito residual da adubação. As características avaliadas foram comprimento da haste principal, diâmetro do caule ao nível do solo, número de folhas, área foliar aos 17 e 60 dias após semeadura, índice de área foliar, evapotranspiração, índice de colheita, eficiência no uso da água, número de vagens por planta, comprimento da vagem, número de sementes por vagem, massa das vagens, massa das sementes e teores de N, P, K no tecido foliar. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial duplo 2x6, sendo duas fontes de potássio (cloreto de potássio e resíduo do café) e seis níveis de adubação (0, 50, 100, 150, 200, 250 kg/ha⁻¹). Como resultados foram observados que o potássio no feijão caupi apresenta respostas satisfatórias mesmo em baixas concentrações desse nutriente, em ambos os cultivos o teor de K na folha foi maior quando utilizado o resíduo. As elevadas temperaturas influenciaram na produção em ambos os cultivos provocando abortamento floral assim como também a infestação da cochonilha no segundo cultivo limitou a produção do caupi. O resíduo do café pode ser utilizado como fonte de potássio para a cultura do feijão caupi.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. Adubação orgânica. Agricultura familiar. Gestão de resíduos.

ABSTRACT

The northeast region is characterized by presenting an agriculture mostly family based. Among the crops produced the cowpea stands out being the most important. One of the major obstacles family agriculture is spent on with purchase of fertilizers. The development practices aimed replace this model is well accepted, principally when shows a reduction in the production costs. One of the techniques that has been studied is the utilization of industrial and agro-industrial residue. The work aimed of evaluate the development of the cowpea from the use of industrial residue coffee, compared with conventional potassium fertilization was developed in a greenhouse, of University Federal of Ceará, Campus do Pici. The experimental unit was represented by a plastic pot, containing 22 kg. As substrate was used soil collected in the 0-20 cm layer profile in the experimental area Department of Fitotecnia, the forms fertilization were the residue originating from the process of roasting coffee and the conventional potassium chloride. After the conclusion the first experiment was realized one second cultivation with the objective to evaluate the residual effect of fertilization. The Characteristics evaluated were length of the main stem, stem diameter at the ground level, number of leaves, leaf area at 17 and 60 days after seeding, leaf area index, evapotranspiration, harvest index, water use efficiency, number of pods per plant, pod length, number of seeds per pod, mass of the pods, seed mass, evapotranspiration and levels of N, P, K in leaf tissue. The experimental design was randomized blocks in double factorial scheme 2x6, with two sources of potassium (potassium chloride and coffee residue) and six levels of fertilization (0, 50, 100, 150, 200, 250 kg/ha⁻¹). As results were observed that potassium in cowpea presents satisfactory answers even at low concentrations of this nutrient, in both crops the K content was higher in the leaf residue when used. The high temperatures influenced the production of in both crops causing floral abortion as well as also infestation of cochineal in the second crop limited production of cowpea. Taking in consideration the cost benefit the coffee residue can be used as source of potassium for the crop of cowpea.

Key words: *Vigna unguiculata*. Fertilization. Utilization. Family agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Temperatura média (—) e Unidade realtiva (----) presentes na casa de vegetação durante a condução da pesquisa.....	30
Figura 2 - Massa seca do caule do feijão caupi em função de doses de cloreto de potássio e resíduo do café no primeiro cultivo	42
Figura 3 - Área foliar e índice de área foliar do feijão caupi aos 17 e 60 dias APS em função das doses de cloreto de potássio e resíduo do café no primeiro cultivo	43
Figura 4 - Evapotranspiração do feijão caupi em função de doses de cloreto de potássio e resíduo do café no primeiro cultivo	45
Figura 5 - Massa seca do grão do feijão caupi em função de doses de cloreto de potássio e resíduo do café no primeiro cultivo	53
Figura 6 - Concentração de fósforo e potássio no tecido foliar do feijão caupi em função de doses de KCL e resíduo do café no primeiro cultivo.....	54
Figura 7 - Teor de potássio nas folhas de feijão caupi em função de doses de cloreto e resíduo do café no segundo cultivo	67

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Características físicas e químicas do solo utilizado como substrato para constituição dos tratamentos utilizado como fonte de potássio pra a cultura do feijão caupi.....29
- Tabela 2 - Características químicas do resíduo do café utilizado como fonte de potássio para produção do feijão caupi.....29
- Tabela 3 - Fonte de variação (FV), grau de liberdade (gl), comprimento a haste (CH), diâmetro do caule ao nível do solo (DNS), massa seca de folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) aos 17 e 60 dias após semeadura, evapotranspiração (eto/mm) e eficiência no uso da água (EUA/g L⁻¹) do feijão caupi, submetidos a diferentes doses de cloreto de potássio e resíduos do processo de torrefação do café no primeiro cultivo..... 37
- Tabela 4 - Diâmetro ao nível do solo (DNS), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) aos 60 dias após semeadura do feijão caupi em função das fontes de adubo testadas no primeiro cultivo 39
- Tabela 5 - Interação das características vegetativas massa seca do caule, área foliar e índice de área foliar aos 17 dias após semeadura e evapotranspiração do feijão caupi no primeiro cultivo41
- Tabela 6 - Fonte de variação (FV), grau de liberdade (gl), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), número de vargens por planta (NVP), massa seca das vargens (MSV), massa seca dos grãos (MSG), índice de colheita (IC) e N, P, K presentes no tecido foliar do feijão caupi, submetidos a diferentes doses de cloreto de potássio e resíduos do processo de torrefação do café no primeiro cultivo48
- Tabela 7 - Interação dos componentes de produção número de vargens por planta (NVP), índice de colheita (IC) e teor de potássio foliar em função de fontes e doses de adubo na cultura do feijão caupi no primeiro cultivo50
- Tabela 8 - Teores de fósforo nas folhas de feijão caupi em função das fontes de adubação no primeiro cultivo52
- Tabela 9 - Fonte de variação (FV), grau de liberdade (gl), comprimento a haste (CH), diâmetro do caule ao nível do solo (DNS), massa seca de folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) aos 17 e 60 dias após semeadura, evapotranspiração (Eto/mm) e eficiência no uso da água

(EUA/g L ⁻¹) do feijão caupi, submetidos a diferentes doses de cloreto de potássio e resíduos do processo de torrefação do café no segundo cultivo	58
Tabela 10 - Massa seca de folha (MSF), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) aos 60 dias APS e eficiência no uso da água (EUA) do feijão caupi em função das fontes de adubação no segundo cultivo	60
Tabela 11 - Fonte de variação (FV), grau de liberdade (gl), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), número de vargens por planta (NVP), massa seca das vargens (MSV), massa seca dos grãos (MSG), índice de colheita (IC) e N, P, K presentes no tecido foliar do feijão caupi, submetidos a diferentes doses de cloreto de potássio e resíduos do processo de torrefação do café no segundo cultivo	63
Tabela 12 - Teores de nitrogênio nas folhas de feijão caupi em função das fontes de adubação no segundo cultivo	66
Tabela 13 - Interação para o teor de K na folha do feijão caupi em função de diferentes fontes e doses de potássio no segundo cultivo	67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Feijão caupi.....	15
2.2 Resíduos na Agricultura.....	17
2.3 Resíduos Oriundos do Processamento do Café	19
2.4 Efeito Residual dos Adubos Orgânicos	22
2.5 Potássio	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Localização da área.....	28
3.2 Implantação do experimento.....	28
3.3 Segundo Cultivo	31
3.4 Características avaliadas	31
3.5 Análise estatística	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Características Vegetativas do Primeiro Cultivo	35
4.1.1 Características Produtivas do Primeiro Cultivo	46
4.2 Características Produtivas do Segundo Cultivo.....	56
4.2.1 Características Produtivas do Segundo Cultivo	62
5 CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

A agricultura trabalha com grandes extensões territoriais, influenciando sobre complexos nichos ecológicos e na cadeia alimentar de diversos indivíduos, em razão da retirada da vegetação natural e conseqüente redução do equilíbrio para estabelecimento de monoculturas (DE-POLLI e PIMENTEL et al., 2005). A agricultura é uma atividade antrópica essencial para toda e qualquer sociedade, independente do nível de desenvolvimento. A grande questão contemporânea é saber como mantê-la produtiva sem afetar drasticamente os diferentes ecossistemas terrestres (GUALBERTO et al., 2003). Nos tempos atuais, o grande desafio da agricultura é a busca da sustentabilidade socioeconômica da exploração agrícola ou de uma nova condição de equilíbrio do sistema de produção, que envolve, dentre outros, o manejo adequado do solo associado à corretas rotações e/ou consorciações culturais (SOARES, 2005).

A região Nordeste se caracteriza por apresentar uma agricultura em sua grande maioria de base familiar, onde sua produção é consumida e o excedente é comercializado. Dentre as culturas produzidas o feijão caupi se caracteriza sendo uma das mais importantes, principalmente pela sua rusticidade ao clima semiárido e pelo seu elevado teor nutricional, servindo como fonte de proteínas e carboidratos para os nordestinos. Essa cultura é cultivada principalmente visando à produção de grãos, secos ou verdes, para consumo humano. Sendo largamente comercializado nas feiras livres das pequenas cidades nordestinas, fazendo parte da dieta diária dessas famílias. Além desses fatores a produção do feijão caupi no nordeste brasileiro gera de forma direta e indireta milhares de empregos, desde o setor de produção até a comercialização e preparo do grão. O pequeno agricultor que realiza a produção em sistemas de policultivos em pequenas áreas, tem na comercialização do caupi mais um complemento na renda familiar.

Um dos principais entraves da agricultura familiar é o gasto com aquisição de adubos e agroquímicos, que muitas vezes não se tem retorno do investimento realizado, pela baixa tecnologia empregada e sazonalidade do clima da região. O desenvolvimento de práticas que visem substituir esse modelo é bem aceito, principalmente quando apresenta respostas satisfatórias e redução nos custos de produção.

Uma das técnicas que vem sendo estudada em substituição da adubação convencional pela alternativa é a utilização de resíduos industriais e agroindustriais. As pesquisas visam principalmente à redução nos gastos de produção e destino adequado a esses

resíduos, onde uma vez descartados de maneira inadequada podem contribuir com a contaminação do solo e dos lençóis freáticos.

Entre os resíduos produzidos o obtido a partir da torrefação do café se destaca em função da sua alta disponibilidade e composição organomineral. No processo de torrefação do café, além do pó, que é largamente utilizado, sendo uma das bebidas mais consumida no mundo, há também a geração de subprodutos, os quais não são utilizados em nenhuma outra atividade. O volume de resíduo produzido pode chegar à proporção de 1:1 para a quantidade do produto que é torrado, beneficiado e comercializado. Desse modo a indústria requer gasto para descarte correto desses materiais.

Através de análise constatou-se que esse subproduto possui elevados índices minerais principalmente de potássio, que é um nutriente essencial para o desenvolvimento do feijão. Portanto a utilização desse resíduo como fonte de potássio, proporcionará diminuição nos gastos com aquisição de adubos sintéticos, aumentando a margem de lucro e dando destino adequado a este resíduo. Elevadas concentrações de matéria orgânica também são encontrados, onde são disponibilizados gradualmente ao longo do ciclo da cultura ou para ciclos subsequentes através do seu efeito residual.

Se faz necessário o desenvolvimento de estudos para comprovar a eficiência desse resíduo como adubo orgânico nos mais variados cultivos agrícolas, como também observar se o mesmo apresenta algum efeito antagônico em função da presença de substâncias alelopáticas. Nesse contexto o objetivo desse trabalho foi Avaliar o crescimento, desenvolvimento e produtividade do feijão-caupi a partir da utilização de subprodutos da indústria de café, em comparação com adubação potássica convencional, visando redução nos custos com adubação, como também destino a este subproduto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Feijão caupi

O feijão caupi também conhecido como feijão-de-corda, feijão-macáçar, feijão-da-colônia, feijão-de-praia, feijão-de-estrada, feijão-fradinho (PEDRO, 2007) e cientificamente denominado de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. é cultivado no Brasil desde o início da colonização. Ainda não é bem conhecido no país a respeito da sua importância social e econômica e seu potencial estratégico para as regiões Norte e Nordeste (FREIRE FILHO et al., 2005).

No Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, o caupi constitui uma das principais alternativas sociais e econômicas de suprimento alimentar (FIGUEIRAS et al., 2009). A espécie é uma importante fonte de proteína na alimentação humana, além de gerar renda para milhares de famílias das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Em função das suas características de rusticidade, adaptabilidade ampla, precocidade e capacidade de produzir em ambientes desfavoráveis, o feijão-caupi é uma cultura que tem grandes perspectivas, frente a escassez de alimento que há nos países em desenvolvimento, entre os quais se inclui o Brasil, em particular, a região Nordeste (SOUZA et al., 2013).

Em regiões onde a agricultura tradicionalmente praticada são os cultivos de subsistência, a disponibilidade de elementos minerais às plantas é, sem dúvida, fator primordial ao qual, as culturas como o caupi, respondem com crescimento, desenvolvimento e produções permitindo, desta forma, que os agricultores permaneçam no campo (PARRY et al., 2008).

Este feijão é uma das fontes alimentares mais importantes e estratégicas para as regiões tropicais e subtropicais do mundo. É possuidor também de grande plasticidade, adaptando-se bem a diferentes condições ambientais, e tem grande capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. Além disso, contém os 10 aminoácidos essenciais ao ser humano e tem um excelente valor calórico (FREIRE FILHO et al., 2005). As Regiões Nordeste e Norte do Brasil destacam-se por apresentarem maior consumo de feijão-caupi, especialmente na zona rural. Variando de 9,2 a 21,8kg/pessoa/ano (ROCHA e FREIRE FILHO, 2012).

No Brasil, pode-se dizer que o feijão-caupi é cultivado em todas as regiões do país, concentrando-se sua produção nas regiões Nordeste (1,2 milhão de hectares) e Norte (55,8 mil hectares), mostrando-se como uma cultura estratégica para a agricultura de base

familiar (FREIRE FILHO et al., 2011). O feijão-caupi contribui com 35,6% da área plantada e 15% da produção nacional total de feijão (NASCIMENTO et al., 2009).

No Estado do Ceará, a área cultivada é de aproximadamente 462,3 mil hectares representando um crescimento de 3,8% em relação à safra anterior (2010). O excesso e a irregularidade das chuvas ocorridos nos meses de janeiro e fevereiro impediram os agricultores de efetuarem um plantio ainda maior, além de reduzir o rendimento de algumas áreas. Apesar de adaptadas às condições ambientais de cultivo, apresentam produtividade média de apenas 355 kg ha⁻¹ (CONAB, 2011). Na safra agrícola 2011/2012 do estado do Ceará, a produção de grãos de feijão caupi atingiu 256,6 mil toneladas, numa área plantada de 612,9 mil hectares e uma produtividade média de 424 kg ha⁻¹ (CONAB 2012). Segundo Freire Filho (2011) os Estados mais produtores são: Ceará, Piauí e Pernambuco, para safras 2005 a 2009.

A temperatura e o fotoperíodo podem exercer marcada influência na fenologia das espécies vegetais e, muitas vezes, existe uma estreita interação entre esses dois fatores ambientais. A ação da temperatura é bem mais importante sobre as reações bioquímicas do que sobre as reações fotoquímicas, enquanto a literatura considera que os limites de temperatura capazes de afetar o metabolismo dos vegetais variam não só entre espécies, mas também dentro de uma mesma espécie (PINHO et al., 2005). Esta leguminosa desenvolve-se numa faixa de temperatura entre 20°C e 30°C (OLIVEIRA e CARVALHO, 1988). Altas temperaturas durante o florescimento podem ser prejudiciais a cultura, além de diminuir a nodulação nas raízes (MENDES, 2007).

Dentre as várias cultivares recomendadas para o plantio no estado do Ceará, destaca-se a cultivar “Setentão”, por apresentar boa capacidade produtiva. É denominada de "Setentão" em comemoração aos 70 anos de fundação do Curso de Agronomia no Estado do Ceará. A cultivar “Setentão” apresenta as seguintes características botânicas e agrônômicas: hábito de crescimento indeterminado, porte semi-ramador, folha semi-ovalada, cor da vagem amarela, comprimento da vagem em média de 21 cm, forma da vagem romboide, cor do tegumento creme esverdeado, floração aos 48 dias, ciclo 65 a 70 dias, apresenta em média 14 grãos por vagem, peso de 100 sementes em média de 19,8 grama e produtividade de 1.200 kg ha⁻¹; é resistente ao "cowpea severe mosaic virus" (CpSMV, vírus do mosaico severo do caupi) e altamente resistente a uma estirpe de "cucumber mosaic virus" (CMV, vírus do mosaico do pepino) (PAIVA et al., 1990).

No nordeste brasileiro, onde essa leguminosa é plantada em praticamente todos os municípios, os agricultores enfrentam adversidades como baixa fertilidade de solos, ervas

daninhas, má distribuição de chuvas e problemas com diversas pragas no campo, as quais proporcionam baixo rendimento à cultura (SILVA et al., 2004).

Até há pouco tempo, o feijão-caupi era uma cultura explorada em padrões tradicionais e com mercado restrito. Nos últimos anos, felizmente, vem adquirindo maior expressão econômica. Seu cultivo é feito tanto por pequenos como médios e grandes produtores, que utilizam alta tecnologia, e seu mercado vem expandindo além das fronteiras das regiões Norte e Nordeste (FREIRE FILHO et al., 2005).

2.2 Resíduos na Agricultura

O aumento do custo dos fertilizantes comerciais e a crescente poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de C e nutrientes. Isso gera aumento na demanda por pesquisas para avaliar a viabilidade técnica e econômica dessa utilização (MORAL et al., 2005).

Atualmente, a indústria atingiu patamares mais elevados da produção em toda sua história. O acelerado avanço tecnológico associado a um intenso processo de urbanização implica em problemas ambientais, tais como a exploração predatória de recursos naturais e a falta de medidas de controle no lançamento de resíduos proveniente da produção, embalagens do próprio produto e o descarte do mesmo (CABRAL e MORIS, 2010).

Existe a possibilidade de reduzir a utilização de fontes não renováveis na agricultura, juntamente com a necessidade de disposição adequada de resíduos orgânicos no meio ambiente, através da ciclagem de nutrientes e energia usando materiais atraentes em termos econômicos, agrícolas e ambientais. Além da possibilidade de ciclagem de nutrientes e redução de custos, resíduos orgânicos têm o potencial para substituir os materiais não renováveis utilizados na produção de plantas (BENITO et al., 2005).

Tendo em conta a diversidade de resíduos orgânicos, existe a necessidade de caracterizar esses materiais orgânicos para preparar misturas e substratos adequados para o crescimento das plantas. A caracterização permite a separação de potenciais resíduos agronômicos, a partir de materiais que representam um risco de contaminação ao meio ambiente. Além disso, resíduos com um risco mais elevado para as plantas podem ser diluídos ou alterados para aumentar a eficiência agronômica (MELO e SILVA, 2008). Uma grande diversidade de resíduos orgânicos, oriundos das atividades humanas são gerados diariamente e demandam pesquisas para avaliar a viabilidade técnica, econômica e ambiental do seu uso

agrícola (HIGASHIKAWA et al., 2010). A origem dos resíduos orgânicos antropogênicos pode ser classificado em animal, vegetal, urbana, industrial e agroindustrial (SILVA, 2008). Entre as opções disponíveis, o utilizar para fins agrícolas é certamente o mais interessante do ponto de vista econômico, ambiental e social, e a reciclagem de resíduos tem um benefício inquestionável, uma vez que minimiza o problema ambiental causado pelo descarte inadequado (PIRES e MATTIAZZO, 2008).

A eficiência residual dos nutrientes sobre o rendimento das plantas depende principalmente de alguns fatores como condições climáticas, tipo de solo, capacidade de adsorção e de remoção dos nutrientes pelas culturas (FASSBENDER, 1980).

Muitas vezes os sistemas de cultivo na agricultura familiar são caracterizados pela contínua retirada da produção sem práticas que reponham os nutrientes retirados pelas plantas, o que causa deterioração das características físicas, químicas e biológicas dos solos em decorrência da redução dos teores de matéria orgânica e dos nutrientes (PEREZ-MARIN et al., 2006).

O emprego de fertilizantes químicos nos sistemas de produção na agricultura familiar é muito reduzido devido ao custo dos fertilizantes e ao risco proporcionado pela variabilidade do regime de chuvas (SAMPAIO et al., 1995). Por este motivo, o manejo da fertilidade do solo em sistema de agricultura familiar depende principalmente do manejo da matéria orgânica (TIESSEN et al., 1992).

A dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) é governada principalmente pela adição de resíduos orgânicos diversos e pela contínua transformação destes sob ação dos fatores: físicos, químicos, biológicos, climáticos e do uso e manejo da terra (FELLER, 1997). Dentre os principais fatores pode-se destacar a temperatura, umidade, pH, disponibilidade de nutrientes, relação C/N do resíduo do vegetal, microorganismos, mesofauna e o conteúdo de lignina (OADES, 1988), distúrbios do solo pelo cultivo, teor e tipo de argila, drenagem do solo, acidez e disponibilidade de nutrientes também podem interferir na dinâmica da matéria orgânica no solo (GREENLAND et al., 1992).

Ao adicionar resíduos orgânicos ao solo, as cargas negativas do mesmo aumentam, e com isso, há uma maior disponibilidade dos nutrientes às plantas. Além de minimizar os efeitos adversos ao solo e ao meio ambiente em razão do uso dos fertilizantes sintéticos (SALCEDO, 2004).

O uso de resíduos orgânicos, por conterem altos teores de matéria orgânica, contribui para maior armazenamento de C no solo, aumento da CTC, maior complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, melhoria da estrutura, maior infiltração e retenção de

água, aumento da aeração e da atividade e diversidade microbianas (CERETTA et al., 2003; ROCHA et al., 2004), constituindo-se, assim, em componentes fundamentais para o aumento da capacidade produtiva do solo.

Por se tratar de fontes importantes de matéria orgânica, há também a necessidade de conhecer melhor as diferentes frações orgânicas presentes nesses resíduos, visto que o grau de humificação e a presença de moléculas orgânicas de maior biodisponibilidade são fatores determinantes da capacidade desses materiais em adsorver cátions e em liberar nutrientes para as plantas.

A utilização agrícola de resíduos sólidos, como adubo orgânico, deve ser realizada segundo critérios técnicos. Nesse caso, a quantificação dos teores de N mineral e de N potencialmente mineralizável presente nos resíduos orgânicos é critério importante para definir as doses de resíduos a serem adicionadas nas lavouras (ABREU JÚNIOR et al., 2005).

Os agrossistemas necessitam da conservação do solo para poder produzir a longo prazo e em grande escala, para isso a manutenção da matéria orgânica em regiões semiáridas é um dos fatores principais para o desenvolvimento da produção sustentável. De acordo com Stewart e Robinson (1997) a matéria orgânica no solo é extremamente importante em todos os processos biológicos, físicos e químicos. Pois a redução da matéria orgânica no solo indica queda de qualidade no mesmo.

2.3 Resíduos Oriundos do Processamento do Café

São muitos os resíduos orgânicos de origens urbana, industrial e agrícola que podem ser usados na agricultura, sendo exemplos: esterco de bovino, de galinha e de suíno, torta de mamona, adubos verdes, turfa, lodo de esgoto, resíduos oriundos da fabricação de álcool e açúcar, compostos orgânicos, resíduos do processamento de frutos, etc. Em relação à matéria orgânica, o teor de substâncias húmicas e, por conseguinte, o estágio de humificação dos resíduos de uso agrônômico são variáveis e exercem influência sobre a biodisponibilidade desses materiais em solo (MORAL et al., 2005).

As atividades industriais ao longo da cadeia de produção do café dão origem a diversos subprodutos e resíduos, cuja disponibilidade e utilização estão sendo objeto de vários estudos em diversas instituições do país e do mundo (WOICIECHOWSKI et al., 2000).

O Brasil é o maior produtor mundial de café com uma produção estimada em torno de 48,45 milhões de sacas de 60 quilos do produto beneficiado para o ano de 2014 (CONAB, 2013).

Estudos relacionados com a composição química das borras de café sugerem que esta depende da espécie de grão de café e grau de torrefação usada na fabricação do café solúvel (SOARES, 2011). A casca seca do grão de café, o que inclui a casca propriamente dita e a polpa seca da fruta, se constitui no resíduo do processamento. A casca de café é particularmente rica em carboidratos, proteínas e minerais (especialmente potássio) e também contém quantidade considerável de taninos e polifenóis (WOICIECHOWSKI et al., 2000). Segundo Seiter e Horwath (2004), a busca pela melhoria na qualidade de produção e a necessidade de reduzir custos tem contribuído para aumentar o uso de resíduos orgânicos na produção agrícola.

No Brasil, a forma mais comum de preparo do café é por via seca, em que o fruto é seco na sua forma integral, resultando em resíduos formados por casca e pergaminho, fornecendo um rendimento de 50% do peso colhido. A grande maioria das pesquisas realizadas com resíduos do café foi feita com a polpa e, em menor número, com a casca ou pergaminho, no entanto as composições da casca e da polpa são semelhantes (CAIELLI, 1984).

Na fabricação do café solúvel, o grão de café verde entra no processo de torrefação onde é submetido a uma temperatura entre 180°C e 230°C durante certo intervalo de tempo. Nesta fase os grãos de café sofrem reações de pirólise, que levam à formação de substâncias responsáveis pelas suas qualidades sensoriais, acompanhadas por alterações físicas importantes. O café torrado é moído, seguido de uma extração à 100 °C. Desta extração, a parte solúvel segue para processos de secagem e produção do café solúvel em pó ou aglomerados e a parte insolúvel (subproduto) são as chamadas borras de café (SOARES, 2011).

No processo industrial para obtenção do café solúvel gera-se uma quantidade considerável de borra (para cada tonelada de café verde obtém-se aproximadamente 480 kg de borra), que é considerado como resíduo sólido e usualmente utilizada para gerar energia nas caldeiras (ADANS DOUGAN, 1985).

A quantidade de resíduos gerados no processo de beneficiamento do café ocorre na proporção de 1:1 em relação à produção, ou seja, a cada safra a quantidade de café beneficiado é igual à quantidade de resíduos gerados pelo seu beneficiamento (BRUM, 2007). Sendo assim, na safra 2011 as 43,5 milhões de sacas de café beneficiadas (CONAB, 2011) podem ter gerado aproximadamente 2,6 milhões de toneladas de palha de café. A palha ou o resíduo gerado durante o beneficiamento de café é composto de epicarpo (casca), mesocarpo (polpa ou mucilagem), endocarpo (pergaminho) e película prateada (MATIELLO, 1991).

Os principais resíduos da cultura são a polpa, a casca, a mucilagem e a água residual. A utilização de resíduos do café tem sido visto nos países produtores como uma prioridade, tanto por razões ecológicas como por razões econômicas e sociais (GOMES-BRENES et al., 1988). Esforços são realizados para reciclá-los, através da elaboração de compostagens, produção de fertilizantes orgânicos, biogás e utilização na alimentação animal, como fonte de energia (PULGARIN et al., 1991).

Dentre os resíduos, o mais estudado em nível mundial é a polpa de café. Este é um subproduto obtido durante o processamento, com grande capacidade poluente. Em alguns países é utilizada como fertilizante (DONKOH et al., 1988). De acordo com alguns trabalhos, a polpa contém cerca de 6,5% de pectina, 23 a 27% de açúcares fermentáveis (peso seco), principalmente frutose (10 a 15%), sacarose (2,8 a 3,2%) e galactose (1,9 a 2,4%) (ANTIER et al., 1993).

De acordo com Sater et al. (2011) os teores de cinza apresentados pelos carvões derivados da casca do café são muito altos, quando comparados com os teores de cinza apresentados pelos carvões derivados dos resíduos da fresa de madeira e da lenha de *E. grandis*. Segundo Vale et al. (2007), altos teores de cinza provocam reduções nos teores de carbono fixado no carvão vegetal e estão relacionados com a presença de quantidades e qualidades de diferentes minerais presentes na biomassa, tais como cálcio, potássio, fósforo, magnésio, ferro, sódio, entre outros, que fazem aumentar os teores de cinza.

Pesquisas desenvolvidas por FAN et al. (2000) utilizando casca e borra de café na adubação de cogumelos concluíram que é viável utilizar estes subprodutos sem qualquer suplementação de nutriente para cultivo de *F. velutipes* LPB 01. A borra de café demonstrou ser um substrato mais satisfatório para o cultivo desse cogumelo do que a casca.

De acordo com Lima et al. (2007) a cafeína e os fenóis encontrados no grão do café, são metabólitos secundários que propiciam efeitos alelopáticos em diversas espécies vegetais. Segundo relatos de Fan et al. (2003) houve redução do crescimento do cogumelo comestível *Pleurotus ostreatus* quando cultivados em resíduos de café, devido ao efeito do tanino.

Segundo Chou e Waller (1980) sementes de cafeeiro possuem diversos alcalóides, tais como cafeína, theobromina, theofilina e paraxantina, além dos ácidos clorogênico, ferúlico, cumárico, cafêico e vanílico. Conforme Rosa et al. (2006) a cafeína quimicamente conhecida como 1,3,7-trimetilxantina é o alcaloide encontrado em maior quantidade em diversos tecidos e órgãos do cafeeiro, principalmente nas sementes, flores e folhas.

Em trabalho desenvolvida por Assis et al. (2011) com o objetivo de avaliar o desenvolvimento de um híbrido de orquídea em substratos à base de casca de café, observou que, a casca de café pode ser utilizada como substrato em substituição ao xaxim especialmente em mistura com coco em pó ou casca de arroz carbonizada, não sendo indicada como substrato único, pois ocorre redução no desenvolvimento da planta.

Embora a função fisiológica da cafeína, assim como de outros alcaloides em plantas, ainda não esteja totalmente esclarecida, diversos estudos indicam que esta age como agente alelopático, anti-herbívoro, molécula armazenadora de nitrogênio ou possível envolvimento com a resistência às doenças (MAZZAFERA et al., 1996).

Extratos aquosos de tecidos de plantas de *C. arabica*, como folhas, caules e raízes, inibiram a germinação e o crescimento de radículas de arroz e alface; o crescimento de plântulas de alface foi inibido mesmo em concentrações de 1% dos extratos aquosos, os quais continham cafeína dentre outros constituintes alelopáticos (CHOU e WALLER, 1980). Segundo os autores, foram identificados nestes extratos diversos componentes como cafeína, theobromina, theofilina, paraxantina e os ácidos clorogênicos, ferúlico, cumárico e caféico, sendo que, exceto este último, todos exibiram efeito alelopático, em uma concentração de 0,01%.

2.4 Efeito Residual dos Adubos Orgânicos

Quando adicionada ao solo, a matéria orgânica, de acordo com o grau de sua decomposição, pode ter efeito imediato ou efeito residual, por meio de um processo mais lento de decomposição (RODRIGUES et al., 2008). Dessa forma, ela possibilita a liberação dos nutrientes à planta de acordo com a sua exigência (MELLO et al., 2000).

Um importante aspecto a ser considerado quando se estuda o efeito de adubos sobre o desenvolvimento de plantas, especialmente os adubos orgânicos, é o efeito residual da adubação anterior, uma vez que o custo e a baixa disponibilidade de adubos não permitem a fertilização anual dos solos (SANTOS et al., 2010).

A avaliação do efeito residual dos adubos orgânicos é considerada importante em função do fornecimento de informações sobre como ocorre a liberação dos nutrientes aplicados via esses resíduos nos cultivos posteriores. A fração mineral está prontamente disponível para as plantas enquanto a fração orgânica necessita sofrer transformações enzimáticas através do processo de mineralização, disponibilizando, assim, os nutrientes contidos nos resíduos (TEDESCO et al., 1999; CQFS-RS/SC, 2007).

A diferença no tempo de decomposição dos dejetos resulta em diferentes períodos de liberação de nutrientes no solo. Assim, o aproveitamento dos nutrientes depende dessa facilidade de decomposição, de suas características químicas e das condições do meio (pH) onde se encontram (LARCHER, 2000).

A matéria orgânica adicionada ao solo não disponibiliza, de imediato, as quantidades totais dos nutrientes para as plantas. Desse modo, quando é impossível suprir as necessidades da cultura de maneira equilibrada, a aplicação contínua de fertilizantes orgânicos tende a favorecer o acúmulo gradual dos nutrientes no solo, propiciando um efeito residual para os cultivos subsequentes. Uma alternativa também pode ser o uso de adubos minerais com o objetivo de complementar os nutrientes que se encontram ausentes (SCHERER et al., 1996).

A eficiência residual dos nutrientes sobre o rendimento das plantas depende principalmente de alguns fatores como condições climáticas, tipo de solo, capacidade de adsorção e de remoção dos nutrientes pelas culturas (SANCHEZ, 1981). Em geral, se considera que no terceiro cultivo agrícola os nutrientes que foram aplicados via adubação orgânica se encontram mineralizados (SANTOS, 2001).

O potássio aplicado via fonte orgânica se comporta como fonte mineral, sendo totalmente disponível para a primeira cultura por não fazer parte de compostos orgânicos que necessitam ser mineralizados (CQFS-RS, 2007).

O efeito residual da adubação com compostos orgânicos sobre o crescimento e produção de alface *Lactuca* sp. foi estudado por Santos et al. (2001) os autores constataram que a adubação orgânica propicia efeito residual sobre a produção do cultivo entre os 80 a 110 dias após a aplicação de adubação orgânica. Além disto, a elevação da dose de adubação orgânica promoveu o aumento nos teores de bases, de fósforo e na capacidade de troca de cátions do solo (CTC). Já a adubação mineral não propiciou efeito residual sobre a produção de alface.

Após avaliarem durante anos o cultivo de gergelim (*Sesamum* sp.) sob adubação orgânica, Pereira et al. (2002) constataram que os anos de cultivo afetaram significativamente o rendimento do gergelim e também parâmetros como a altura da planta. Isso mostra a interação entre os adubos orgânicos e as condições do ambiente, o que se justifica pela necessidade de mineralização da maior parte dos nutrientes.

2.5 Potássio

O potássio (K) é o sétimo elemento mais comum que ocorre na crosta terrestre, estando largamente distribuído, mas devido à sua alta reatividade e afinidade com outros elementos nunca ocorre em sua forma elementar. Ocorre em rochas, solos, oceanos, lagos e salinas residuais de lagos salgados. Teores mais elevados são observados nos minerais evaporíticos e nos silicatos de potássio (OLIVEIRA e SOUZA, 2001).

Cerca de 95% da produção mundial de potássio é utilizada na fabricação de fertilizantes, sendo desses, 90% são para a fabricação de cloreto de potássio (KCl) e 5% para a fabricação de sulfato de potássio (K₂SO₄) (NASCIMENTO et al., 2008; MARTINS et al., 2008).

O território brasileiro é constituído, na sua maior parte, por solos ácidos e pobres em nutrientes, como o potássio (K). Para torná-los produtivos, são utilizadas quantidades elevadas de fertilizantes, que englobam cerca de 40% dos custos variáveis de produção. Há, contudo, a necessidade de se buscar alternativas econômicas aos fertilizantes tradicionais (MARTINS, 2008).

Cerca de 92% do potássio consumido na agricultura brasileira é importado do Canadá, Rússia ou Alemanha, especialmente sob a forma de cloreto de potássio (KCl), criando assim, uma forte dependência econômica e política. Em 2007, foram produzidas 471 mil toneladas de K₂O, correspondendo 11% da demanda nacional, que atingiu 4,7 Mt. A importação para atender o consumo foi de 4,1 Mt, equivalendo a US\$ 1,5 bilhão (MARTINS, 2008). Segundo o mesmo autor, há previsões de que a demanda brasileira de K₂O cresça 50% até 2015, ou seja, um consumo da ordem de 7,0 Mt naquele ano. O aumento recente dos preços internacionais dos fertilizantes tende a agravar o déficit comercial.

O Brasil é o décimo maior produtor de Potássio, com produção aproximada de 417 mil toneladas em 2010. Esse volume representa 1% da produção mundial estimada, de 33 milhões de toneladas. O Canadá é líder em produção, com 9,5 milhões de toneladas. A produção de Potássio fertilizante no Brasil foi iniciada em 1985. A crise mundial de 2009 aliviou as compras pelo Brasil de cloreto de potássio que em 2008 bateram o recorde com importações de US\$ 3,8 bilhões, uma vez que o País não produz o quanto necessita. A quantidade importada em 2010 alcançou 6 milhões de toneladas, sendo 76% maior do que o volume de 2009, que foi de 3,4 milhões de toneladas. O custo para o País com a importação de Cloreto de Potássio, em 2010, foi de US\$ 2,2 bilhões. Em termos mundiais, mais de 95%

da produção de Potássio são utilizados como fertilizante, sendo 90% dessa produção apresentados na forma de Cloreto de Potássio o restante é consumido pela indústria química.

O Brasil é o maior consumidor de potássio. A produção brasileira, embora tenha crescido nos últimos anos, está ainda muito abaixo da demanda interna, de modo que a produção supre, apenas, 9% dessa necessidade. É pouco provável que o Brasil se torne auto suficiente em potássio, a não ser que novas jazidas com elevada capacidade produtiva sejam descobertas. A dependência brasileira do potássio importado agrava-se consideravelmente em decorrência da expansão da fronteira agrícola, nas últimas duas décadas, principalmente nas áreas originalmente sob vegetação de Cerrado (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 2011).

O potássio é considerado um nutriente essencial para o desenvolvimento dos vegetais, o suprimento inadequado de um elemento essencial, resulta em um distúrbio nutricional que se manifesta por sintomas e deficiências características (TAIZ e ZEIGER, 2013). Também é considerado o primeiro nutriente em ordem de extração nas culturas, pela sua contribuição na formação e translocação de carboidratos, uso eficiente da água pela planta, equilibra a aplicação de nitrogênio, além disto, facilita a absorção de outros nutrientes como o cálcio (CIANCIO, 2010).

As plantas absorvem rapidamente o potássio na forma disponível e este move-se prontamente dos tecidos mais velhos para os mais novos, razão pela qual os sintomas de deficiência aparecem primeiramente nas folhas mais velhas. Ao contrario do N, P e outros nutrientes essenciais o K não participa da estrutura molecular das plantas, mesmo sendo um nutriente essencial, e estando desvinculado dessa estrutura influencia significativamente o seu desenvolvimento (NOGUEIRA et al., 2001).

O potássio na solução do solo encontra-se na forma iônica K^+ , forma esta absorvida pelas raízes das plantas. Concentrações elevadas de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e amônio (NH_4^+) reduzem a absorção de K por inibição competitiva, embora baixas concentrações de Ca apresentem um efeito sinérgico (MALAVOLTA, 1980).

A disponibilidade de K não trocável, em solos, está associada à mineralogia das frações texturais (MELO et al., 2003) e, nos solos tropicais bastante intemperizados, espera-se que estas correspondam às frações mais resistentes ao intemperismo como a areia. Por outro lado, a disponibilidade hídrica dos solos também pode alterar a dinâmica das formas de K, tendo em vista que as raízes interceptam o nutriente, na solução do solo, por meio de processos difusivos (MENGEL e KIRKBY, 1987).

No que concerne ao mecanismo de suprimento às raízes, o potássio mostra semelhança com o fósforo pelo fato de ambos serem transportados por difusão até a zona de absorção; no entanto, o teor de potássio na solução do solo pode atingir concentrações elevadas, conferindo-lhe maior mobilidade em relação ao fósforo (COSTA et al., 2009).

Barber (1974) se refere à difusão como o principal mecanismo de transporte do potássio da solução do solo para as raízes das plantas, responsável por 86% do seu suprimento, com o fluxo de massa e a intercepção radicular representando 11 e 3%, respectivamente.

O acúmulo desse nutriente nas raízes das plantas produz um gradiente de pressão osmótica que puxa a água para dentro das raízes. Portanto as plantas deficientes em K são menos capazes de absorver água em condições de baixo suprimento. O balanço de cargas elétricas no sítio de produção de ATP é mantido com íons de potássio, quando as plantas estão deficientes em K, as taxas de fotossíntese e de produção de ATP são reduzidas, diminuindo também todo o metabolismo dependente de ATP (NOGUEIRA et al., 2001).

A concentração de potássio nas células-guardas aumenta várias vezes quando os estômatos abrem: de 100 mM, quando fechados para 400 a 800 mM, quando abertos, dependendo da espécie vegetal e das condições experimentais. Na maioria das espécies, essas grandes alterações de concentração de K são equilibradas eletricamente pela variação das quantidades de ânions Cl^- e malato²⁻ (TALBORTT et al., 1996).

O potássio e o cloreto são trazidos para dentro das células guardas via mecanismo de transporte secundário acionado pelo gradiente de potencial eletroquímico de H^+ gerado pela bomba de prótons (TAIZ e ZAIGUER, 2013).

O K estimula o desenvolvimento da raiz, o alongamento dos colmos, ativa cerca de 60 enzimas, controla a turgidez das plantas, o transporte de açúcar e amido, auxilia na formação de proteína, oferece a planta maior resistência às doenças, propicia melhor qualidade aos produtos vegetais (NOGUEIRA et al., 2001).

O primeiro sintoma visível de deficiência de potássio é clorose em manchas ou marginal, que, então, evolui para necrose, principalmente nos ápices foliares, nas margens e entre nervuras (TAIZ e ZAIGUER, 2013).

Plantas deficientes caracterizam-se por crescimento lento, raízes pouco desenvolvidas, caules fracos e muito flexíveis e 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). As células de plantas deficientes em potássio

podem ser delgadas e fracas, com regiões internodais anormalmente curtas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

No 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 (MELO et al., 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área

O trabalho foi desenvolvido em Casa de Vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, localizado geograficamente na latitude 3°44' ao sul do equador e longitude 38°33' ao oeste de Greenwich com altitude 19,5 m.

3.2 Implantação do experimento

Como substrato para a constituição dos tratamentos foi utilizado solo coletado na camada de 0-20 cm do perfil na Área Didática do Departamento de Fitotecnia cujas características químicas e físicas podem ser observadas na (Tabela 1). Em seguida o material foi peneirado, visando à retirada de materiais indesejados presentes no solo, após isso o solo foi posto para secar por 15 dias no interior da casa de vegetação, visando a redução na incidência de fungo presente no solo.

O resíduo oriundo do processo de torrefação do café, cujas características químicas estão presentes na Tabela 2, foi produzido no município de Eusébio, localizado na região metropolitana de Fortaleza - CE. O mesmo é obtido após processo de beneficiamento do café onde o grão que é torrado moído e embalado é separado das demais partes que o constituem (casca, polpa e pergaminho), esses subprodutos que correspondem a 50% do café, são utilizadas como fonte de energia para gerar calor e assim torrar o grão, a uma temperatura de 270°C, após esse processo o volume de cinzas gerados é muito alto, de acordo com os funcionários da empresa (grupo três corações) são gerados semanalmente 2250 kg do produto úmido, correspondendo a 9000 kg por mês.

Tabela 1 - Características físicas e químicas do solo utilizado como substrato para constituição dos tratamentos utilizado como fonte de potássio pra a cultura do feijão caupi

Atributos Químicos do Solo														S	T	PST	C/N
pH	CE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	Na ⁺	H ⁺ Al ³⁺	P ⁵⁺	V	M	C	N ₂	M.O.				
H ₂ O	dS m ⁻¹cmolc kg ⁻¹					Mg/kg ¹	...%....g/kg.....								
6,9	0,48	1,5	0,30	0,1	0,1	0,15	0,99	14	67	5	3,90	0,40	6,72	2	3	5	10
Atributos Físicos do Solo																	
Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural	Umidade			Densidade do solo	Densidade da partícula	Classificação textural							
.....g kg ⁻¹					0,033MPa	1,5MPa	Água útilg/cm ³									
392	494	62	52	23	3,51	3,48	0,03	1,64	2,65	Areia							

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Planta do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.

Tabela 2 - Características químicas do resíduo do café utilizado como fonte de potássio para produção do feijão caupi

Atributos Químicos do Resíduo do Café												
.....g/kg ⁻¹mg/kg ⁻¹						
N	M.O.	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	
12,9	331,2	7,1	16,3	83,3	101,6	48,6	28,7	4.632,9	216,9	71,9	219,5	

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Planta do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.

A unidade experimental foi representada por um vaso plástico, contendo 22 kg do substrato seco ao ar, sendo necessário um total de 48 vasos. Na base inferior do vaso foi conectado uma mangueira plástica com diâmetro de 4 mm permitindo assim a drenagem do excesso da água aplicada na irrigação. Para que não ocorresse à obstrução da mangueira foi colocada uma tela como proteção e 2 litros de brita no fundo do vaso.

Previamente a semeadura e adubação todos os vasos foram elevados a capacidade de campo, para isso foi utilizado 4 litros de água.

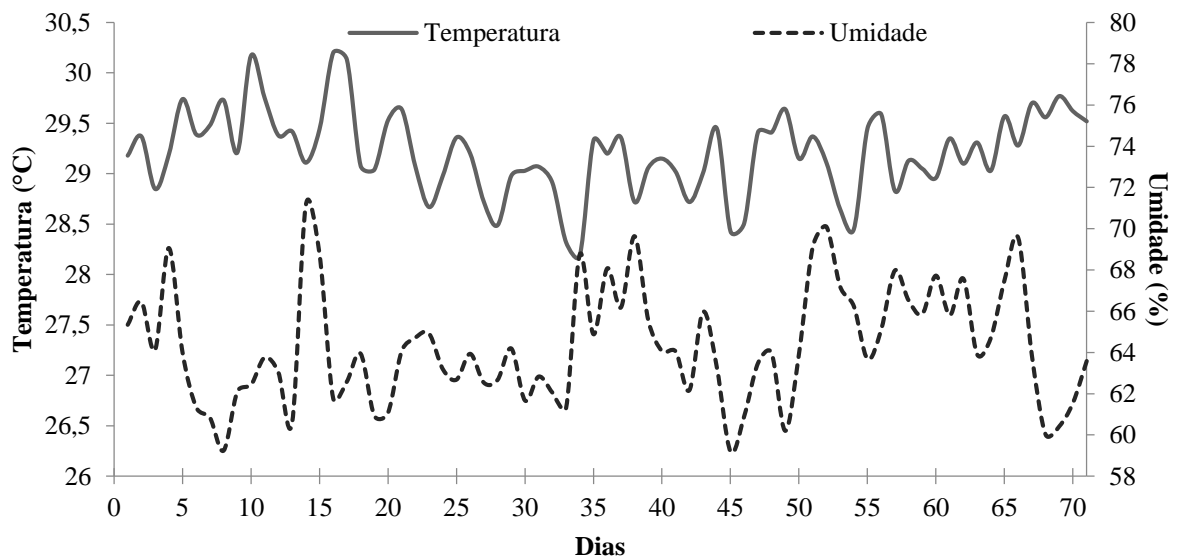
Antes da semeadura foi realizada a pesagem dos adubos conforme os tratamentos que foram definidos pela combinação de duas fontes (cloreto de potássio e rejeito do processo de torrefação do café) e seis níveis (0; 50; 100; 150; 200 e 250 kg ha⁻¹) de potássio, perfazendo 12 tratamentos. Além da fonte de potássio foi utilizado 0,39g de nitrogênio na forma de ureia de 2,68g de fósforo na forma de P₂O₅.

A adubação e semeadura foram realizadas no mesmo dia (24 de julho de 2012), sendo colocadas seis sementes por vaso da variedade Setentão safra 2011. As sementes foram adquiridas na Fazenda Experimental Vale do Curu/FEVC, em Pentecoste-CE, pertencente à Universidade Federal do Ceará. Quatro dias após a semeadura ocorreu o processo de emergência das plântulas. O desbaste foi realizado 10 dias após a semeadura (04 de agosto de

2012), permanecendo apenas as duas plantas mais vigorosas por vaso. Uma das plantas foi destinada a avaliação das características vegetativas e produtivas (marcada com um fitilho), a outra planta foi utilizada para quantificação dos teores de N, P, K no tecido foliar sendo coletada previamente a floração. As análises de comprimento da parte aérea, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar foram realizadas a partir dos 14 dias após semeadura. A floração se iniciou aos 40 DAS e aos 43 DAS uma das plantas presente no vaso foi coletada para determinação da concentração de nutrientes (N, P, K) nas folhas.

As médias de temperatura e umidade interna da casa de vegetação, observados durante a condução do primeiro ciclo estão presente na Figura 1. Esses valores foram obtidos através Data Logger de Temperatura e Umidade modelo USB HT-500. Os dados do segundo ciclo não puderam ser obtidos em função de problemas apresentados no equipamento, que não permitiu o registro da temperatura e umidade ao longo do ciclo, no entanto em ambientes de cultivo protegido a variação da temperatura conforme a época do ano não variam consideravelmente.

Figura 1 - Temperatura média (—) e Umidade relativa (----) presentes na casa de vegetação durante a condução da pesquisa



Fonte: Próprio autor.

A irrigação foi realizada diariamente em cada vaso de forma precisa com auxílio de uma proveta, de acordo com a necessidade da planta, sempre mantendo o recipiente na capacidade de campo. Uma vez na semana a irrigação foi realizada até que ocorresse a drenagem dos vasos (Figura 2), ou seja, a irrigação foi realizada além da capacidade de campo

de cada vaso até que ocorresse escoamento do acesso de água pela mangueira acoplada no vaso. No dia seguinte a quantidade de água drenada coletada em garrafa pet era quantificada com auxílio de uma proveta e retornada ao tratamento de origem para que ao final do ciclo fosse contabilizada a quantidade de água necessária para o desenvolvimento da cultura em total ausência de restrição hídrica.

Figura 2 - Irrigação e drenagem dos vasos dos vasos do feijão caupi, submetidos a diferentes doses de cloreto de potássio e resíduos do processo de torrefação do café



3.3 Segundo Cultivo

Após a conclusão do primeiro experimento foi realizado um segundo cultivo com o objetivo de avaliar o efeito residual da adubação do primeiro cultivo não sendo realizado mais nenhum tipo de adubação no substrato. No segundo cultivo foram analisadas as mesmas variáveis realizadas no primeiro ciclo.

O segundo ciclo foi implantado em abril de 2013, (180 dias após o primeiro experimento), onde foi seguida a mesma metodologia utilizada no primeiro cultivo.

3.4 Características Avaliadas

Durante o ciclo da cultura na planta marcada com um fitilho foi realizado o acompanhamento do crescimento, sendo aferido semanalmente o comprimento da haste (CH) principal, com auxílio de uma trena milimétrica e o diâmetro do caule ao nível do solo (DNS),

com paquímetro. Também foi avaliado o número de folhas (NF), considerando folhas somente aquelas que estavam expandidas e com no mínimo de 50% do limbo foliar. A área foliar (AF) foi estimada aos 17 e 60 dias após semeadura (DAS) conforme metodologia descrita por Ashley, Doss e Vennett (1963) e descrita a seguir:

Área foliar (AF), pelas seguintes equações:

$$AF = 0,6597 \times (C \times L) \times N + 2,1745,$$

Sendo:

- AF = área foliar – cm² por planta;
- C = comprimento médio das folhas – cm (média de seis folhas);
- L = maior largura da folha – cm (média de seis folhas);
- N = número de folhas por planta – n^o e;
- AF=Σ(0,6597 (CxL)+2,1745), proposta por (LIMA et al., 2008).

Índice de área foliar (IAF) com os valores absolutos da coleta no experimento foi determinado o índice de área foliar.

$$IAF = AF/A$$

Sendo:

- IAF – índice de área foliar (cm².cm⁻²);
- AF – área foliar (cm²);
- A – área do espaçamento entre plantas (cm²).

Evapotranspiração (ETo/mm)

Através da irrigação realizada diariamente com auxílio de uma proveta com capacidade para um litro, quantificada ao final do ciclo da cultura a quantidade de água perdida pela evaporação e transpiração.

Eficiência no uso da água

$$\text{EUA} = \text{MMST (g)} / \text{Consumo (L)}$$

Sendo:

- EUA – eficiência no uso da água;
- MMST – massa da matéria seca total (g);
- Consumo de água pela cultura durante o ciclo.

Além das variáveis supracitadas foi determinado o índice de colheita (IC), através da relação entre a produção de massa seca economicamente rentável pela massa produzida (LARCHER, 2006), como segue:

$$\text{IC (\%)} = \frac{\text{matéria seca de grão (g)}}{\text{matéria seca total (g)}} \times 100$$

Previamente a floração, a planta não marcada pelo fitilho foi coletada visando à determinação da concentração de nutrientes presentes na folha (N, P, K). As folhas foram lavadas com água destilada e secas em estufa de circulação de ar a 65°C, por 72 horas. Após esse processo o material foi encaminhado ao Laboratório de Análise de Solo, da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia – PB.

- Na planta marcada, no final do ciclo da cultura, foi quantificado:
 - Número de vagens por planta (planta^{-1}): onde foi contado o número total de vagens presentes em cada planta;
 - Comprimento da vagem (cm): realizado com auxílio de uma régua milimétrica;
 - Número de sementes por vagem (vagem^{-1}): foi contado o número total de sementes presentes em cada vagem;
 - Massa das vagens (g): com auxílio de balança de precisão (0,001);
 - Massa das sementes (g): foi realizada a pesagem de todas as sementes presentes na planta;

- Evapotranspiração da cultura: sendo estimada pela diferença entre a quantidade de água aplicada semanalmente nas irrigações e o excesso drenado em cada unidade experimental, expresso em mm planta^{-1} durante o ciclo da cultura.

3.5 Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial duplo 2×6 , sendo duas fontes de potássio (cloreto de potássio e resíduo do café) e seis níveis de adubação (0, 50, 100, 150, 200, 250 kg ha^{-1}). Os resultados de cada cultivo foram submetidos à análise variância. As médias dos tratamentos não quantitativos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os efeitos do potássio foram avaliados por meio de regressão polinomial, testadas pelo teste F ($p < 0,05$). O software utilizado para análise estatística foi o ASISTAT 7.7 Beta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características Vegetativas do Primeiro Cultivo

Na Tabela 3 observa-se o resumo das análises de variância e de regressão das características vegetativas comprimento da haste principal (CH), diâmetro do caule ao nível do solo (DNS), massa seca de folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), área foliar (AF) aos 17 e 60 dias após semeadura, índice de área foliar (IAF) aos 17 e 60 dias após semeadura, evapotranspiração (ETo) e eficiência no uso da água (EUA).

O comprimento da haste principal (Tabela 3) apresentou comportamento semelhante em todos os tratamentos avaliados, onde não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade aos 55 dias após semeadura. Além disso, a variável não se adequou a nenhum modelo de regressão, tanto quando utilizado o cloreto de potássio como o resíduo da torrefação do café. A cultivar Setentão apresenta crescimento indeterminado sendo talvez por esse motivo que não tenha sido observada variação no presente estudo.

O diâmetro do caule ao nível do solo aos 55 dias após semeadura (Tabela 3) apresentou variação significativa entre as fontes, demonstrando que uma das fontes de adubo (KCL ou Resíduo) foi mais eficiente que a outra. Já para os modelos de regressão, não foi observado ajuste nas diferentes doses de adubação analisadas. O diâmetro do caule é fator determinante no desenvolvimento das plantas, estando associada ao tombamento nas fases iniciais de crescimento da planta.

A variável massa seca de folhas (Tabela 3) não apresentou diferença em nenhum dos fatores analisados, assim como também não se adequou a nenhum dos modelos de regressão testados. Já a massa seca do caule apresentou diferença significativa na interação entre os dois fatores, se adequando ao modelo polinomial quadrático de regressão quando utilizado o cloreto de potássio.

A área foliar ($p < 0,05$) e o índice de área foliar ($p < 0,01$) realizados aos 17 dias após semeadura apresentaram variação significativa para a interação entre os fatores, já para as doses apenas o resíduo do café apresentou adequação, sendo para todos os modelos de regressão propostos (Tabela 3). Na segunda avaliação realizada aos 60 dias após semeadura (DAS) foi constatada variação significativa ($p < 0,05$) entre as fontes de adubo para a área foliar e seu índice. Apenas o resíduo do café apresentou adequação ao modelo linear de regressão (Tabela 3).

Foi observada variação significativa na evapotranspiração entre as doses ($p < 0,01$), bem como na interação ($p < 0,05$) entre os dois fatores, sendo que ambas as formas de adubação se adequaram ao modelo linear de regressão (Tabela 3).

O uso eficiente da água que é uma variável de grande importância para a produção em ambientes semiáridos e para a agricultura de sequeiro, está relacionado à massa seca total da planta dividida pelo consumo de água durante todo o ciclo. O uso eficiente da água apresentou variação significativa apenas entre as doses de adubação, demonstrando que ambas as formas de adubação proporcionaram a planta semelhança quanto à eficiência no uso da água (Tabela 3).

Tabela 3 - Fonte de variação (FV), grau de liberdade (gl), comprimento a haste (CH), diâmetro do caule ao nível do solo (DNS), massa seca de folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) aos 17 e 60 dias após semeadura, evapotranspiração (ET_o/mm) e eficiência no uso da água (EUA/g L⁻¹) do feijão caupi, submetidos a diferentes doses de cloreto de potássio e resíduos do processo de torrefação do café no primeiro cultivo

Quadro médio											
FV	gl	CH	DNS	MSF	MSC	AF 17	AF 60	IAF 17	IAF 60	ET _o	EUA
Bloco	3	372,83 ^{ns}	0,88 ^{ns}	21,47 ^{**}	11,16 ^{**}	278934,4 ^{**}	87825,64 ^{ns}	0,0454 ^{ns}	0,12417 ^{ns}	1560,0 [*]	0,102 ^{**}
Fonte	1	630,75 ^{ns}	4,58 ^{**}	1,20 ^{ns}	0,68 ^{ns}	2485523,1 ^{**}	1296164,38 ^{**}	1,878 ^{**}	1,832 ^{**}	1537,3 ^{ns}	0,022 ^{ns}
Dose	5	1500,95 ^{ns}	0,49 ^{ns}	5,29 ^{ns}	3,34 ^{ns}	436498,9 ^{**}	361529,74 [*]	0,097 [*]	0,51112 [*]	2722,8 ^{**}	0,043 ^{ns}
FxD	5	1264,00 ^{ns}	0,38 ^{ns}	4,37 ^{ns}	5,33 [*]	192521,9 [*]	277305,9 ^{ns}	0,0887 ^{**}	0,392 ^{ns}	1507,8 [*]	0,016 ^{ns}
Erro	33	2132,24	0,60	4,60	1,85	61596,2	173278,37	0,0222	0,24499	472,36	0,016
Média		223,50	10,81	7,94	8,55	1424,72	2115,78	0,784	2,516	356,15	0,9175
C.V. (%)		20,66	7,19	27,01	15,89	17,42	19,67	19,01	19,67	6,10	14,06
Regressão KCL											
Linear	1	4897,28 ^{ns}	0,31 ^{ns}	4,85 ^{ns}	1,24 ^{ns}	3663,2 ^{ns}	50194,718 ^{ns}	0,00518 ^{ns}	0,071 ^{ns}	5424,43 ^{ns}	0,0584 ^{ns}
Quadrática	1	32,81 ^{ns}	0,09 ^{ns}	3,84 ^{ns}	13,26 [*]	7301,76 ^{ns}	567235,2 ^{ns}	0,0103 ^{ns}	0,802 ^{ns}	1036,68 ^{ns}	0,02545 ^{ns}
Cúbica	1	864,61 ^{ns}	0,16 ^{ns}	2,01 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1489,99 ^{ns}	47,2611,67 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,668 ^{ns}	367,95 ^{ns}	0,02067 ^{ns}
Erro	33	2132,24	0,60	4,60	1,85	26181,48	219470,62	0,03702	0,3103	703,977	0,01372
Regressão Resíduo do Café											
Linear	1	94,89 ^{ns}	0,79 ^{ns}	2,91 ^{ns}	0,34 ^{ns}	58990,86 ^{**}	1282197,22 [*]	0,6629 ^{**}	1,81285 [*]	6213,16 ^{**}	0,0125 ^{ns}
Quadrática	1	2541,00 ^{ns}	1,01 ^{ns}	12,43 ^{ns}	2,13 ^{ns}	16913,68 ^{**}	68336,97 ^{ns}	0,126 ^{**}	0,0966 ^{ns}	1097,43 ^{ns}	0,085 ^{ns}
Cúbica	1	192,20 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,96 ^{ns}	0,57 ^{ns}	82,56,78 [*]	202658,0 ^{ns}	0,049 [*]	0,286 ^{ns}	211,36	0,0001 ^{ns}
Erro	33	2132,24	0,60	4,60	1,85	1285,37	151223,87	0,00824	0,2138	319,13	0,019

^{ns}, ^{**} e ^{*}: não significativo e significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F.

Fonte: Próprio autor.

No presente estudo não foi observada diferença significativa para o comprimento do ramo principal (Tabela 3). Sendo atribuído ao hábito de crescimento indeterminado e ao porte semi ramador da cultivar Setentão (PAIVA et al., 1990). De acordo com Oliveira et al. (2003), a altura e o número médio de folhas por planta tem pouca importância direta na seleção de planta quando se deseja obter o aumento da produtividade.

Em estudo desenvolvido por Souza et al. (2013) com o objetivo de avaliar o efeito de doses crescentes de potássio (0, 8,5, 17, 25,5 e 34 kg ha⁻¹) no desenvolvimento inicial do feijão de corda preto, os autores observaram diferença significativa na altura de plantas em função das doses de cloreto de potássio utilizadas, os quais atribuíram essa resposta ao hábito de crescimento determinado da cultivar. Lima et al. (2013) observaram resultados semelhantes aos apresentados neste trabalho quanto ao comprimento do caule. A adubação crescente utilizada parece não estar diretamente associada ao crescimento da planta de feijão caupi quando o seu hábito de crescimento se comporta de forma indeterminada.

Pesquisa desenvolvida por Benvindo et al. (2010) avaliando o comportamento de 17 linhagens e 3 cultivares de feijão-caupi, de porte semi-prostrado, não obtiveram diferença significativa para o comprimento do ramo principal entre as cultivares (BRS Paraguaçu, BR 17-Gurguéia, BRS Marataoã) quando realizado em sistema de sequeiro.

No diâmetro do caule foi observada variação significativa ($p < 0,01$) entre as fontes (Tabela 3) de adubo. Segundo Souza et al. (2006) o diâmetro do caule é um item fundamental para a avaliação do potencial de crescimento e desenvolvimento de espécies cultivadas, de acordo com os mesmos plantas que apresentam maior diâmetro do caule são menos susceptíveis a tombamento e apresentam maior produção. Corroborando com a presente pesquisa, Sousa et al. (2013) não observaram variação significativa para o diâmetro do caule em função das doses crescentes de cloreto de potássio. Lima et al. (2013) também não observaram variação significativa no diâmetro do caule aos 30 dias DAE do feijão caupi em função da adubação fosfatada.

A adubação mineral proporciona disponibilidade imediata dos nutrientes para a planta pelo fato dos nutrientes se encontram na forma assimilável. Portanto, as respostas podem ser observadas em um menor espaço de tempo quando comparado aos adubos orgânicos que muitas vezes os nutrientes não se encontram na forma assimilável pela planta e necessita ocorrer o processo de degradação da matéria orgânica, pela ação microbiana e assim proporciona liberação dos nutrientes em sua forma assimilável.

A massa seca de folha (Tabela 3) não apresentou variação em função dos tratamentos analisados, bem como adequação aos modelos de regressão testada. Além disso, a

variável apresentou elevado coeficiente de variação (27,01%). Oliveira et al. (2010) também observaram elevada variação (32,14%) na utilizando adubação potássica para o caupi, o mesmo atribuiu as condições de maior temperatura do ar encontradas dentro do ambiente protegido. O calor pode causar incremento de biomassa, aumento na taxa de transpiração, que funciona como mecanismo fisiológico de dissipação de calor, evitando o aquecimento foliar (RIZHSKY et al., 2002).

A área foliar assim como o índice de área foliar (Tabela 4) realizados ao final do ciclo da cultura (60 dias) apresentaram elevada variação entre as fontes de adubos analisadas. O potássio disponibilizado na forma de cloreto de potássio apresentou maior incremento na área foliar do que o resíduo do café.

Tabela 4 - Diâmetro ao nível do solo (DNS), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) aos 60 dias após semeadura do feijão caupi em função das fontes de adubo testadas no primeiro cultivo

Fontes de adubo	DNS	AF (60 dias)	IAF (60 dias)
KCL	11,12a	2280,11a	2,712a
Resíduo do café	10,40b	1951,46b	2,321b
C.V. (%)	7,19	19,67	19,67

Fonte: Próprio autor.

Os resultados observados na Tabela 4 para as variáveis DNS, AF e IAF aos 60 dias podem ser explicados pela dinâmica da matéria orgânica no solo que apresenta maior complexidade de disponibilidade dos nutrientes para a planta, sendo influenciada por diversos fatores bióticos e abióticos. Os resultados observados na tabela 4 também podem estar associado ao efeito alelopático ocasionado pelo resíduo do café.

A utilização de formulações equilibradas de adubos com NPK tem sido reportada como eficiente na elevação do rendimento de várias culturas. Nos ensaios de Perin et al. (2010) a adubação mineral com NPK, em solo de baixa fertilidade, promoveu aumento na altura das plantas, peso de matéria seca das vagens e das hastes, número de vagens e da produção de grãos na cultura do gergelim.

A adubação mineral, para Sediya et al. (2009) teve efeito aditivo na produção de frutos de pimentão. Pesquisando o efeito da adubação orgânica e mineral na produtividade do milho e nas características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo, Gomes et al. (2005) constataram que a adubação mineral promoveu aumento nos componentes de produção do milho e do nível de fósforo do solo, por outro lado, promoveu redução do tamanho médio dos agregados e redução dos níveis de cálcio, magnésio e potássio.

A associação de fertilizantes orgânicos e minerais é vantajosa, pois, conforme Kiehl (1999), o adubo orgânico pode reter certos nutrientes do fertilizante mineral contra a lavagem pelas águas das chuvas que atravessam o perfil do solo. Segundo o autor, essa retenção é realizada nos solos pela argila e pela matéria orgânica, no caso de solos arenosos a retenção dos nutrientes fica a cargo quase que totalmente da matéria orgânica existente ou a eles adicionada. Sobre isso, Royo (2010) afirma que como os organominerais tem características orgânicas e minerais, as perdas de nutrientes, são reduzidas quase a zero. Assim, com o maior aproveitamento do fertilizante no solo, os gastos com este insumo são reduzidos.

A longo prazo o produtor também reduz custos, pois o adubo organomineral estimula a proliferação de microrganismos benéficos que irá agir na solubilização dos fertilizantes minerais liberando nutrientes para as plantas (ROYO, 2010), além de atuar na reestruturação do solo

A massa seca do caule (Tabela 5) apresentou interação significativa ($p < 0,05$) e as doses de cloreto de potássio se adequaram ao modelo polinomial quadrático de regressão (Figura 2). Foi observada variação na dose de 100 kg ha. Para esta variável onde o resíduo do café apresentou menor acumulo de massa seca do caule, sendo atribuído a disponibilização lenta de nutrientes ao sistema radicular da planta quando utilizado fonte orgânica de adubação.

A área foliar e o índice de área foliar, ambas avaliados aos 17 DAS, apresentaram interação significativa entre os fatores avaliados, demonstrando que houve dependência para essas características em função das formas e doses de adubação. A evapotranspiração que é a quantidade de água perdida pela planta através da transpiração e pela evaporação do solo apresentou interação significativa entre as fontes de adubo e suas respectivas doses (Tabela 5).

Tabela 5 - Interação das características vegetativas massa seca do caule, área foliar e índice de área foliar aos 17 dias após semeadura e evapotranspiração do feijão caupi no primeiro cultivo

Fontes	Doses de adubação (kg/ha)					
	0	50	100	150	200	250
Massa seca do caule (g P ⁻¹)						
KCL	7,89a	9,22a	9,99a	8,48a	9,25a	7,24a
Resíduo	7,50a	8,85a	7,25b	10,36a	8,04a	8,24a
C.V. (%)	15,89					
Área foliar aos 17 dias após semeadura (cm ²)						
KCL	1803,40a	1795,59a	1510,97a	1675,05a	1455,93a	1672,72a
Resíduo	1914,79a	1214,43b	1040,58b	1100,54b	1051,948b	860,70b
C.V. (%)	17,42					
Índice de área foliar aos 17 dias após semeadura (cm ²)						
KCL	0,9633a	1,0427a	0,9389a	1,087a	0,9077a	0,9544a
Resíduo	0,9689a	0,6538b	0,5195b	0,5087b	0,4677b	0,4015b
C.V. (%)	19,01					
Evapotranspiração (mm)						
KCL	368,9193a	385,39a	387,03a	332,47a	368,99a	328,05a
Resíduo	385,2802a	361,88a	339,67b	347,68a	334,55b	334,09a
C.V. (%)	6,10					

Fonte: Próprio autor.

A massa seca do caule apresentou variação entre as fontes de adubação apenas na dose de 100 kg/ha demonstrando que o resíduo do café apresentou comportamento semelhante ao cloreto de potássio nas demais dosagens de adubo (Tabela 5). 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 et al., 2005).

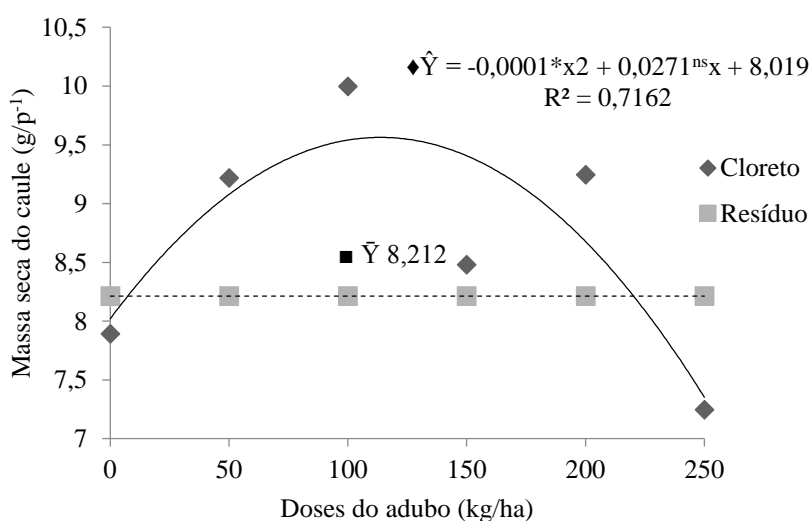
A baixa área foliar e índice de área foliar apresentados pelas plantas adubados com o resíduo do café podem estar associados aos mecanismos de disponibilidade e absorção dos nutrientes pelas plantas, onde nos adubos orgânicos essa disponibilidade se dá de forma lenta e gradual. Além disso, a adubação e semeadura foram realizadas no mesmo dia favorecendo assim uma maior eficiência do cloreto de potássio por se tratar de um sal que é facilmente solubilizado na solução do solo e rapidamente absorvido pela planta e incorporado nos processos metabólicos da mesma. O resíduo necessita da ação microbiana para degradação da matéria orgânica e disponibilização para a planta.

Nas doses de 100 e 200 kg/ha o resíduo apresentou uma menor evapotranspiração sendo explicado em função da menor área foliar, que esta diretamente associada com transpiração, acarretando assim diminuição da massa seca do caule na dose de 100 kg/ha. A

deficiência hídrica é condição comum no Nordeste do País, sendo um dos fatores que comumente reduzem a produtividade do feijão-caupi (MENDES et al., 2007). A planta é classificada como moderadamente tolerante, tanto à deficiência hídrica quanto ao excesso de água no solo (BOYER, 1978). O requerimento de água dessa cultura é variável com o seu estágio de desenvolvimento (LIMA et al., 2006) e aumenta de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e formação de vagens, decrescendo a partir do início da maturação (BASTOS et al., 2008).

O cloreto de potássio quando comparado com o resíduo apresentou maior incremento na massa seca do caule na maioria das doses utilizadas com acumulo máximo da MSC na dose de 100 kg/ha com 9,99 g/planta onde o resíduo apresentou ponto médio de 8,21 g por planta (Figura 2). Este fator está associado a rápida disponibilidade dos nutrientes proporcionados pelos adubos minerais.

Figura 2 - Massa seca do caule do feijão caupi em função de doses de cloreto de potássio e resíduo do café no primeiro cultivo

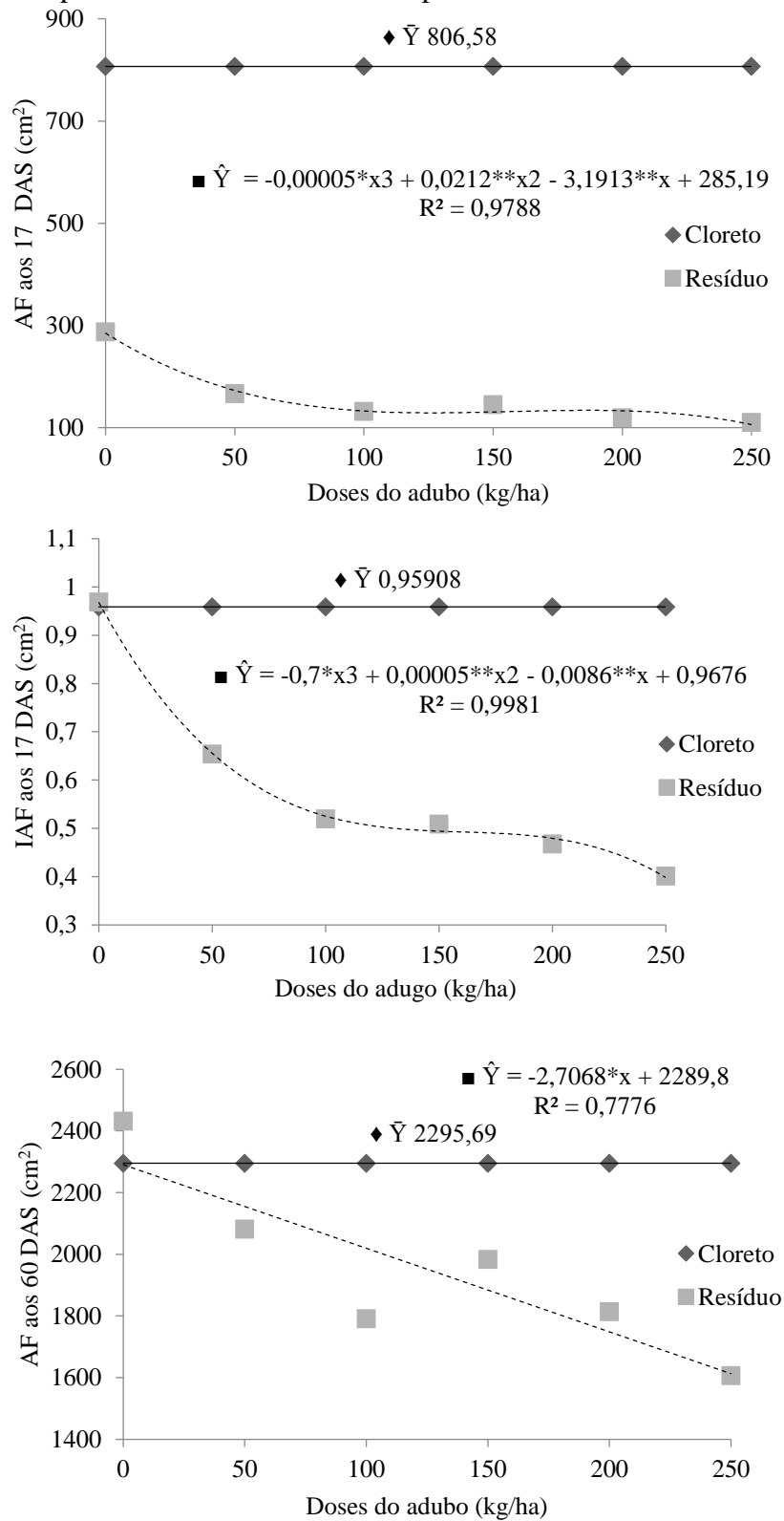


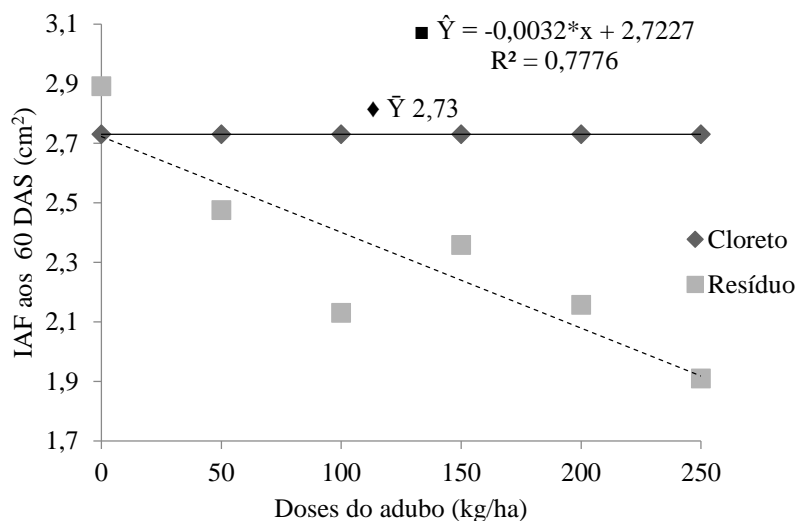
^{NS} e *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

A área foliar e o índice de área foliar (Figura 3) aos 17 e 60 DAS, apresentaram variação significativa apenas para as doses do resíduo do café, que ficaram abaixo dos apresentados pelo cloreto de potássio. O resíduo apresentou adequação ao modelo cúbico de regressão na avaliação realizada aos 17 DAS apresentando diminuição na área foliar e no índice de área foliar em função das doses do resíduo. Quando analisadas aos 60 DAS ambas apresentaram adequação ao modelo linear diminuindo em função das doses de resíduo.

Figura 3 - Área foliar e índice de área foliar do feijão caupi aos 17 e 60 DAS em função das doses de cloreto de potássio e resíduo do café no primeiro cultivo





** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

Fonte: Próprio autor.

Uma provável explicação para tal acontecimento é que o resíduo pode ter gerado influência alelopática, ao qual apresentou diminuição na área foliar e no índice de área foliar ou o suprimento inadequado de nutrientes pode ter ocasionado distúrbios na absorção de água e transpiração pela planta acarretando diminuição na área foliar, uma vez que a evapotranspiração foi menor de forma geral quando utilizados o resíduos do café.

Embora a função fisiológica da cafeína, assim como de outros alcalóides em plantas, ainda não esteja totalmente esclarecida, diversos estudos indicam que esta age como agente alelopático, anti-herbívoro, molécula armazenadora de nitrogênio ou possível envolvimento com a resistência às doenças (MAZZAFERA et al., 1996). De acordo com Lima et al. (2007) a cafeína e os fenóis encontrados no grão do café, são metabólitos secundários que propiciam efeitos alelopáticos em diversas espécies vegetais. Segundo relatos de Fan et al. (2003) houve redução do crescimento do cogumelo comestível *Pleurotus ostreatus* quando cultivados em resíduos de café, devido ao efeito do tanino.

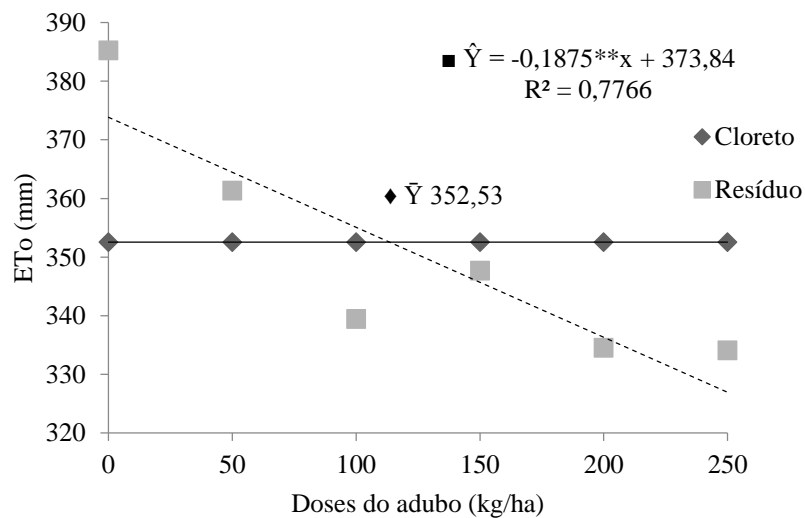
Extratos aquosos de tecidos de plantas de *C. arabica*, como folhas, caules e raízes, inibiram a germinação e o crescimento de radículas de arroz e alface; o crescimento de plântulas de alface foi inibido mesmo em concentrações de 1% dos extratos aquosos, os quais continham cafeína dentre outros constituintes alelopáticos (CHOU e WALLER, 1980). Segundo os autores, foram identificados nestes extratos diversos componentes como cafeína, theobromine, theofiline, paraxantine e os ácidos clorogênicos, ferúlico, cumárico e caféico, sendo que, exceto este último, todos exibiram efeito alelopático, em uma concentração de 0,01%.

Os resíduos vegetais como a casca de café e de arroz são comumente empregados em diferentes cultivos para controle de plantas invasoras (SANTOS et al. 2001). Outro benefício da aplicação de casca de café é fornecer nutrientes para aumentar a produtividade, já que este resíduo é um excelente fornecedor de matéria orgânica, além de ser fonte natural de potássio e nitrogênio. O acúmulo desses resíduos, forma, porém uma cobertura morta no solo com potencial alelopático (SANTOS, 2006) que pode interferir positiva ou negativamente no ecossistema.

Dentre todos os componentes do café, a cafeína é a substância mais estável, ou seja, ela não é destruída pelo processo de torrefação (MONTEIRO e TRUGO, 2005).

A evapotranspiração (Figura 4) apresentou comportamento semelhante ao observado na Figura 3. Esse resultado pode ser explicado em função da diminuição da área foliar que está diretamente associada à transpiração da planta.

Figura 4 - Evapotranspiração do feijão caupi em função de doses de cloreto de potássio e resíduo do café no primeiro cultivo



significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F.

Fonte: Próprio autor.

Com área foliar menor a tendência das folhas é de apresentar menores taxa transpiratória em função do menor número de estômatos presentes na superfície abaxial e adaxial da folha.

Em estudo desenvolvido por Bastos et al. (2008) os autores observaram evapotranspiração de 288,5 mm para a cultura do feijão caupi cultivar BRS-17 Gurguéia para as condições do Vale do Gurguéia no Piauí. Para os mesmos o período reprodutivo constitui o estágio de maior demanda hídrica.

Cavalcante Junior et al. (2012) observaram resultados semelhantes aos apresentados no presente estudo onde a taxa de evapotranspiração média da cultura foi de 5,1 mm.dia⁻¹, com evapotranspiração de todo ciclo de 382,66 mm, para as condições de Apodi no Rio Grande do Norte. Souza et al. (2005) trabalhando com feijão-caupi cultivar Setentão na região litorânea do Ceará, contabilizaram um total de 337,4 mm com média de 5,1 mm.dia⁻¹. Nos estádios fenológicos obteve-se médias de 3,55 mm.dia⁻¹ para a fase inicial, 3,75 mm.dia⁻¹ para a fase de crescimento vegetativo, 7,76 mm.dia⁻¹ para a fase de floração e 7,60 mm.dia⁻¹ para a fase de maturação fisiológica.

4.1.1 Características Produtivas do Primeiro Cultivo

Na Tabela 6 observa-se o resumo das análises de variância e de regressão das características produtivas e nutricionais comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), número de vargens por planta (NVP), massa seca das vargens (MSV), massa seca dos grãos (MSG), índice de colheita (IC) e o teor de N, P, K no tecido foliar do feijão caupi variedade Setentão, submetidos a diferentes doses de cloreto de potássio e resíduos do processo de torrefação do café, no primeiro cultivo.

Os componentes de produção, comprimento de vagem, número de grãos por vagem e massa seca de vargens não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de significância bem como não se adequaram a nenhum modelo de regressão proposto (Tabela 6).

O número de vagem por planta apresentou efeito significativo ($p < 0,01$) para a interação entre os fatores, mas tanto o cloreto de potássio como o resíduo do café não apresentaram ajuste aos modelos de regressão estabelecidos.

Para a massa seca dos grãos não houve efeito significativo em nenhum dos fatores analisados isoladamente como também na interação. Quanto à regressão apenas o cloreto de potássio se adequou ao modelo cúbico. O resíduo do café não apresentou adequação a nenhum dos modelos testados.

Historicamente, o feijão-caupi no Brasil apresenta baixa produtividade de grãos, com média de apenas 355 kg ha⁻¹ (CONAB, 2011). Na safra agrícola 2011/2012 do estado do Ceará, a produção de grãos de feijão caupi atingiu 256,6 mil toneladas, numa área plantada de 612,9 mil hectares e uma produtividade média de 424 kg ha⁻¹ (CONAB 2012).

O índice de colheita que está relacionada à massa de grãos em relação à matéria seca total da planta, foi observado efeito significativo ($p < 0,05$) para a interação, quanto a regressão não foi houve adequação a nenhuma das equações propostas.

Os teores de N foliar não variaram conforme as fontes de adubação assim como também nas doses analisadas. O fósforo apresentou variação significativa ($p < 0,05$) entre as fontes de adubação e ajuste ao modelo linear e quadrático no resíduo do café. Quanto ao potássio que foi o nutriente objeto de estudo da presente pesquisa foi observada variação significativa para as fontes, doses e interação entre os fatores a ($p < 0,05$), ($p < 0,01$), ($p < 0,05$) respectivamente. O cloreto de potássio apresentou ajuste ao modelo linear e quadrático de adubação enquanto o resíduo apenas linear (Tabela 6).

Tabela 6 - Fonte de variação (FV), grau de liberdade (gl), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), número de vargens por planta (NVP), massa seca das vargens (MSV), massa seca dos grãos (MSG), índice de colheita (IC) e N, P, K presentes no tecido foliar do feijão caupi, submetidos a diferentes doses de cloreto de potássio e resíduos do processo de torrefação do café no primeiro cultivo

Quadro médio										
FV	gl	CV	NGV	NVP	MSV	MSG	IC	N	P	K
Bloco	3	0,20 ^{ns}	2,34 ^{ns}	2,72 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,11 ^{ns}	46,81 ^{ns}	516,123 ^{**}	0,548*	2,12 ^{ns}
Fonte	1	6,08 ^{ns}	19,23 ^{ns}	5,33 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,37 ^{ns}	81,3021 ^{ns}	4,83 ^{**}	4,74*
Dose	5	5,43 ^{ns}	7,52 ^{ns}	6,78 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,57 ^{ns}	67,35 ^{ns}	130,92 ^{ns}	0,255 ^{ns}	115,78 ^{**}
FxD	5	1,84 ^{ns}	8,88 ^{ns}	5,98 ^{**}	0,63 ^{ns}	0,63 ^{ns}	11,02*	37,09 ^{ns}	0,27 ^{ns}	20,45*
Erro	33	2,57	6,04	1,31	0,64	0,33	12,22	96,48	0,188	6,67
Média		16,11	11,22	3,83	2,84	2,07	21,10	37,17	1,81	14,35
C.V. (%)		9,96	21,89	29,89	28,18	27,91	16,57	26,42	23,86	17,99
Regressão KCL										
Linear	1	0,83 ^{ns}	1,80 ^{ns}	10,41 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,001 ^{ns}	125,26 ^{ns}	5,496 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	153,077 ^{**}
Quadrática	1	0,012 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,84 ^{ns}	359,187 ^{ns}	0,075 ^{ns}	40,37*
Cúbica	1	10,68 ^{ns}	23,85 ^{ns}	1,60 ^{ns}	1,93 ^{ns}	1,65 ^{**}	2,71 ^{ns}	0,211 ^{ns}	0,218 ^{ns}	2,524 ^{ns}
Erro	33	2,57	6,04	1,31	0,64	0,33	12,22	119,20	0,227	5,394
Regressão Resíduo do Café										
Linear	1	5,30 ^{ns}	14,85 ^{ns}	10,21 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,41 ^{ns}	55,20 ^{ns}	42,21 ^{ns}	0,840*	435,05 ^{**}
Quadrática	1	2,15 ^{ns}	9,30 ^{ns}	1,31 ^{ns}	1,20 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,30 ^{ns}	18,89 ^{ns}	0,903*	2,424 ^{ns}
Cúbica	1	2,63 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,30 ^{ns}	4,366	0,021 ^{ns}	15,37 ^{ns}
Erro	33	2,57	6,04	1,31	0,64	0,33	12,22	28,01	0,135	8,453

^{ns}, ^{**} e * : não significativo e significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F

Fonte: Próprio autor.

O comprimento de vagem não diferiu estatisticamente em função das fontes e doses testadas. Tanto o cloreto de potássio como o resíduo do café não apresentaram ajuste a nenhuma das equações verificadas. Zucareli et al. (2006) avaliando o efeito de doses de fósforo (0, 30, 60, 90, 120 e 150kg ha⁻¹ de P₂O₅) sobre os componentes de produção e produtividade do feijão comum não obtiveram resultado significativo para o comprimento de vagem.

As variáveis número de grãos por vagem e massa seca das vagens não diferiram estatisticamente entre as fontes, assim como também entre as doses de cloreto de potássio e do resíduo testadas. Rodrigues et al. (2013) utilizando doses de potássio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) na forma de cloreto de potássio não observaram diferença para o número de sementes por vagem na cultura do feijão comum. Beltrão Júnior et al. (2012) avaliando diferentes doses de biofertilizante orgânico também não observaram variação no número de sementes por vagem em função de doses de biofertilizante líquido para o feijão caupi cultivar IPA 206. Esse resultado era esperado, já que não foi observada variação significativa no comprimento de vagem que esta diretamente associada ao número de sementes e a massa seca das vagens.

O número de vagem por planta apresentou variação ($p < 0,01$) na interação entre os fatores (Tabela 7), já para as doses de cloreto e resíduo não houve resposta significativa em função do acréscimo do adubo.

O índice de colheita que esta relacionada à massa de grãos em relação à matéria seca total da planta, apresentou variação significativa ($p < 0,01$) na interação (Tabela 7). Quanto a regressão, o cloreto de potássio e o resíduo do café não se adequaram aos modelos de regressão estabelecidos.

Para o teor de potássio na folha (Tabela 7) foi observado que a partir da concentração de 200 kg/ha o resíduo apresentou maior acúmulo de potássio nas folhas, chegando a concentração de 21,02 g/kg de potássio enquanto o cloreto de potássio apresentou 15,75 g/kg. Essa característica é muito importante, demonstrando que o potássio presente no resíduo apresenta fácil disponibilidade para a planta de feijão caupi.

Tabela 7 - Número de vagens por planta (NVP), índice de colheita (IC) e teor de potássio foliar em função de fontes e doses de adubo na cultura do feijão caupi no primeiro cultivo

Fontes	Número de vagens por planta (p^{-1})					
	0	50	100	150	200	250
KCL	4,75a	5,75a	5,75a	2,75a	5,75a	2,25a
Resíduo	4,75a	4,25a	2,75a	4,00a	2,24b	3,00a
C.V. (%)	29,89					
Índice de colheita						
KCL	9,10a	10,52a	8,98a	8,75a	7,50b	10,85a
Resíduo	9,66a	9,59a	11,91a	7,84a	13,35a	9,73a
C.V. (%)	24,85					
Teor de K na folha (g/kg^{-1})						
KCL	7,72a	12,39a	14,12a	15,44a	15,85b	15,75b
Resíduo	7,72a	9,15a	14,93a	15,12a	20,41a	21,02a
C.V. (%)	17,09					

Fonte: Próprio autor.

Rodrigues et al. (2013) apresentaram resultado semelhante para o número de vagem por planta onde não observaram variação significativa em função de doses de potássio 0, 40, 80 e 120 $kg\ ha^{-1}$ para o feijão comum. Silveira e Damasceno (1993) e Sguario Júnior et al. (2006) também não verificaram efeito de doses K_2O para os números de vagens por planta e de grãos por vagem. Isto se justifica pelo fato dessas características apresentarem alta herdabilidade genética, sendo pouco influenciada pelo ambiente (ANDRADE et al., 1998).

O resíduo do café apresentou maior eficiência do que o cloreto de potássio na dose de 200 kg/ha , para o índice de colheita. De acordo com Larcher (2006), o índice de colheita para plantas cultivadas produtoras de sementes está entre 30 a 60%, ficando acima dos resultados observado na presente pesquisa. O baixo índice pode esta associado as altas temperaturas encontradas no interior da casa de vegetação durante a condução da pesquisa, com máxima de 40,0 $^{\circ}C$ e mínima de 23,1 $^{\circ}C$. Além disso as altas temperaturas encontradas estão diretamente associadas ao abortamento floral.

Campos et al. (2010) afirmam que altas temperaturas durante o florescimento reduzem o pegamento floral, prejudicando a floração e a produção final. Considerando-se a faixa ótima de temperaturas entre 20 e 30 $^{\circ}C$, baixas temperaturas, inferiores a 19 $^{\circ}C$ influenciam diretamente o comprometimento da produtividade da leguminosa, dando margem ao aumento do ciclo vegetativo e retardando o florescimento; temperaturas superiores a 35 $^{\circ}C$ também acarretam prejuízos ao desenvolvimento da cultura, pois provocam aborto espontâneo das flores, ocasionam a retenção das vagens na planta e diminuem consideravelmente o número de sementes por vagem.

A época de florescimento é uma importante característica que é diretamente influenciada pelas condições edafoclimáticas, que é específico de cada região, podendo

apresentar variações quanto ao surgimento das primeiras flores em um mesmo genótipo cultivado em diferentes locais e/ou condições climáticas (SOUZA et al., 2013). A cultivar Setentão apresenta florescimento aos 48 dias após sementeira, sendo considerada precoce. Machado et al. (2008) afirmam que, as linhagens que floresceram primeiro também atingiram mais cedo o ponto de colheita, porém a maior produtividade foi encontrada com a linhagem mais tardia que apresentou rendimento de grãos de 2.030 kg ha⁻¹ enquanto que a mais precoce obteve 948,3 kg ha⁻¹, uma vez que, segundo esses autores, o florescimento obteve correlação positiva com a produtividade.

Na região Meio-Norte do Brasil, limitações térmicas para o caupi podem existir em locais onde o florescimento coincida com períodos de temperatura acima de 35°C. Bastos et al. (2000) constataram por meio de simulações que, em Teresina - PI o plantio de caupi para o cultivo irrigado deve se restringir até o mês de julho. Quando o plantio do feijão-caupi com irrigação ocorre a partir de meados do mês de agosto, há uma redução significativa da produtividade de grãos, devido ao abortamento de flores, pela ocorrência de elevada temperatura do ar durante o florescimento.

As concentrações de potássio presente na folha do caupi adubado com o resíduo durante o florescimento foram superiores às observadas pelo cloreto, nas maiores doses utilizadas, esse fato pode ter ocorrido em função da liberação do potássio presente na matéria orgânica do resíduo, o qual corresponde a aproximadamente 30% do volume do resíduo.

A dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) é governada principalmente pela adição de resíduos orgânicos diversos e pela contínua transformação destes sob ação dos fatores: físicos, químicos, biológicos, climáticos e do uso e manejo da terra (FELLER, 1997). Dentre os principais fatores pode-se destacar a temperatura, umidade, pH, disponibilidade de nutrientes, relação C/N do resíduo do vegetal, microrganismos, mesofauna e o conteúdo de lignina (OADES, 1988) distúrbios do solo pelo cultivo, teor e tipo de argila, drenagem do solo, acidez e disponibilidade de nutrientes, também podem interferir na dinâmica da matéria orgânica no solo (GREENLAND et al., 1992).

O potássio apresenta, em solos de regiões de clima tropical, comportamento aparentemente mais simples do que aquele em solos de regiões de clima temperado. Nos solos com predominância de matéria orgânica, caulinita e óxidos de ferro e de alumínio como materiais responsáveis pela capacidade de troca de cátions, o potássio trocável representa o teor disponível do elemento; nos solos de regiões de clima temperado este teor é dependente do potássio não trocável e existem minerais que fixam o elemento entre suas camadas (COSTA et al., 2009).

O fósforo apresentou menor concentração nas folhas quando utilizado o resíduo do café (Tabela 8), já as maiores concentrações de potássio foram observadas quando utilizado o resíduo.

Tabela 8 - Teores de fósforo nas folhas de feijão caupi em função das fontes de adubação no primeiro cultivo

Fontes de adubo	Teor de fósforo na folha
KCL	2,14a
Resíduo do café	1,50b
C.V. (%)	23,86

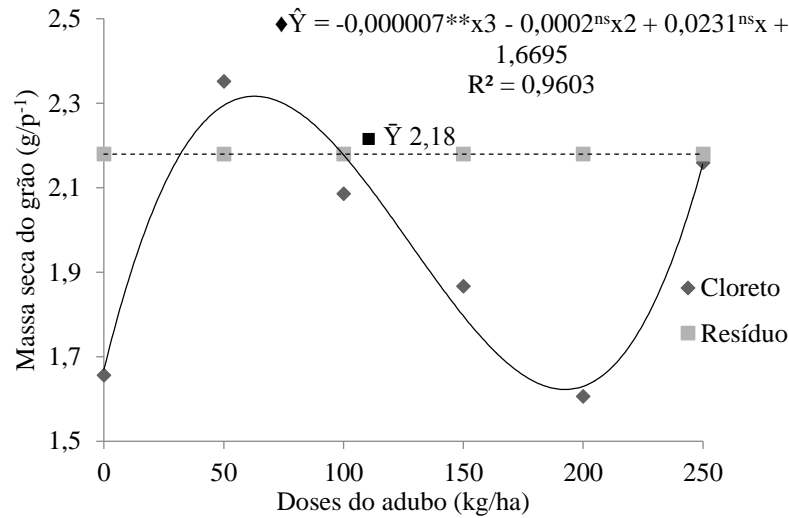
Fonte: Próprio autor.

A menor concentração de fósforo na folha quando utilizado o resíduo pode ser explicado em função da competição pelo sítio de absorção de nutriente entre o potássio e o fósforo onde ambos competem pelo mesmo sítio de absorção. No que concerne ao mecanismo de suprimento às raízes, o potássio mostra semelhança com o fósforo pelo fato de ambos serem transportados por difusão até a zona de absorção no entanto, o teor de potássio na solução do solo pode atingir concentrações elevadas, conferindo-lhe maior mobilidade em relação ao fósforo (COSTA et al., 2009).

Barber (1974) se refere à difusão como o principal mecanismo de transporte do potássio da solução do solo para as raízes das plantas, responsável por 86% do seu suprimento, com o fluxo de massa e a interceptação radicular representando 11 e 3%, respectivamente. Rosolém et al. (2003) e Fernandes (2006) também constataram que a difusão foi o principal mecanismo de suprimento de K às raízes de plantas.

Na figura 5 pode ser observada a massa seca do grão em função das doses de cloreto de potássio e resíduo, apenas o cloreto apresentou ajuste ao modelo cúbico de regressão onde foi observada a maior massa seca dos grãos (2,35 g/planta) no teor de 50 kg/ha de cloreto.

Figura 5 - Massa seca do grão do feijão caupi em função de doses de cloreto de potássio e resíduo do café no primeiro cultivo



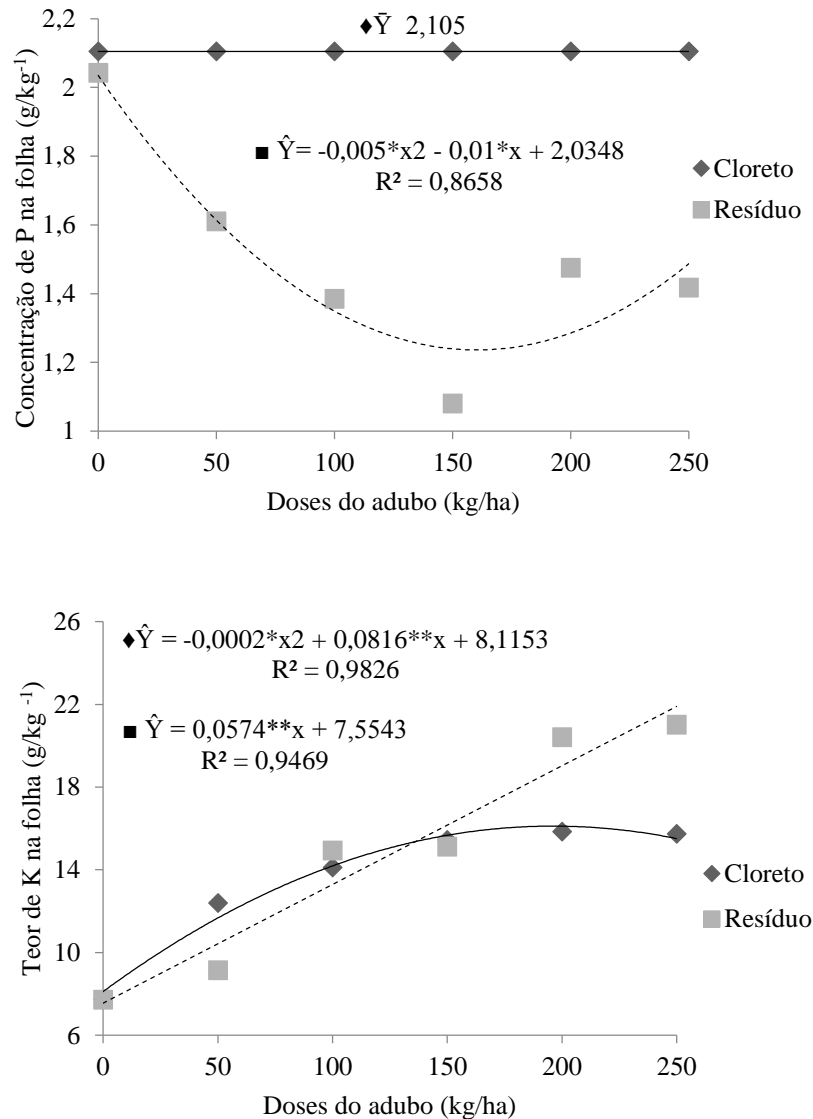
^{NS} e **: não significativo e significativo a 1% pelo teste de F respectivamente

Fonte: Próprio autor.

O cloreto de potássio apresentou elevada massa seca dos grãos na dose de 250 kg/ha. No solo o K apresenta-se em diversas formas, com diferentes graus de disponibilidade as plantas. Em ordem decrescente de disponibilidade para as plantas, o K do solo pode ser distinguido em quatro formas: (1) K na solução do solo, que é a fração do K dissolvido na solução do solo, sob condições normais de umidade e livre das forças de adsorção (RAIJ, 1990); (2) K trocável; (3) K não trocável e (4) K total. O K trocável refere-se ao K fracamente retido na CTC do solo. O K não trocável corresponde a uma fração do K estrutural que se dissolve facilmente em meio ácido e apresenta-se retido na estrutura de minerais (STEINER, 2010).

Os teores de fósforo e potássio observados na Figura 6 demonstraram que o cloreto de potássio não apresentou adequação aos modelos de regressão propostos para o fósforo, já o resíduo apresentou adequação ao modelo polinomial quadrático de regressão. O K na folha apresentou adequação para ambas as formas de adubação, sendo linear para o resíduo e quadrática para o cloreto.

Figura 6 - Concentração de fósforo e potássio no tecido foliar do feijão caupi em função de doses de KCL e resíduo do café no primeiro cultivo



* e **: significativo a 1 e 5% pelo teste de F respectivamente

Fonte: Próprio autor.

Veloso et al. (2013) com o objetivo de avaliar em condições de campo os efeitos isolados e combinados da adubação com fósforo e potássio na produção de grãos de feijão-caupi na região do Nordeste Paraense concluíram que a aplicação de doses de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de 70 kg ha⁻¹ de K₂O no primeiro ano de cultivo foram suficientes para atender à demanda da cultura do feijão-caupi e manter os teores de fósforo e potássio no solo próximo do nível adequado. Os autores observaram o teor de 24,74 g/kg de potássio nas folhas na dose de 120 kg/ha. Entretanto divergindo dos resultados apresentados na presente pesquisa não foi observada variação significativa das diferentes doses de potássio (0, 40, 80, 120 kg/ha)

na concentração desse nutriente no tecido foliar. Sendo relacionado a alta concentração de potássio presente no solo.

Os níveis de fósforo observado estão abaixo tanto para o resíduo como para o KCL dos observado por Veloso et al. (2013) onde na dose de 80 kg/ha foi encontrada 3,96 g/kg de fósforo.

Cravo e Souza (2007) recomendam o uso de até 60 kg/ha de K_2O em solos com menos de 40 mg/dm³ de K disponível, para uma expectativa de produtividade de até 1.800 kg/ha. Entretanto, em solo com 3 mg/dm³ de P e 29 mg/dm³ de K, do município de Ponta de Pedras, Rodrigues e Teixeira (2007) produziram 1.097 kg/ha de grãos secos de feijão-caupi cv. BR-3 Tracuateua, usando 380 kg/ha de formulado NPK 18-18-18.

Rodrigues et al. (2013) avaliando o teor foliar de K em função do potássio revestido e convencional, não houve efeito significativo para o teor de K foliar. Este não efeito da adubação potássica sobre o teor de K foliar também foi relatado por Silveira e Damasceno (1993) na cultura do feijão de inverno irrigado e por Sguario Júnior et al. (2006), em duas safras de feijão de verão, em sistema de semeadura direta.

SILVA et al. (2010) estudando o efeito de doses de fósforo e formas de aplicação de fertilizante fosfatado sobre os componentes de produção e absorção de fósforo pelo feijão-caupi em um solo de cerrado do Estado de Roraima observou que a produtividade máxima de feijão-caupi seria de 1.177,32 kg ha⁻¹ e 943,52 kg ha⁻¹ para a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em sulcos duplos e a lanço, respectivamente.

A quantidade de K_2O recomendada na região Nordeste é baixa, em geral menor que 50 kg/ha. Isso ocorre porque a cultura só apresenta resposta ocasional à aplicação de potássio, fato constatado em diversos trabalhos realizados na região (MELO et al., 1997). Provavelmente, isso ocorre em virtude dos teores naturalmente médios a altos comumente encontrados na região (superior a 25 mg/dm³), da baixa perda por lixiviação, ocasionada pelo baixo volume de chuvas, e da produtividade média de grãos muito baixa nos cultivos feitos nesses locais (VELOSO et al., 2013). 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 et al., 2005).

No primeiro cultivo foi observada a presença do míldio *Plasmopara viticola* (Berk. e Curt.) no final do ciclo. No Brasil, o míldio ocorre na maioria dos plantios. A infecção se dá nos ramos e flores, antes, durante e depois do florescimento. O míldio é uma doença muito importante devido à velocidade com que se propaga na cultura, o que pode

ocasionar grandes perdas. Os sintomas iniciais de folhas infectadas são manchas grandes, ovaladas, de tonalidade verde-clara no sentido longitudinal das folhas, com esporulação acinzentada facilmente observada nas primeiras horas da manhã. Posteriormente, as folhas infectadas tornam-se amareladas, podendo dobrar-se e morrer (WORDELL FILHO et al., 2006). Esse segundo estágio não foi observado no experimento.

A infestação do fungo está diretamente associada às elevadas temperaturas no interior da casa de vegetação como máxima de 39,9 e elevada umidade relativa do ar em torno de 85%, essas condições ambientais são propícias para o desenvolvimento e proliferação do fungo, como detectado apenas no final do ciclo não foi adotada nenhuma técnica de manejo.

4.2 Características Produtivas do Segundo Cultivo

Na Tabela 9 pode ser observado o resumo das análises de variância e de regressão das características vegetativas comprimento da haste principal (CH), diâmetro do caule ao nível do solo (DNS), massa seca de folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), área foliar (AF) aos 17 e 60 dias após semeadura, índice de área foliar (IAF) aos 17 e 60 dias após semeadura, evapotranspiração (ETo/mm) e eficiência no uso da água (EUA/g L⁻¹) do feijão caupi variedade Setentão, submetidos a diferentes doses de cloreto de potássio e resíduos do processo de torrefação do café, no segundo cultivo.

As variáveis, comprimento da haste, diâmetro do caule e massa seca de caule não apresentaram variação significativa entre as fontes de adubo, assim como também não variavam entre as doses (Tabela 9). A massa seca das folhas apresentou variação ($p < 0,01$) entre as doses. O resíduo do café foi à única fonte de adubo que apresentou adequação aos modelos de regressão, sendo o modelo linear.

A área foliar e o índice de área foliar realizados aos 17 dias após semeadura não apresentaram interação entre as fontes utilizadas assim como também as doses e interação entre ambos os fatores. Demonstrando que o resíduo do café se comporta de forma semelhante ao cloreto de potássio quando avaliado esses parâmetro em ciclos subsequentes, divergindo dos observados no primeiro cultivo. Já na avaliação realizada aos 60 dias após emergência foi observada variação ($p < 0,05$) para as fontes de adubo, demonstrando que com o passar do tempo os níveis de nutrientes presentes na solução do solo diminuem ao ponto de interferir negativamente na área foliar e em seu índice.

Assim como a maioria das características produtivas a evapotranspiração não apresentou variação entre as fontes de adubação nem entre as doses e interação entre os

fatores. Quanto aos ajustes das fontes de adubo utilizadas não foi observado adequação para nenhum dos modelos de regressão propostos. Já para a eficiência no uso da água foi observada variação ($p < 0,05$) para as fontes de adubo. Já para a regressão não houve ajuste para nenhuma das fontes de adubação.

Tabela 9 - Fonte de variação (FV), grau de liberdade (gl), comprimento a haste (CH), diâmetro do caule ao nível do solo (DNS), massa seca de folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) aos 17 e 60 dias após semeadura, evapotranspiração (Eto/mm) e eficiência no uso da água (EUA/g L⁻¹) do feijão caupi, submetidos a diferentes doses de cloreto de potássio e resíduos do processo de torrefação do café no segundo cultivo

Quadro Médio											
FV	gl	CH	DNS	MSF	MSC	AF17	AF60	IAF17	IAF60	Eto	EUA
Bloco	3	2141,38 ^{ns}	5,04 ^{ns}	3,39*	8,38 ^{ns}	223358,19**	103837,72 ^{ns}	0,3158**	0,1468 ^{ns}	260,34**	0,2182 ^{ns}
Fonte	1	44,08 ^{ns}	0,45 ^{ns}	11,45*	0,42 ^{ns}	11645,16 ^{ns}	1476559,51*	0,01646 ^{ns}	2,08766*	83,86 ^{ns}	0,408*
Dose	5	694,30 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,99 ^{ns}	2,18 ^{ns}	10721,87 ^{ns}	293155,08 ^{ns}	0,01516 ^{ns}	0,41448 ^{ns}	23,34 ^{ns}	0,071 ^{ns}
FxD	5	3290,28 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,98 ^{ns}	1,01 ^{ns}	13540,41 ^{ns}	157745,69 ^{ns}	0,01914 ^{ns}	0,223 ^{ns}	8,18 ^{ns}	0,0475 ^{ns}
Erro	33	1165,66	0,83	1,79	1,62	19029,54	256569,64	0,02691	0,36275	31,6799	0,08107
Média		143,5	7,28	3,85	4,35	392,51	1802,75	0,467	2,15	144,04	0,9716
C.V. (%)		23,79	12,53	31,87	15,89	35,14	28,08	35,14	28,08	3,91	29,30
Regressão KCL											
Linear	1	1939,88 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,42 ^{ns}	0,14 ^{ns}	4402,60 ^{ns}	83736,20 ^{ns}	0,0062 ^{ns}	0,1184 ^{ns}	28,84 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
Quadrática	1	4554,07 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,31 ^{ns}	4,75 ^{ns}	2656,93 ^{ns}	26308,25 ^{ns}	0,00376 ^{ns}	0,0372 ^{ns}	6,22 ^{ns}	0,0061 ^{ns}
Cúbica	1	106,56 ^{ns}	0,35 ^{ns}	3,50 ^{ns}	0,91 ^{ns}	17880,20 ^{ns}	479418,39 ^{ns}	0,02528 ^{ns}	0,678 ^{ns}	12,78 ^{ns}	0,00227 ^{ns}
Erro	33	1165,66	0,83	1,68	1,62	20288,08	279826,58	0,02868	0,3956	35,25	0,0061
Regressão Resíduo do Café											
Linear	1	2268,60 ^{ns}	1,69 ^{ns}	10,32 ^{ns}	2,29 ^{ns}	3953,703 ^{ns}	195526,21 ^{ns}	0,00559 ^{ns}	0,2764 ^{ns}	3,222 ^{ns}	0,01108 ^{ns}
Quadrática	1	705,86 ^{ns}	0,00 ^{ns}	3,62 ^{ns}	3,24 ^{ns}	43162,47 ^{ns}	52451,68 ^{ns}	0,061 ^{ns}	0,07416 ^{ns}	36,58 ^{ns}	0,016 ^{ns}
Cúbica	1	2656,51 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,26 ^{ns}	139,14 ^{ns}	243571,56 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,344 ^{ns}	14,31 ^{ns}	0,0618 ^{ns}
Erro	33	1165,66	0,83	1,69	1,62	1635,46	251529,92	0,0231	0,35563	32,874	0,05832

ns, ** e *: não significativo e significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F.

Fonte: Próprio autor.

Os componentes vegetativos, comprimento da haste, diâmetro do caule e massa seca do caule não apresentaram variação entre as fontes e doses de adubo. LIMA et al. (2013) avaliando o efeito residual do fósforo no feijão caupi (BRS guariba) observou que aos 15 DAE, não foi encontrada diferenças significativas sobre os parâmetros altura de plantas e área foliar, assim como para o peso fresco da parte aérea. Quando avaliado aos 30 DAS o fósforo residual não foi capaz de promover diferenças significativas entre os tratamentos para altura de plantas e diâmetro do caule. Os mesmos concluíram que de forma geral, o fósforo residual não promoveu diferenças significativas entre os parâmetros fisiométricos na cultura do feijão-caupi.

O potássio aplicado via fonte orgânica se comporta como fonte mineral, sendo totalmente disponível para a primeira cultura por não fazer parte de compostos orgânicos que necessitam ser mineralizados (CQFS-RS/CS, 2007). O K não permanece durante muito tempo em solução, tendendo a ficar adsorvido nos colóides do solo e nos resíduos de cargas da parede e na membrana celular das plantas. As trocas entre K trocável e K solução são rápidas, de maneira que o K trocável é prontamente disponível às plantas (OLIVEIRA et al., 2004).

O potássio, quando presente na solução do solo, movimenta-se verticalmente, principalmente pela água de drenagem. Em função deste movimento, este elemento pode ser perdido por lixiviação, ou seja, transportado para profundidades além daquelas ocupadas pelas raízes (OLIVEIRA e VILLAS BOAS, 2008). Esta movimentação do potássio no perfil do solo depende, principalmente, do tipo de solo, textura (NEVES et al., 2009), capacidade de troca catiônica (CTC), regime hídrico da dose e solubilidade do fertilizante (ROSOLEM et al., 2006). Como o potássio apresenta apenas uma carga de valência (K^+), é pouco adsorvido nos coloides do solo (ERNANI et al., 2007). Portanto, em solos bem drenados e com menor CTC, a lixiviação é maior (RAIJ, 2011).

A massa seca das folhas apresentou variação significativa entre as fontes (Tabela 9), para as doses não foi encontrada adequação aos modelos de regressão. Corroborando com os resultados apresentados por Galvão et al. (2013), onde obervou variação na massa seca da parte aérea em função do efeito residual do potássio nas doses de 50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹, sendo o primeiro cultivo realizado com sorgo no estado do Pará. Lima et al. (2013), também apresentou resultados semelhantes quando objetivou avaliar o desenvolvimento da planta de feijão-caupi submetida a diferentes doses de P residual aplicadas no cultivo de milho-verde sobre a cultura sucessora, o feijão-caupi, onde observou variação significativa entre as doses aos 15 e 30 dias após plantio.

Para Galvão et al. (2013) o cultivo do feijão-caupi, implantado sobre resíduos da adubação potássica e restos de cultura, como o sorgo, pode se constituir numa alternativa para melhor aproveitamento dos insumos e da terra e ao mesmo tempo possibilitar o aumento da produtividade da cultura. No entanto o cloreto de potássio (KCl), principal fonte de potássio utilizada na agricultura brasileira, é um sal altamente solúvel em água (58% de solubilidade), podendo ser facilmente lixiviado (RESENDE et al., 2006). Sais de potássio de alta solubilidade conferem à solução do solo altos teores de potássio e, com isto, este elemento fica propício a ser lixiviado. Isto ocorre, principalmente, em solos arenosos, em razão da baixa CTC (RAIJ, 2011).

A área foliar e o índice de área foliar realizados aos 60 dias após semeadura apresentaram variação entre as fontes (Tabela 10) o cloreto de potássio apresentou maior incremento na área foliar e no índice quando realizados aos 60 dias, já aos 17 dias não foi constatada variação entre as duas fontes de adubo (Tabela 9).

Seguindo a mesma linha das demais variáveis que apresentou variação entre as fontes, o KCL apresentou maior eficiência no uso da água em converter à absorção de água em matéria seca total. O cloreto, por ser um sal, quando absorvido pelo sistema radicular cria uma pressão osmótica promovendo maior absorção de água e conseqüente conversão em matéria fresca.

Tabela 10 - Massa seca de folha (MSF), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) aos 60 dias APS e eficiência no uso da água (EUA) do feijão caupi em função das fontes de adubação no segundo cultivo

Fontes de adubo	MSF	AF (60 dias)	IAF (60 dias)	EUA
KCL	4,34a	1979,144a	2,35a	1,06a
Resíduo do café	3,36b	1628,364b	1,94b	0,88b
C.V. (%)	34,81	28,08	28,08	29,30

Fonte: Próprio autor.

A área foliar realizada no segundo cultivo apresentou semelhança aos 60 DAS quando comparados com o primeiro cultivo onde foi observada variação entre as fontes, mais uma vez o cloreto de potássio demonstrou maior eficiência no incremento da área foliar, no entanto ficando bem abaixo dos apresentados no primeiro cultivo (2280,11 cm²).

Lima et al. (2013), não observou variação significativa para a área foliar realizada aos 15 DAS para a cultura do feijão caupi nas condições do Cerrado Maranhense, já aos 30 DAS os autores observaram que a dose de 60 kg residual de P₂O₅.ha⁻¹, proporcionou um maior incremento da área foliar, não diferindo no entanto das demais doses de fósforo residual utilizadas.

Segundo Konzen (2003) ao avaliar por dois anos a aplicação de adubo mineral, organomineral e orgânico em milho, no município de Rio verde-GO, os resultados mostraram que as doses que foram mais eficientes e tiveram um melhor custo benefício (36% mais econômica) foram às doses exclusivas de adubação orgânica (3,6, 5,0 e 7,5 t ha⁻¹ de cama de aviário), superando significativamente tanto a testemunha e adubação mineral, quanto a adubação organomineral

Pesquisa desenvolvida por Frey et al. (2011) com o objetivo de avaliar a utilização de adubo orgânico em comparação com adubo químico e a associação dos mesmos como fonte de nutrientes na produção do milho, concluiu que não houve diferença significativa na utilização entre os adubos e em comparação dos mesmos para com a testemunha, ficando assim a cargo do produtor a escolha de qual adubação utilizar.

A utilização de indicadores da eficiência do uso de água (EUA) é uma das formas de se analisar a resposta dos cultivos às diferentes condições de disponibilidade de água, pois relaciona a produção de biomassa seca ou a produção comercial com a quantidade de água aplicada ou evapotranspirada pela cultura (LIU e STUZEL, 2004; PUPPALA et al., 2005). O cloreto de potássio apresentou maior eficiência no uso da água que o resíduo de café, contudo esses valores estão bem abaixo dos observado por Ramos et al. (2013) onde apresentou EUA em torno de 4,2 com lamina de irrigação de 300mm para as cultivares BRS Guaribas e BRS Paraguaçu.

De acordo Taiz e Zeiger (2013) quando o estresse hídrico é moderado, a eficiência do uso da água pode aumentar. Isso ocorre por que a taxa fotossintética da folha raramente é tão responsiva ao estresse hídrico moderado quanto à expansão foliar, pois a fotossíntese é muito menos sensível ao turgor do que a expansão foliar. Ou seja, mais CO₂ pode ser absorvido por unidade de água transpirada, isto acontece porque o fechamento estomático inibe a transpiração mais do que diminui as concentrações intercelulares de CO₂. Portanto os baixos resultados apresentados pela cultivar Setentão podem estar relacionados à constante disponibilidade hídrica realizada diariamente, sempre mantendo o vaso na capacidade de campo, assim como também as elevadas temperaturas internas que favorece uma maior taxa de evaporação e transpiração.

4.2.1 Características Produtivas do Segundo Cultivo

Na Tabela 11 pode ser observado o resumo das análises de variância e de regressão das características produtivas comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), número de vargens por planta (NVP), massa seca das vargens (MSV), massa seca dos grãos (MSG), índice de colheita (IC) e os níveis de N, P, K no tecido foliar do feijão caupi variedade Setentão, submetidos a diferentes doses de cloreto de potássio e resíduos do processo de torrefação do café, no segundo cultivo.

Os componentes de produção comprimento de vagem, número de sementes por vagem, número de vargens por planta, massa seca das vargens, massa seca das sementes e índice de colheita não apresentaram variação para nenhuma das fontes analisadas bem como para as doses de resíduo e cloreto utilizadas (Tabela 11).

Nas concentrações de nutrientes no tecido foliar foi observada interação entre os fatores para o nitrogênio ($p < 0,05$) e o potássio ($p < 0,01$). O fósforo não apresentou variação para as fontes de adubação e doses assim como também não se ajustou aos modelos de regressão analisados. O nitrogênio não apresentou adequação para os modelos de regressão utilizados. O resíduo apresentou ajuste para os três modelos de regressão para o teor de potássio (Tabela 10), já o KCL não apresentou ajuste para os teores de K no tecido foliar (Tabela 11).

Tabela 11 - Fonte de variação (FV), grau de liberdade (gl), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), número de vargens por planta (NVP), massa seca das vargens (MSV), massa seca dos grãos (MSG), índice de colheita (IC) e N, P, K presentes no tecido foliar do feijão caupi, submetidos a diferentes doses de cloreto de potássio e resíduos do processo de torrefação do café no segundo cultivo

Quadro Médio										
FV	gl	CV	NGV	NVP	MSV	MSG	IC	N	P	K
Bloco	3	0,28 ^{ns}	14,41 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,52 ^{ns}	19,89 ^{ns}	15,9312 ^{ns}	0,1464 ^{ns}	4,0845 ^{ns}
Fonte	1	36,00 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,31 ^{ns}	4,03 ^{ns}	0,56 ^{ns}	76,457*	0,02755 ^{ns}	22,44**
Dose	5	18,61 ^{ns}	28,82 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1,43 ^{ns}	54,45 ^{ns}	16,725 ^{ns}	0,05806 ^{ns}	7,07*
FxD	5	26,33 ^{ns}	5,46 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,83 ^{ns}	67,41 ^{ns}	1,44212 ^{ns}	0,0717 ^{ns}	11,2778**
Erro	33	59,34	39,43	0,22	1,40	1,54	86,70	13,0288	0,0765	2,3825
Média		6,97	4,94	0,37	0,82	0,95	7,45	32,54	1,896	5,05
C.V. (%)		9,96	9,27	47,63	39,63	42,08	37,56	11,09	14,59	30,56
Regressão KCL										
Linear	1	90,99 ^{ns}	70,10 ^{ns}	0,031 ^{ns}	2,69 ^{ns}	5,15 ^{ns}	204,36 ^{ns}	0,0097 ^{ns}	0,00086 ^{ns}	4,05 ^{ns}
Quadrática	1	4,04 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,037 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,062 ^{ns}	0,088 ^{ns}	0,00634 ^{ns}	1,97 ^{ns}
Cúbica	1	2,25 ^{ns}	1,91 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	9,75 ^{ns}	1,88 ^{ns}	0,151 ^{ns}	0,63 ^{ns}
Erro	33	59,34	39,44	0,22	1,41	1,54	86,70	15,83	0,05197	3,74
Regressão Resíduo do Café										
Linear	1	3,54 ^{ns}	39,00 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,50 ^{ns}	5,875 ^{ns}	0,274 ^{ns}	53,65**
Quadrática	1	22,78 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,011 ^{ns}	188,47 ^{ns}	5,148 ^{ns}	0,11 ^{ns}	8,25*
Cúbica	1	56,39 ^{ns}	29,00 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,67 ^{ns}	8,30 ^{ns}	3,135 ^{ns}	0,005 ^{ns}	11,878**
Erro	33	59,34	39,43	0,22	1,40	1,54	86,70	12,603	0,089	1,0463

^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F.

Fonte: Próprio autor.

Os componentes de produção comprimento de vagem, número de sementes por vagem, número de vagens por planta, massa seca das vagens, massa seca das sementes e índice de colheita não apresentaram variação significativa entre as formas de adubo, assim como também entre as doses de KCL e resíduo (Tabela 11). Silveira e Damasceno (1993) e Sguario Júnior et al. (2006) também não verificaram efeito de doses K_2O para os números de vagens por planta e de grãos por vagem.

O potássio por se comportar como fonte mineral, mesmo nos adubos orgânicos, pode ter sido absorvido e incorporado nos processos metabólicos no primeiro ciclo, deixando baixas concentrações desse nutriente para o segundo ciclo, desse modo não sendo observado o efeito residual. Além disso as temperaturas no segundo ciclo foram semelhantes às observadas no primeiro, proporcionando assim elevado abortamento floral e redução no número de vagens por planta. Para Fassbender, 1980 a eficiência residual dos nutrientes sobre o rendimento das plantas depende principalmente de alguns fatores como condições climáticas, tipo de solo, capacidade de adsorção e de remoção dos nutrientes pelas culturas.

Efeito positivo da adubação potássica realizada na cultura antecessora, arroz (*Oryza sativa*) e milho (*Zea mays*), sobre a cultura do feijão-caupi foi observado por Cravo et al. (2008), em Latossolo Amarelo do Nordeste paraense. Embora o feijão-caupi seja considerado uma cultura tropical, compatível com as condições ecológicas locais, ainda apresenta baixa produtividade, tanto no sistema de cultivo solteiro como consorciado (FREIRE FILHO et al., 2005). De acordo com Fageria e Santos (2008), esta importante característica da planta pode ser controlada geneticamente e também ser influenciada pelo manejo do solo e na planta.

Rodrigues et al. (2013) observaram que o número de grãos por planta foi influenciado positivamente pelas doses de potássio, ajustando-se à função quadrática com o valor máximo sendo alcançado com a estimativa de aplicação de 61 kg ha^{-1} de K_2O . Já no segundo ano avaliando o efeito residual do adubo, não houve efeito significativo para tal avaliação.

Galvão et al. (2013) observaram que o efeito das doses de KCL sobre a massa seca dos cultivares de feijão-caupi (BRS-Milênio, BRS-Urubuquara e BRS-Guariba) foi significativo e melhor representado por equações de regressão polinomial quadrática. A máxima eficiência técnica foi obtida nas dosagens de 237, 148 e $175 \text{ kg de KCl ha}^{-1}$, para os cultivares BRS-Milênio, BRS-Urubuquara e BRS-Guariba, com produtividade de grãos equivalentes a 1.894, 2.140 e 1.903 kg ha^{-1} MSPA, respectivamente. A resposta positiva do feijão-caupi ao emprego do potássio pode ser atribuída à maior acumulação do nutriente no

solo pelo efeito residual da aplicação na cultura antecessora e pela lavagem do nutriente dos resíduos vegetais da cultura do sorgo que permaneceram na superfície (PERIN et al., 2003). Aumentos da produção de MSPA do feijão (*Phaseolus vulgaris*), cultivar SCS 202 – Guará, em função de doses de K, foi observado por Theodoro e Maringoni (2006) em solo argiloso, trabalhando em casa de vegetação.

Frey et al. (2011) avaliando a adubação orgânico em comparação com adubo químico e a associação dos mesmos como fonte de nutrientes na produção do milho, não observaram diferença significativa na utilização entre os adubos e em comparação dos mesmos para com a testemunha, se assemelhando aos resultados apresentados na presente pesquisa. Segundo os autores tais resultados são dependentes de muitas variáveis, que podem interferir direta ou indiretamente nos resultados, sendo exemplos dos mesmos: fertilidade natural do solo, clima, microbiota do solo, variedade e quantidade de adubação administrada (N-P₂O₅), etc.

A CTC representa a quantidade de cátions que um solo é capaz de reter por unidade de peso ou volume (RAIJ, 2011). A energia de retenção dos cátions trocáveis Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺, nos coloides do solo, segue uma série liotrópica, que leva em consideração a carga e o tamanho do íon hidratado, e o potássio é o quinto elemento desta série (YAMADA e ROBERTS, 2005). Como o potássio apresenta apenas uma carga de valência (K⁺), é pouco adsorvido nos coloides do solo (ERNANI et al., 2007). Portanto, em solos bem drenados e com menor CTC, a lixiviação é maior (RAIJ, 2011).

Outra possível explicação para os resultados encontrados está relacionada às características físicas e a baixa fertilidade do solo (Tabela 1), associado a esses fatores, pode-se afirmar que a macro e micro vida do solo também apresenta baixa concentração, impedindo à rápida degradação dos resíduos e conseqüente disponibilização a planta. A diminuição da matéria orgânica reduz a porosidade dos solos, a absorção e a capacidade de armazenamento de água e nutrientes, além de causar dificuldades para que o sistema radicular das plantas se desenvolva, onde as raízes ficam restritas às camadas superficiais (GALBIATTI et al., 2011).

Na Tabela 12 pode ser observada a variação entre as fontes de adubação para a concentração de nitrogênio nos tecidos foliares do caupi. Nos tratamentos em que foi utilizado o resíduo do café como fonte de adubação ocorreu um maior acúmulo de nitrogênio nas folhas quando comparado aos tratamentos utilizando-se cloreto de potássio.

Tabela 12 - Teores de nitrogênio nas folhas de feijão caupi em função das fontes de adubação no segundo cultivo

Fontes de adubo	Teor de nitrogênio na folha
KCL	31,27b
Resíduo do café	33,80a
C.V. (%)	11,09

Fonte: Próprio autor.

Esse resultado pede ter ocorrido em função da fração orgânica presente no resíduo do café (Tabela 1) que foi disponibilizado posteriormente em função dos processos naturais de mineralização da matéria orgânica, além disso, a elevação da matéria orgânica favorece uma maior nodulação das bactérias e conseqüente fixação desse nutriente pela planta.

A matéria orgânica adicionada ao solo na forma de adubos orgânicos, de acordo com o grau de decomposição dos resíduos, pode ter efeito imediato no solo, ou efeito residual, por meio de um processo mais lento de decomposição (SANTOS, 2001).

Por se tratar de fontes importantes de matéria orgânica, há também a necessidade de conhecer melhor as diferentes frações orgânicas presentes nesses resíduos, visto que o grau de humificação e a presença de moléculas orgânicas de maior biodisponibilidade são fatores determinantes da capacidade desses materiais em adsorver cátions e em liberar nutrientes para as plantas. A utilização agrícola de resíduos sólidos, como adubo orgânico, deve ser realizada segundo critérios técnicos. Nesse caso, a quantificação dos teores de N mineral e de N potencialmente mineralizável presente nos resíduos orgânicos é critério importante para definir as doses de resíduos a serem adicionadas nas lavouras (ABREU JÚNIOR et al., 2005).

Andreola et al. (2000) verificaram que no solo onde não havia cobertura, a resposta dos adubos: mineral, organomineral e orgânico não acarretou diferença significativa entre os mesmos. A transformação da matéria orgânica em húmus potencializa a ação de microrganismos, resultando no melhor aproveitamento dos nutrientes do próprio solo, de maneira gradativa e contínua, resultando em maior equilíbrio nutricional para a cultura (GALBIATTI et al., 2011).

Pesquisa desenvolvida por Pereira et al. (2013), avaliando a produção de feijoeiro vigna submetido a diferentes fontes e doses de adubos orgânicos (esterco bovino, ovino e humos), não observaram variação para o comprimento da vagem, número de grãos por vagem e massa das vagens entre as fontes de adubo.

Torres e Pereira (2008) estudaram a dinâmica de acúmulo e liberação de K nos resíduos das plantas de cobertura (poaceae e leguminosas), observaram que o maior acúmulo

de K ocorrem em poaceae (milheto, sorgo e brachiária), porém a maior liberação de K ocorreram no milheto, na aveia, na brachiária e na crotalária.

No segundo cultivo foi observado variação significativa na interação para a concentração de potássio na folha (Tabela 13). Sais de potássio de alta solubilidade conferem à solução do solo altos teores de potássio e, com isto, este elemento fica propício a ser lixiviado. Isto ocorre principalmente, em solos arenosos, em razão da baixa CTC (RAIJ, 2011).

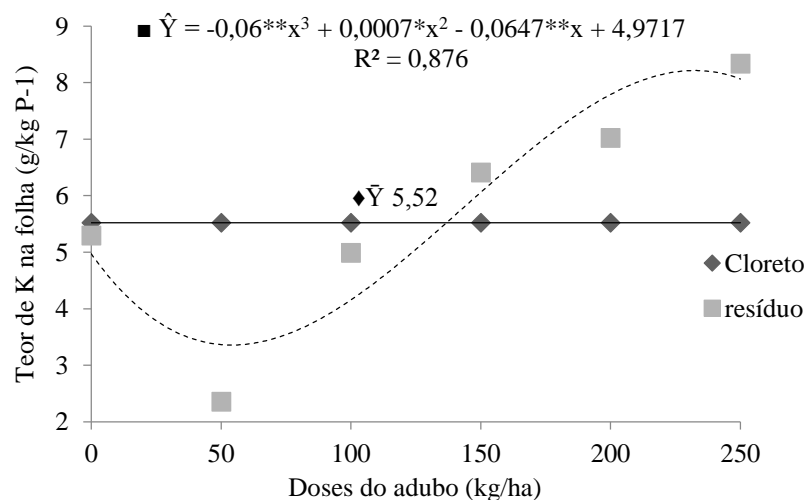
Tabela 13 - Teor de K na folha do feijão caupi em função de diferentes fontes e doses de potássio no segundo cultivo

Fontes	Teor de K na folha (g/kg)					
	0	50	100	150	200	250
KCL	5,29a	4,58a	4,49a	3,97b	3,47b	4,38b
Resíduo	5,29a	2,35b	4,99a	6,41a	7,02a	8,34a
C.V. (%)	30,56					

Fonte: Próprio autor.

O efeito residual da adubação orgânica proporcionou maior liberação de potássio no segundo cultivo sendo observado através da concentração desse nutriente nas folhas do caupi (Figura 7), no entanto as evidências tem demonstrado que a baixa produção deve esta associada a elevadas temperaturas internas na casa de vegetação, que promoveu abortamento das flores e conseqüentemente um menor número de vagens por planta.

Figura 7 - Teor de potássio nas folhas de feijão caupi em função de doses de cloreto e resíduo do café no segundo cultivo



** e *: significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste de F.

Fonte: Próprio autor.

Os elevados teores de potássio no tecido foliar apresentados nas doses de 200 e 250 kg/ha quando utilizado o resíduo do café são explicados em função do efeito residual desse adubo. Nos resíduos orgânicos o potássio pode estar sobre a forma trocável ou a não trocável que são disponibilizados gradualmente ao longo do ciclo da cultura ou até mesmo em ciclos posteriores. Na tabela 1 pode ser observada que uma porção do potássio está sob a forma trocável a qual pode ser disponibilizado lentamente, além disso, o resíduo do café apresenta teores de matéria orgânica em torno de 331,2 g/kg que são mineralizados ao longo do tempo disponibilizando gradualmente novos nutrientes. Diferentemente do cloreto que se encontra na forma prontamente disponível a planta e pode ser facilmente lixiviado.

O adubo orgânico ao ser administrado no solo, primeiramente precisa sofrer ataque de microrganismos que irão transformar o mesmo em compostos assimiláveis pelas plantas, contudo este processo é demorado, demonstrando assim que ele não expressa todo seu potencial em seu primeiro ano (MALAVOLTA et al., 2006).

O grau de humificação, que representa as proporções de substâncias húmicas em relação ao C total no resíduo, depende do estágio de decomposição das substâncias nele presentes, e isso se mostra determinante do papel dos resíduos no solo, que podem atuar como fontes de nutrientes e, ou, como condicionadores de solo. A humificação ocorre em razão da compostagem ou decomposição natural dos resíduos adicionados ao solo e consiste da síntese de ácidos húmico, fúlvico, húmico e outros materiais húmicos a partir da degradação de compostos diversos presentes nos resíduos, por meio de reações de síntese e resíntese mediadas pelos organismos decompositores (HSU e LO, 1999).

Durante o segundo cultivo foi observada alta infestação da cochonilha nas primeiras semanas de cultivo e após período de florescimento, podendo estar relacionada às respostas não significativas apresentadas pelas variáveis analisadas. O feijão-caupi sofre danos por diversos insetos durante o seu ciclo, afetando a produção e a qualidade dos grãos. Os insetos-praga estão entre os fatores bióticos que mais limitam o rendimento agrônomico da cultura (SILVA et al., 2011).

De acordo com Flores-Flores e Tekelenburg (2001), alta umidade relativa afeta a duração do ciclo biológico do inseto, sobretudo se acompanhada de baixas temperaturas: nas fêmeas, aumenta o período de pré-oviposição e, nos machos, alonga o ciclo de pré-pupa e pupa. Sabe-se que a chuva afeta o desenvolvimento do inseto e aumenta a taxa de mortalidade das ninfas, que pode chegar a 98%. Como o trabalho foi desenvolvido em ambiente protegido não ocorreu à presença de chuva, dificultado assim o manejo da praga. No processo de alimentação, as cochonilhas sugam a seiva das plantas inoculando toxinas, o que resulta no

enfraquecimento das plantas, provocando o amarelecimento e a queda das folhas (VASCONCELOS et al., 2009).

Para controle da praga foi utilizado detergente diluído em água na concentração de 5%, foi realizada três pulverizações para que ocorresse o controle da praga. Pouco tempo depois do florescimento a praga começou a se desenvolver novamente, principalmente no ápice do caule.

5 CONCLUSÕES

De forma geral o feijão caupi demonstrou insensibilidade aos estímulos promovidos pela adubação orgânica e mineral como fonte de potássio;

A adubação potássica no feijão caupi proporciona respostas satisfatórias mesmo em baixas concentrações desse nutriente;

Em ambos os cultivos o teor de K na folha foi maior quando utilizado o resíduo;

O resíduo proporcionou maior teor de N na folha quando avaliado o efeito residual;

Todas as variáveis apresentaram valores inferiores quando avaliado o efeito residual independentemente da forma de adubação utilizada;

O resíduo do café pode ser utilizado como fonte de potássio para a cultura do feijão caupi.

REFERÊNCIAS

- ABREU JUNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T. e KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: Propriedades químicas do solo e produção vegetal. In: TORRADO, P. V.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A.P.; CARDOSO, E. J., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. v.4. p.391-470
- ADANS, M. R.; DOUGAN. Waste products - Coffee Technology. Londres: Elsevier Applied Science, 1985.
- ANDRADE, M. J. B.; DINIZ, A. R.; CARVALHO, J. G. de; LIMA, S. F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 2, p. 499-508, 1998.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.867-874, 2000.
- ANTIER, P., MINJARES, A., ROUSSOS, S., RAIMBAULT, M. and Viniegra-Gonzalez, G. Pectinasehyperproducing mutants of *Aspergillus niger* C28B25 for solid-state fermentation of coffee pulp. **Enzyme and Microbial Technology**, 15: 254-260. 1993.
- ASHLEY, D.A.; DOSS, B.D.; VENNETT, O.L. A method of determining leaf area in cotton. **Agronomy Journal, Madison**, v.25, p.484 - 5, 1963.
- ASSIS, A. M. de; UNEMOTO, L. K.; YAMAMOTO, L. Y.; LONE, A. B.; de SOUZA, G. R. B.; de FARIA, R. T.; ROBERTO, S. R.; TAKAHASHI, L. S. A. Cultivo de orquídea em substratos à base de casca de café. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p.544-549, 2011.
- BARBER, S. A. Influence of the plant root onion movement in soil. In: Carson, E. W., ed. **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p.525-564.
- BASTOS, E. A.; FERREIRA, V. M.; SILVA, C. R. da; ANDRADE JUNIOR, A. S. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo no feijão-caupi no vale do Guruguéia, Piauí. **Irriga, Botucatu**, v.13, n. 2, p. 182-190, abril-junho, 2008.
- BASTOS, E. A.; FOLEGATTI, M. V.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J.; FARIA, R. T. Manejo econômico da irrigação do feijão caupi via modelo de simulação. **Irriga, Botucatu**, v. 5, n. 2, p. 84-98, 2000.
- BELTRÃO JÚNIOR, J. A.; CRUZ, J. S.; SOUZA, E. C.; SILVA, L. A. da. Rendimento do feijão-caupi adubado com diferentes doses do biofertilizante orgânico produzido através da biodegradação acelerada de resíduos do coqueiro no município de Trairi – CE. **Inovagri**, Fortaleza, 2012.

BENITO, M.; MASAGUER, A.; DE ANTONIO, R.; MOLINER, A. Use of pruning waste compost as a component in soilless growing media. **Bioresource Technology**, 96:597-603, 2005.

BENVINDO, R. N.; SILVA, J. A. L. da; FREIRE FILHO, F. R.; ALMEIDA, A. L. G. de; OLIVEIRA, J. T. S.; BEZERRA, A. A. de C. Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semi-prostrado em cultivo de sequeiro e irrigado. **Comunicata Scientiae** 1(1): 23-28, 2010.

BOYER, J. S. Water deficits and photosynthesis. In: Kozlowski, T.T. (ed.) Water deficits and plant growth. New York: **Academic Press**, v.4, p.154-191, 1978.

BRUM, S. S. **Caracterização e modificação química de resíduos sólidos do beneficiamento do café para produção de novos materiais**, 2007. P. 138. Dissertação (Mestrado em Agroquímica). Universidade Federal da Lavras. Lavras, 2007.

CABRAL, M. S.; MORIS, A. da S. Reaproveitamento da borra de café como medida de minimização da geração de resíduos. In: XXX Encontro nacional de engenharia de produção Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. **Anais...** São Carlos, SP, Brasil, 12 a15 de outubro de 2010.

CAIELLI, E. L., “Uso da palha de café na alimentação de ruminantes”, *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 10, n. 119, pp. 36-38, nov.1984.

CAMPOS, J. H. B. da C.; SILVA, M. T.; SILVA, V. de P. R. da. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.14, n.4, p.396–404, 2010.

CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; MEDEIROS, J. F. de; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; ALVES, A. S.; MANIÇOBA, R. M.; LIMA, J. G. A. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi em Apodi, RN. In: INOVAGRE, IV WINOTEC. **Anais...** 28 a 31 de Maio 2012. Fortaleza, CE.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38:729-735, 2003.

CHOU, C. H.; WALLER, G. R. Possible allelopathic constituents of *Coffea arabica* L. **Journal of Chemical Ecology**, v.6, p.643-639, 1980.

CIANCIO, N. H. R. **Produção de Grãos, Matéria Seca e Acúmulo de Nutrientes em Culturas Submetidas à Adubação Orgânica e Mineral**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

COMISSÃO DE QUIMICA E FERTILIDADE DO SOLO. CQFS RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre, RS, 2007. 400 p

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=11&t=>>>. Acesso em: 26 de agos. 2013.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos, sexto levantamento, safra 2011/2012, março/2012.** Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 26p. 2012.

COSTA, J. P. V. da; BARROS, N. F. de. BASTOS, A. L.; ALBUQUERQUE, A. W. de. Fluxo difusivo de potássio em solos sob diferentes níveis de umidade e de compactação. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.13, n.1, p.56–62, 2009.

CRAVO, M. da S. GALVÃO. E. U. P.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. de. Sistema bragantino: alternativa inovadora para produção de alimentos em áreas degradadas na Amazônia. **Amazônia: Ciência e desenvolvimento**, Belém, v. 4, n. 7, p. 221-239, 2008.

CRAVO. M. da S.; SOUZA, B. D. L. **Sistema de cultivo na Amazônia.** In: ZILLI, J.; VILARINHO, A. A.; MELO, V. F. (Org.). Workshop sobre a cultura do Feijão-caupi em Roraima. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2007. P. 17-24.

DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M. S. **Indicadores de qualidade do solo** In: Processos Biológicos no Sistema Solo-Planta: Ferramentas para uma agricultura sustentável AQUINO, editores técnicos, A. M. de; ASSIS, R. L. de. Embrapa Agrobiologia. – Brasília, DF: Embrapa informações Tecnológicas, 2005.

DONKOH, A., ATUAHENE, C. C., KESE, A. G. AND MENSAH ASANTE, B. The nutritional value of dried coffee pulp (DCP) in broiler chickens diets. **Animal Feed Science and Technology**, 22: 139-146. 1988.

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.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. A. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.31, p.393-402, 2007.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. Yield Physiology of dry bean. **Journal of Plant Nutrition**, Nova York, v. 31, n. 6, p. 983-1004, 2008.

FAN, L.; SOCCOL, A. T.; PANDEY, A.; SOCCOL, C. R. Cultivation of *Pleurotus* mushrooms on Brazilian coffee husk and effects of caffeine and tannic acid. **Micologia Aplicada**, v.15, p.15-21, 2003.

FAN, L.; SOCCOL, C. R.; PANDEY, A. **Produção do cogumelo comestível – flammulina velutipes em casca e borra de café.** Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. 2000.

FASSBENDER, H. W. **Química de suelos: com énfasis en suelos de América Latina.** San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1980. 398 p.

FELLER, C. The concept of soil humus in the past three centuries. **Advances in GeoEcology**, v.29, p.15-46, 1997.

FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.

FIGUEIRAS, G. C. **Aspectos socioeconômicos**. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. A cultura do feijão caupi na Amazônia brasileira. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. Cap. 1, p. 23-58.

FLORES-FLORES, V.; TEKELENBURG, A. Produção de corante *Dacti Dactylopiuscoccus* Costa). In: IGLESES, P.; BARBERA, G.; BARRIOS, E.P. (Eds.) **Agroecologia, cultivo e utilizações da palma forrageira**. Roma: FAO, 1999. 216p. Co-editado pelo Sebrae-PB, João Pessoa, 2001.

FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 519 p.

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

FREY, M. L. SILVA, C. A. T. DA; FERNANDES, F. C. S. Efeito da adubação mineral, adubação orgânica e associação dos mesmos na cultura do milho. **Cascavel**, v.4, n.3, p.173-179, 2011.

GALBIATTI, J. A.; SILVA, F. G.; FRANCO, C. F.; CAMELO, A. D. Desenvolvimento do feijoeiro sob o uso de biofertilizante e adubação mineral. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.167-177, 2011.

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

GOMES, J. A.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SAGRILO, E.; MORA, F. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 521-529, 2005.

GOMES-BRENES, R., BENDAÑA, G., GONZÁLES, J. M. JARQUÍN, R., BRAHAM, J. E. Y BRESSANI, R. Efectos del tratamiento de la pulpa del café, fresca o ensilada con hidróxido de calcio, sobre su valor nutritivo. **Sociedad Latinoamericana de Nutrición**. 38: 173-187. 1988.

GREENLAND, D. J.; WILD, A.; ADAMS, D. Organic matter dynamics in soils of the tropics from myth to complex reality. In: LAL, R.; SANCHEZ, P.A. (Eds.) *Myths and science of soils of the tropics*. SSSA **Special Publication** n.29. Wisconsin: Copyright, p.17-33, 1992.

GUALBERTO, V.; MELLO, C. R. de; NÓBREGA, J. C. A. **O uso do solo no contexto agroecológico: uma pausa para reflexão**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 24, n.220, p.18-28, 2003.

HIGASHIKAWA, F. S.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W. Chemical and physical properties of organic residues. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, 34:1743-1752, 2010.

HSU, J. H.; LO, S. L. Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformations during composting of pig manure. **Environmental Pollution**, 104:189-196, 1999.

Instituto Brasileiro de Mineração. Fosfato/Potássio/Fertilizantes. **Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira**. 6ª edição 2011. 28p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Organominerais**. Piracicaba: s.n.t, 1999. 146p.

KONZEN, E. A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. Informe técnico. V Seminário Técnico da Cultura do Milho.- Videira, SC, **Anais...** agosto/2003

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: ed. Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p

LIMA, F. F. de; GASPAR, J. C.; LIMA FILHO, F. A de S.; PEREIRA, D. H. M.; URTADO, M. B. **Características fisiométricas do feijão-caupi sob efeito da dubação fosfatada residual em região de cerrado maranhense**. III CONAC, Congresso Nacional de Feijão-caupi. Recife – PE, 2013.

LIMA, C. J. G. de S.; OLIVEIRA, F. de A. de; MEDEIROS, J. F. de; OLIVEIRA, M. K. T. de; OLIVEIRA FILHO, A. F. de. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupi. **Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.21, n.1, p.120-127, janeiro/março de 2008.

LIMA, J. D.; MORAES, W. S.; MENDONÇA, J. C.; NOMURA, E. S. Resíduos da agroindústria de chá preto como substrato para produção de mudas de hortaliças. **Ciência Rural**, v.37, p.1609-1613, 2007.

LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; SOARES, W. A.; SILVA, I. F. Estimativa da evapotranspiração do feijão-caupi utilizando o modelo de Penman-Monteith, **Irriga**, v.11, p.477-491, 2006.

LIU, F.; STÜTZEL, H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. **Scientia Horticulturae**, v.102, p.15-27, 2004.

MACHADO, C. F.; N. J. P. T.; FREIRE FILHO F. R.; ROCHA, M. M.; GOMES, R. L. F. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos Rev. **Ciência Agrônômica**. Fortaleza, v. 39, n. 01, p. 114-123, Jan.-Mar., 2008.

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

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e Adubações**. São Paulo: Ed. 45. 2006.

MARTINS, E. de S.; OLIVEIRA, C. G. de; RESENDE, Á. V. de; MATOS, M. S. F. de. **Agrominerais – Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Alternativas de Potássio para a Agricultura**. Rochas e Minerais Industriais – CETEM/2008, 2a Edição.

MATIELLO, J. B. **O café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. p. 320

MAZZAFERA, P.; YAMAOKA-YANO; VITÓRIA, A. P. Para que serve a cafeína em plantas? **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.8, n.1, p. 67-74, 1996.

MELLO, S. C.; PEREIRA, H. S., VITTI, G. C. Efeitos de fertilizantes orgânicos na nutrição e produção do pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.3, p.200-203, 2000.

MELO, F. 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. 228-242.

MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Influência da calagem e da adubação fosfatada na produção de feijão macassar (*Vigna unguicula* (L.) Walp). In: Seminário de pesquisa agropecuária do Piauí, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa/CPAMN, 1997. p.144-149. (EMBRAPA-CPAMN. Documentos, 12).

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A. Influência de métodos de digestão e massa de amostra na recuperação de nutrientes em resíduos orgânicos. **Química Nova**, 31:556-561, 2008.

MELO, V. F.; CORRÊA G. F.; MASCHIO P. A.; RIBEIRO A. N.; LIMA V. C. Importância das espécies minerais no potássio total da fração argila de solos do triângulo mineiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 807-820, 2003.

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

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

MONTEIRO, M. C.; TRUGO, L. C.; Determinação de componentes bioativos em amostras comerciais de café torrado. **Química Nova**, v. 28. N.4 p.637-641. 2005.

MORAL, R.; MORENO-CASELLES, J.; PERREZ-MURCIA, M. D.; PEREZ-ESPINOSA, A.; RUFETE, B.; PAREDES, C. Characterization of the organic matter pool in manures. **Bioresource Technology**, 96:153-158, 2005.

NASCIMENTO, H. T. S. do; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. M.; RIBEIRO, V. Q.; DAMASCENO-SILVA, K. J. Produção, avanços e desafios para cultura do feijão-caupi no Brasil. In: Congresso nacional de Feijão-caupi; Reunião nacional de Feijão-caupi, 2009, Belém, PA. Da agricultura de subsistência ao agronegócio. **Anais...** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 1 CD-ROM.

NASCIMENTO, M.; MONTE, M. B. M. LOUREIRO, F. E. L. **Agrominerais: Potássio**. In: Rochas, Minerais Industriais: Usos e especificações. Ed: LUZ, A. B.; LINS, F. A. 2 ed. Cap8. p. 175-203. CETEM/MCT. Rio de Janeiro, 2008.

NEVES, L. S.; ERNANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 25-32, 2009.

NOGUEIRA, F. D.; SILVA, E. de B. GUIMARÃES, P. T. G. Adubação Potássica do Cafeeiro: sulfato de potássio. **Washington, DC: SOPIB**, 2001 81p.

OADES, J. M. The retention of organic matter in soils. **Biogeochemistry**, v.5, p.35-70, 1988.

OLIVEIRA, G. A. **Efeito da irrigação e doses de fósforo sobre o feijão-caupi cultivado em campo e casa de vegetação**. 2010, Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Roráima. 65 Boa Vista, 2010.

OLIVEIRA, I. P. de; CARVALHO, A. M. de. **A cultura do caupi nas condições de clima e de solo nos trópicos úmido e semiárido do Brasil**. In: ARAÚJO, J. P. P.de; WATT, E. E. (Org.). O caupi no Brasil. Brasília, DF: Embrapa-CNPAP; idaban; ITA, 1988. p 65-96.

OLIVEIRA, L. A. M. de; SOUZA, A. E. de. **Potássio**. Balanço Mineral Brasileiro. 2001.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BOAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 95-103, 2008.

OLIVEIRA, R. H.; ROSOLEM, C. A.; TRIGUEIRO R. M. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 28:439-445, 2004.

PAIVA, J. B.; TEÓFILO, E. M.; SANTOS, J. H. R. dos; LIMA, J. A. de A.; GONÇALVES, M. de F. B.; SILVEIRAS, L. de F. S. "Setentão" uma nova cultivar de feijão de corda para o estado do Ceará. **Acta Botânica Brasilica**, v.4, n.2, p. 165-169, 1990.

PARRY, M. M.; KATO, M. de S. A.; CARVALHO, J. G. de. Macronutrientes em caupi cultivado sob duas doses de fósforo em diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.3, p.236-242, 2008.

PEDRO, J. **Uso, manejo e caracterização de agricultores e de variedades locais angolanas de feijão-macunde (Vigna unguiculata (L.) Walp.)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2007. 110 p.

PEREIRA, R. F.; LIMA, A. S. de; MAIA FILHO, F. das C. F.; CAVALCANTE, S. N.; SANTOS, J. G. R. dos; ANDRADE, R. Produção de feijão vigna sob adubação orgânica em ambiente semiárido. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.9, n.2, abril/junho p.27 – 32, 2013.

PEREIRA, R. P.; BELTRÃO, N. E. de M.; ARRIEL, N. H. C.; SILVA, E. S. B. da. Adubação Orgânica do Gergelim no Seridó Paraibano. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, PB, v. 6, n. 2, p. 515 – 523. 2002.

PEREZ-MARIN, A. M.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, E. D.; SAMPAIO E. V. S. B. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistemas agroflorestal no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.555-564, 2006.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 791-796, 2003.

PERIN, A; CRUVINEL, D. J.; SILVA, J. W. Desempenho do gergelim em função da adubação NPK e do nível de fertilidade do solo. **Acta Scientiarum**. Agronomy Maringá, v. 32, n. 1, p. 93-98, 2010.

PINHO, de J. L. N.; TÁVORA, F. J. A. F.; GONÇALVES, J. A. **Aspectos Fisiológicos**. In: FEIJÃO-CAUPI Avanços tecnológicos. 1. ed. Brasília, DF. 2005. Cap. 4, p. 191-210.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. **Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura**. Jaguariúna, Embrapa, 2008. 9p. (Circular Técnica, 19).

PULGARIN, C., SCHWITZGUEBEL, J. E TABACCHI, R. Comment blanchir les residus du café noir. **Biofutur**, 102: 43-50. 1991.

PUPPALA, N.; FOWLER, J. L.; JONES, T. L.; GUTSCHICK, V.; MURRAY, L. vapotranspiration, yield, and water-use efficiency responses of *Lesquerella fendleri* at different growth stages. **Industrial Crops and Products**, v.21, p.33-47, 2005.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

RAMOS, H. M. M.; BASTOS, E. A. B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; CARDOSO, M. J.; NASCIMENTO, F. N. **Eficiência do uso da água e produtividade de grãos do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos**. III CONAC. Congresso Nacional de Feijão Caupi. Recife, 2013.

RESENDE, A. V.; MARTINS, E. de S.; OLIVEIRA, C. G. DE; SENA, M. C. de; MACHADO, C. T. T.; DANIEL IOSHITERU KINPARA, D. I.; OLIVEIRA FILHO, E. C. de. **O suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura brasileira**. **Espaço e Geografia**, Brasília, DF, v. 9, n. 1, p. 19-42, 2006.

RIZHSKY, L.; LIANG, H.; MITTLER, R.; The combined effect of drought stress and heat. Shock on gene expression in tobacco. **Plant Physiology**, v.130, p.1143-1151, 2002.

ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com bio sólido. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 28:623-639, 2004.

ROCHA, M. M. C.; ARAÚJO FILHO, J. A. Efeitos da adubação mineral e orgânica sobre a produção de fitomassa do estrato herbáceo em duas regiões do sertão nordestino. **Agropecuária Científica no Semiárido**. v.05, 22-29, 2009.

ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F. R. Feijão-Caupi (Grãos). Agência de Informação Embrapa, MAPA. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_75_510200683537.html. Acesso: 06 Out. 2013.

RODRIGUES, G. O.; TORRES, S. B.; LINHARES, P. C. F.; FREITAS, R.S.; MARACAJÁ, P. B. Quantidade de esterco bovino no desempenho agrônômico da rúcula (*Eruca sativa* L.), cultivar cultivada. *Revista Caatinga*. Mossoró- RN, v.21, n.1, p.162-168, janeiro/março de 2008.

RODRIGUES, J. E. L. F.; TEIXEIRAS, R. N. G. **Adubação NPK em feijão BR-3 Tracueteua no município de Pontas de Pedras**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 3p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 191).

RODRIGUES, M. A. de C.; BUZETTI, S.; MAESTRELO, P. R.; LINO, A. C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; GARCIA, C. M. de P. Cloreto de potássio revestido em efeito residual no feijoeiro de inverno irrigado na região de cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1011-1022, maio/jun. 2013.

ROSA, S. D. V. F.; SANTOS, C. G. dos; PAIVA, R.; MELO, P. Q. de L.; VEIGA, A. D.; VEIGA, A. D.; Inibição do desenvolvimento *in vitro* de embriões de *coffea* por cafeína exógena. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 28, n. 3, p.177-184, 2006.

ROSOLEM, C. A. et al. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 6, 2006.

ROSOLÉM, C. A.; MATEUS, G. P.; GODOY, L. J. G.; FELTRAN, J. C.; BRANCALÃO, S. R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.875-884, 2003.

ROYO, J. FERTILIZANTE PROVENIENTE DA MISTURA DE COMPOSTO ORGÂNICO E FONTES MINERAIS MANTÉM A MESMA PRODUTIVIDADE DOS ADUBOS COMERCIAIS. 2010. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21891;secao=Agrotomas#null>>. Acesso em: 20 de nov. 2013.

SALCEDO, I. H. Fertilidade do solo e agricultura de subsistência: Desafios para o Semi-árido Nordeste. *In: Fertibio*, 2004, Lages. **Anais...** Lages: UDESC, 2004.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVA, F. B. R. Fertilidade de solos do semi-árido do Nordeste. *In: Reunião brasileira de fertilidade dos solos e nutrição de plantas*, 21, 1995, Petrolina. **Anais...** Insumo básico para a agricultura e combate à fome. Petrolina: Embrapa CPTSA/SBCS, 1995. p.51-71.

SANTOS, A. F. dos; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, v. S.; PÉREZ-MARIN, A. M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.12, p.1267–1272, 2010.

SANTOS, J. C. F. 2006. *In*: AGRONLINE: **Cobertura morta na lavoura de café**. 2006. Disponível em:<<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=345>>. Acesso em 24 ago. 2013.

SANTOS, R. H. S.; SILVA, F. da; CASALI, V. W. D.; CONDE, A. R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1395-1398, nov. 2001.

SATER, O.; SOUZA, N. D. de; OLIVEIRA, E. A. G. de; ELIAS, T. de F.; TAVARES, R. Estudo comparativo da carbonização de resíduos agrícolas e florestais visando à substituição da lenha no processo de secagem de grãos de café. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.6, p. 717-722, nov/dez, 2011.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da Região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis, SC: EPAGRI, 1996. 46 p.

SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M.; SANTOS, M. R. dos; SALGADO, L. T. Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.3, p. 294-299, 2009.

SEITER, S.; HORWATH, W. R. **Strategies for managing soil organic matter to supply plant nutrients**. *In*: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. (Ed.). Soil organic matter in sustainable agriculture. London, p.269 -293. 2004.

SGUARIO JÚNIOR, J. C.; DAROS, E.; PAULETTI, V.; RONZELLI JÚNIOR, P.; SOARES-KOEHLER, H.; OLIVEIRA, R. A. Doses e formas de aplicação de potássio na cultura do feijoeiro em sistema de semeadura direta na palha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 7, n. 1-2, p. 9-14, 2006.

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 Amazonica** vol. 40(1) 2010: 31 – 36.

SILVA, C. A. **Uso de resíduos orgânicos na agricultura**. *In*: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, R. A. O. eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.113-136.

SILVA, D. C. O. da; ALVES, J. M. A.; ALBUQUERQUE, A. de A. de; LIMA, A. C.; VELOSO, M. E. da S.; SILVA, L. dos S. Controle de insetos-praga do feijão-caupi na savana de Roraima. **Revista Agro@mbiente** On-line, v. 5, n. 3, p. 212-219, setembro-dezembro, 2011.

SILVA, P. H. S.; BLEICHER, E.; CARNEIRO, J. S.; BARBOSA, F. R. **Manejo da mosca branca *Bemisia tabaci* biótipo B na cultura do caupi**. *In*: HAJI, F. N. P.; BLEICHER, E.

(Ed.). Avanços no manejo da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. p. 121-129.

SILVEIRA, P. M. da; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 11, p. 1269-1276, 1993.

SOARES, B. E. G.; **Valorização de Subprodutos Industriais por Oxipropilação**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro, Portugal, 2011.

SOARES, J. L. N. ESPÍNDOLA, C. R.; CASTRO, S. S. de. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:1005-1014, 2005.

SOUSA, M. das D. M. de; CARVALHO, C. M. de; SABINO, R. de K.; LOPES, P. H.; ALCÂNTARA, V. da S.; SILVESTRE, A. C. A. Feito da adubação potássica no crescimento do feijão de corda preto. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, nº. 1, p. 66 - 73, 2013.

SOUZA, C. A. M. OLIVEIRA, R. B. de; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. de S. Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.243-249, 2006.

SOUZA, M. das D. M. de; CARVALHO, C. M. de; SABINO, R. de K. S.; LOPES, P. H.; ALCÂNTARA, V. da S.; SILVESTRE, A. C. A. Efeito da adubação potássica no crescimento do feijão de corda preto. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.7, nº. 1, p. 66 - 73, 2013.

SOUZA, V. B. de; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D. e; OLIVEIRA, M. B. de; LACERDA, M. L.; CARVALHO, A. J. de. Número de dias para o início do florescimento de linhagens de feijão-caupi de porte ereto e semiereto no norte de minas gerais *In: III CONAC*. Congresso nacional de feijão-caupi. **Anais...** Abril de 2013. Recife – PE.

STEINER, F. **Formas de potássio em solos do estado do Paraná e na sua disponibilidade para as plantas em cultivos sucessivos**. 2010, Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Oeste do Paraná. Marechal Candido Rondon, 2010. 87p.

STEWART, B.A., ROBINSON, C.A. Are agroecosystems sustainable in semiarid regions? **Advances in Agronomy**, v.60, p.191-228, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Ed.). **Fisiologia Vegetal**. 5a. ed. Porto Alegre: Artimed, 2013. 954 p.

TALBORTT, L. D. SRIVASTORE, A. ZEIGUER, E. Stomatofrom from growth-chamber-grown vicia faba have an enhanced sensitivity to co^2 . **plant cell Environ**. 19: p. 1188-1198. 1996.

TEDESCO, M. J.; SELBACH, P. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O. Resíduos orgânicos no solo e impactos no ambiente. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre, **Gêneses**, 1999. p.159-192.

- THEODORO, G. de F.; MARINGONI, A. C. Efeito de doses de potássio na severidade da murcha-decurtobacterium em cultivares de feijoeiro comum. **Summa phytopathol**, Botucatu, v. 32, n. 2, p. 139-146, 2006.
- TIESSEN, H.; SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Nutrient and soil organic matter dynamics under shifting cultivation in semiarid Northeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.38, p.139-151, 1992.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.32, n.4, p. 1609-1618, 2008.
- VALE A. T.; GENTIL L. V.; GONÇALEZ J. C.; COSTA A. F. Caracterização energética e rendimento da carbonização de resíduos de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e de madeira (*Cedrelinga catenaeformis*), **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 416-420, out./dez. 2007.
- VASCONCELOS, A. G. V. de; LIRA, M. de A.; CAVALCANTI, V. L. B. SANTOS, M. V. F. dos; WILLADINO, L. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira Zootecnia**, v.38, n.5, p.827-831, 2009.
- VELOSO, C. A. C.; SILVA, A. R.; EL-HUSNY, J. C.; SILVA, A. R. B. e; MARTINEZ, G. B. Resposta do feijão-caupi à adubação fosfatada e potássica em latossolo amarelo do nordeste paraense. *In: III CONAC, Congresso Nacional de Feijão-caupi. Anail... Recife – PE, 2013.*
- WOICIECHOWSKI, A. L.; SOCCOL, C. R.; CAMARGO, F.; PANDEY-CSIR, A. Produção de goma xantana a partir de resíduos da agroindústria do café. *In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. 1., 2000. Poços de Caldas. Anais... Poços de Caldas, 2000.*
- WORDELL FILHO JA; ROWE E; GONÇALVES PAS; DEBARBA JF; BOFF P; THOMAZELLI LF. 2006. **Manejo Fitossanitário na Cultura da Cebola**. Florianópolis: Epagri, 226p.
- YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 2005.
- ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BARREIRO, A. P.; NAKAGAWA, J.; CLAUDIO CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 28, nº 1, p.09-15, 2006.