

SISTEMAS DE MANEJO E EFEITO RESIDUAL DO POTÁSSIO NA PRODUTIVIDADE E NUTRIÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI¹

JESSIVALDO RODRIGUES GALVÃO^{2*}, ANTONIO RODRIGUES FERNANDES³, NILVAN CARVALHO MELO⁴, VICENTE FILHO ALVES SILVA⁵, MARCOS PAULO FERREIRA DE ALBUQUERQUE⁶

RESUMO - O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L) Walp] tem grande importância econômica e social no Estado do Pará. Devido a desenvolver-se bem em áreas com baixa precipitação pluvial e apresentar elevada eficiência nutricional, pode ser uma alternativa como cultura de segundo ciclo anual. O objetivo foi avaliar o efeito residual da adubação potássica, realizada na cultura de primeiro ciclo de cultivo sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), e de sistemas de manejo sobre a produtividade de grãos e teores de macronutrientes em cultivares de feijão-caupi. O experimento foi realizado no campus da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) em Latossolo Amarelo distrófico. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 4 x 3, com quatro repetições. Os fatores corresponderam aos sistemas de manejo (plantio direto e convencional), doses de KCl (50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) aplicadas no cultivo anterior (sorgo) e três cultivares de feijão caupi (BRS-Milênio, BRS-Urubuquara e BRS-Guariba). O cultivar BRS-Guariba foi o mais produtivo, atingindo uma produtividade de grãos de 1590 kg ha⁻¹, com a dose de 100 kg de KCl ha⁻¹. Maiores teores de N e K foram encontrados nas plantas cultivadas no sistema plantio direto, enquanto teores de P e Mg foram maiores no sistema de plantio convencional. Os teores de Ca não sofreram influências dos sistemas de manejo.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*. Sucessão de culturas. Teor de nutrientes. Plantio direto

SOIL MANAGEMENT SYSTEMS AND RESIDUAL EFFECT OF POTASSIUM ON YIELD AND LEAF NUTRIENT CONTENT OF COWPEA

ABSTRACT - Cowpea [*Vigna unguiculata* (L) Walp] have great social and economic importance for the Para State. It grows well in areas with low precipitation and two crop cycles can be obtained annually. This study aimed to assess the effect of the residual fertilization from a previous culture (*Sorghum bicolor* L. Moench) and crop systems on cowpea yield and macronutrient concentration on leaves of three cowpea cultivars (BRS-Milênio, BRS-Urubuquara e BRS-Guariba). The study was conducted at the UFRA. The treatments were two crop systems (minimum tillage and conventional), four levels of potassium (50, 100, 200 e 300 kg de KCl ha⁻¹ applied to a previous sorghum culture) and the three cowpea cultivars. Treatments were organized as a three (4 x 2 x 3) factor experiment on a randomized complete block design. The soil was a yellow latosol. In each experiment plot five plants were selected to determine shoot dry matter and foliar nutrient concentration. Grain yield was determined after harvesting all plants on the experiment plot. The residual KCl fertilization affected foliar nutrient content, but did not affect shoot dry mass or yield of grain. Yield was higher in the minimum tillage system. Highest yield (1590 kg ha⁻¹) was recorded in the cv. 'Guariba' when 100 kg of KCl ha⁻¹ had been used in the previous crop. The highest content of leaf N and K was found in cowpea under minimum tillage system. The amount of P and Mg were higher in the conventional system whereas the amount of Ca did not change.

Keywords: *Vigna unguiculata*. Crop rotation. Leaf nutrient content. Tillage systems.

* Autor para correspondência.

¹ Recebido para publicação em 05/06/2012; aceito em 10/05/2013
Parte da tese de Doutorado do primeiro autor.

² Doutor em Ciências Agrárias, UFRA, 66.077-901, Belém-PA. jessivaldogalvão@ufra.edu.br

³ Professor Associado do Instituto de Ciências Agrárias, UFRA, 66.077-901, Belém-PA. antonio.fernandes@ufra.edu.br

⁴ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRA, 66.077-901, Belém-PA. nilvan.melo@ufra.edu.br

⁵ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, UNESP, 14884-900, Jaboticabal-SP. vicentedelta@yahoo.com.br

⁶ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFRA, 66.077-901, Belém-PA. agroalbuquerque@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O feijão caupi se destaca como importante cultura para os Estados da região Norte e Nordeste. O Estado do Pará é o maior produtor de caupi da região Norte, cuja produção se concentra na mesorregião do Nordeste paraense. Embora seja uma cultura tropical com boa adaptação a solos de baixa fertilidade, o emprego de cultivares tradicionais com baixa capacidade produtiva e o baixo nível tecnológico empregado tem levado a reduzidas produtividades de grãos (VESTERAGER et al., 2008; MATOS FILHO et al., 2009). Por outro lado, em condições adequadas de fertilidade do solo e utilizando-se cultivares melhoradas, o feijão-caupi pode alcançar produtividade de grãos 3000 kg ha^{-1} de grãos (OLIVEIRA et al., 2001a).

Com o advento do plantio direto (PD), inúmeros benefícios nos atributos físico-químicos do solo têm sido conseguidos, resultando em aumentos da produção das culturas. Os principais benefícios do PD estão relacionados ao aumento na matéria orgânica do solo e da atividade da micro e mesofauna, diminuição das perdas de solo, melhorias na aeração e densidade do solo, promovendo maior crescimento das raízes, conferindo maior capacidade de absorção de água e nutrientes para as plantas (BOER et al., 2007).

O potássio (K) nos solos tropicais é um dos nutrientes que mais limita a produção e geralmente aparece como nutriente obrigatório nas formulações de fertilizantes, respaldado pelo paradigma de que os teores trocáveis no solo são baixos. Assim, é necessário preservá-los com adubações potássicas para garantir o desenvolvimento das plantas (KAMINSKI et al., 2007).

O K é bastante móvel no solo cujas principais funções estão ligadas a processos vitais, tais como: fotossíntese, translocação e balanço iônico (MARSCHNER, 1995). A difusão é o principal mecanismo de transporte do K até a raiz; contudo, o fluxo de massa pode ter contribuição significativa no processo quando a concentração de K na solução do solo é elevada (RUIZ et al., 1999).

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.

O objetivo foi avaliar o efeito residual de doses de potássio, aplicadas na cultura de primeiro ciclo (sorgo), e de sistemas de manejo do solo, sobre a produção e teores de nutrientes na massa seca das folhas de cultivares de feijão-caupi, em Latossolo Amarelo da Amazônia Oriental.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de dezembro/2007 a agosto/2008 em área da Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA, localizada no município de Belém (PA), apresentando como coordenadas geográficas $48^{\circ} 26'28''$ de longitude Oeste de Greenwich e $01^{\circ}27'9''$ de latitude Sul, cujo solo foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), com as características químicas, antes do cultivo do caupi, descritas na Tabela 1.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Af com temperatura média anual de 26°C , com alta pluviosidade, sendo a média de $2.754,4 \text{ mm}$ anuais, ocorrendo uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma estação menos chuvosa, de junho a novembro (NECHET, 1993).

O cultivo do feijão-caupi foi realizado em sucessão ao cultivo do sorgo, utilizando-se um delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema fatorial $2 \times 4 \times 3$, com quatro repetições. Os fatores foram dois sistemas de manejo (plantio direto e convencional), quatro doses de potássio (50, 100, 200 e 300 kg ha^{-1}) na forma de KCl e três cultivares de caupi (BR-Milênio, BR-Urubuquara e BR-Guariba). Utilizou-se como tratamento controle a dose de 50 de KCl kg ha^{-1} devido aos baixos teores de K no solo (Tabela 1), inferior ao nível crítico para cultura (CRAVO et al., 2008), e a necessidade de produção das culturas subsequentes, como o caupi (objeto do trabalho) e a *Brachiaria*, por se tratar da recuperação de uma área degradada para uso com pastagem.

Antes da instalação do experimento coletaram-se amostras de solo na camada de 0,0 a 0,2 m, cujas análises químicas e físicas (EMBRAPA, 1997) resultaram: pH (H₂O) = 4,8; P = $66,8 \text{ mg dm}^{-3}$; K = $0,25 \text{ mmolc dm}^{-3}$; Ca = 2 mmolc dm^{-3} ; Mg = 2 mmolc dm^{-3} ; H + Al = $44,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$; V = 8,7 %; MO = $13,2 \text{ g kg}^{-1}$; areia grossa = $474,5 \text{ g kg}^{-1}$; areia fina = $336,5 \text{ silte} = 93 \text{ g kg}^{-1}$; e argila = 96 g kg^{-1} . Após o experimento com a cultura do sorgo, foram feitas análises químicas do solo nas parcelas onde foram aplicados os tratamentos com o KCl.(Tabela1).

No preparo inicial da área (antes do cultivo do sorgo) em plantio convencional, o solo foi mobilizado utilizando-se grade-aradora e, concomitantemente, incorporaram-se os resíduos vegetais e 2.700 kg ha^{-1} de calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases a 60%. No sistema de plantio direto, a calagem foi realizada com a aplicação do calcário em cobertura, após a dessecação da vegetação com herbicida (glifosate). A adubação básica, realizada no plantio da cultura do sorgo, constou de $200 \text{ kg de N ha}^{-1}$ (50% de sulfato de amônio no plantio e 50% de uréia em cobertura, trinta dias após a primeira, e realizada entre plantas a uma profundidade aproximada de 3 cm), $50 \text{ kg de superfosfato triplo ha}^{-1}$ e 30

kg de FTE-BR12 ha⁻¹, ambos no plantio. A adubação potássica foi realizada em duas etapas: a primeira (50%), por ocasião do plantio feito na linha, e a segunda (50% restante) junto com a adubação nitrogenada.

As parcelas foram formadas por quatro linhas de 4,0 m de comprimento por 1,5 m de largura. Utilizou-se o espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,3 m entre plantas. A área útil de cada parcela foi representada pelas duas fileiras centrais, excluindo-se duas plantas de cada extremidade, equivalendo a 3,7 m². Por ocasião do florescimento, foram coletadas cinco plantas ao acaso a 0,1 m acima da superfície do solo, as quais foram tornadas secas em estufa de circulação forçada a 65 °C para determinação do peso de massa seca da parte aérea. Do material seco foram coletadas amostras de folhas para análise do

teor de N, P, K, Ca e Mg.

As amostras de folhas foram submetidas à digestão nítrico-perclórica, determinando-se no extrato resultante os teores de P por colorimetria, K por fotometria de chama, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e o N pelo método semi-micro Kjeldahl, conforme Malavolta et al. (1997).

A produtividade dos grãos foi determinada ajustando-se o peso seco a 13% de umidade.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, comparando os sistemas de manejo e os cultivares pelo teste de Student-Newman-Keuls, a 5% de probabilidade, e o efeito das doses de potássio estudado por análise de regressão. Para a determinação da dosagem com maior eficiência técnica, em caso de quadrática, utilizou-se a primeira derivada da equação de regressão e igualando-se o resultado a zero.

Tabela 1. Análise química do solo após a colheita do sorgo.

Tratamentos	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	T	V	M
	H ₂ O	mg dm ⁻³				mmol _c dm ⁻³					%
PC1	4,75	69,05	0,45	2,50	1,20	0,45	2,95	4,15	7,10	58,45	6,35
PC2	4,70	68,75	0,45	2,50	1,25	0,45	2,95	4,20	7,15	58,74	6,45
PC3	4,65	67,85	0,60	2,55	1,25	0,55	3,15	4,40	7,55	58,28	7,50
PC4	4,70	68,10	0,80	2,65	1,40	0,45	3,05	4,85	7,90	61,39	5,65
PD1	4,75	67,85	0,55	2,70	1,40	0,45	3,05	4,65	7,70	60,39	5,80
PD2	4,70	69,00	0,65	2,55	1,40	0,45	3,35	4,60	7,95	57,86	5,75
PD3	5,00	69,30	0,60	2,55	1,35	0,55	2,95	4,50	7,45	60,40	7,55
PD4	4,60	68,30	0,90	2,60	1,25	0,45	3,00	4,75	7,75	61,29	5,85

PC = Plantio convencional, PD = Plantio direto, os números 1, 2, 3 e 4 correspondes as doses 50, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de KCl, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de KCl influenciaram os teores de N, K e Mg, efeito não observado para o P e Ca. Os sistemas de manejo exerceram efeitos significativos em todos os elementos, com exceção do Ca. Os teo-

res dos macronutrientes variaram entre os cultivares de feijão-caupi. As interações entre os fatores sistemas de manejo e cultivares foram significativas para os teores de N e K. Com relação às interações entre as doses de KCl com manejo do solo e das doses de KCl com os cultivares, os efeitos foram significativos apenas para o teor de K (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para o efeito das doses de KCl e sistemas de manejo, sobre a massa seca da parte aérea (MSPA), produtividade de grãos (PG) e teores de N, P, K, Ca e Mg no tecido foliar de cultivares de feijão-caupi em Latosolo Amarelo.

Fonte de Variação	G.L.	MSPA	PG	N	P	K	Ca	Mg
Doses de KCl (D)	3	**	**	*	ns	**	ns	*
Sistema de Manejo (SM)	1	**	*	**	**	**	ns	**
Cultivares (C)	2	ns	**	**	**	**	**	**
D x SM	3	**	*	ns	ns	**	ns	Ns
D x C	6	**	*	ns	ns	*	ns	Ns
SM x C	2	**	**	*	ns	**	ns	Ns
C.V (%)	-	8,41	16,22	9,54	16,43	15,59	22,34	21,05

*, ** e ns = a p < 0,05 e p < 0,01, e não significativo respectivamente, pelo teste SNK.

As doses de KCl influenciaram significativamente os teores de N, K e Mg (Figura 1). A dose máxima estimada que proporcionou maiores teores de N nas folhas de caupi foi de 177 kg de KCl ha⁻¹ (Figura 1a), sendo para o K a dose de 215,6 kg de KCl ha⁻¹ (Figura 1b). Os teores de Mg apresentaram uma resposta linear decrescente com o aumento das doses de KCl (Figura 1c). Os teores de N, K e Mg nas folhas estão acima dos valores considerados adequado para o feijão-caupi (MALAVOLTA et al., 1997). Os teores de N acima do nível crítico se devem provavelmente à capacidade do caupi em absorver o nutriente via fixação biológica. Em solo com baixo teor de N, a cultura do feijão-caupi é capaz de absorver o elemento em quantidade suficiente para o bom crescimento, pela fixação biológica do nitrogênio (OLIVEIRA et al., 2002; VESTERAGER et al., 2008).

A redução do teor de Mg em função das doses de KCl é explicado pelo aumento no teor de K na planta, devido ao aumento do teor no solo (Tabela 1), em função da adubação, o que levou ao antagonismo entre esses elementos, já que eles competem pelos mesmos sítios de absorção nas raízes (MASCARENHAS et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2001b).

Os teores de K, na média dos cultivares, sofreram influência da interação entre sistemas de uso e doses de KCl, sendo mais elevados no sistema de PC, exceto na dose de 200 kg ha⁻¹ (Figura 2a). No PC houve um aumento linear crescente, enquanto no PD ocorreu um ajuste a uma equação polinomial quadrática. Os teores foliares de K das plantas de feijão caupi em função das doses de KCl e dos cultivares variaram (Figura 2b). Na dose de 50 kg ha⁻¹ o cultivar BRS-Milênio apresentou maior teor de K do que o BRS-Guariba e BRS-Urubaquara, no entanto na dose de 100 kg ha⁻¹ menor teor foi observado apenas no BRS-Urubaquara. Os valores observados nos cultivares BRS-Milênio e BRS-Guariba ajustaram-se melhor ao modelo quadrático, enquanto no BRS-Urubaquara o melhor ajuste foi linear crescente. Ambos os cultivares são originados na mesma região, podendo assim as diferenças serem justificadas por variações genotípicas. Assim, há uma resposta diferenciada dos três cultivares na presença de K, evidenciando que o cultivar BRS-Milênio tem maior capacidade de absorção sob condições de doses baixas de KCl (50 kg ha⁻¹).

Os teores de N e K foram maiores no PD com os cultivares BRS-Urubaquara e BRS-Guariba, não havendo diferenças entre os sistemas para o cultivar BRS-Milênio (Tabela 3). Os teores de N obtidos, independente do cultivar e sistemas de uso do solo, estão acima da faixa considerada adequada para a cultura descrito por Malavolta et al. (1997), que varia entre 18 e 22 g kg⁻¹. Os teores de N observados neste estudo, se assemelham aos encontrados por Fonseca et al. (2010) obtidos no mesmo tipo de solo com diferentes doses de P e saturação por bases. Os valores

encontrados também foram mais elevados do que os obtidos por Parry et al. (2008), em feijão-caupi cultivado em Latossolo Amarelo do Nordeste paraense, que variaram de 16,4 a 24,5 g kg⁻¹. Embora tenha ocorrido aumento nas concentrações de K no solo, os teores do elemento encontrados na MSPA dos cultivares de feijão-caupi ainda são considerados baixos, conforme a faixa proposta por Malavolta et al. (1997), como adequada. Acredita-se que a variabilidade genética possa ter contribuído para isso, possibilitando que os cultivares se desenvolvam em doses baixas de KCl.

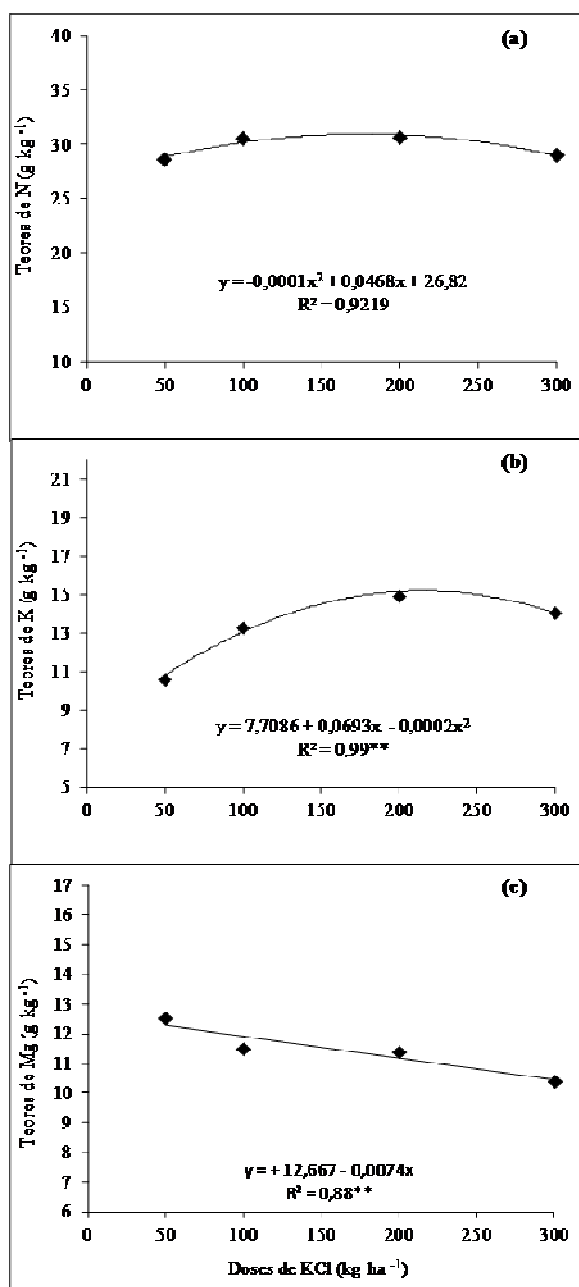


Figura 1. Teores de N, K e Mg no tecido de folhas de caupi em função das doses de KCl. Belém, PA. ** = $p < 0,01$, pelo teste t.

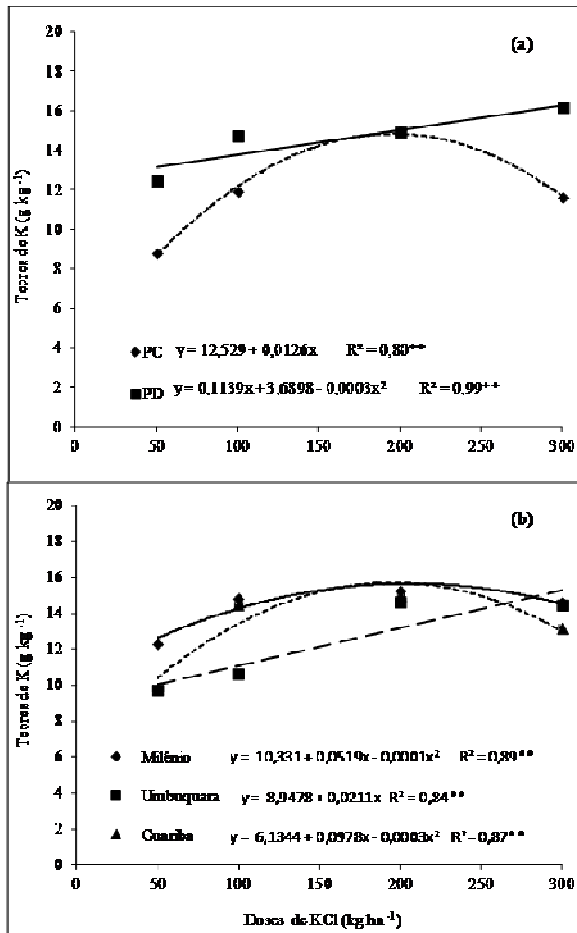


Figura 2. Teores de K no tecido de folhas de feijão-caupi em função da interação das doses de potássio com os sistemas de uso do solo (a) e com os cultivares (b). ** = p < 0,01, pelo teste t.

Tabela 3. Teores de macronutrientes encontrados no tecido foliar de cultivares de caupi em dois sistemas de manejo de solo. Belém, PA.

Cultivares	N		P		K		Ca		Mg	
	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC
g kg ⁻¹										
Milênio	29,19Ab	29,67Aa	3,03Bab	3,54Aab	14,50Aa	14,00Aa	23,62Ab	25,79Aab	9,94Bb	12,92Aa
Jrubuquara	30,06Ab	26,40Bb	2,97Bb	3,39Ab	14,39Aa	10,36Bb	32,52Aa	29,42Aa	12,56Aa	12,87Aa
Guariba	32,74Aa	30,04Ba	3,40Bb	3,90Aa	14,90Aa	11,09Bb	20,70Ab	23,3Ab	9,42Bb	11,21Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas nas linhas comparam cultivar nos sistemas de manejo, e minúsculas nas colunas, os cultivares dentro dos sistemas (plantio direto-PD e plantio convencional-PC), pelo teste SNK, p < 0,05.

de regressão que melhor representaram o efeito das doses de KCl nos sistemas de manejo foram as polinomiais quadráticas. No PD a máxima eficiência técnica para produtividade de MSPA dos cultivares de feijão-caupi foi obtida com a dose de 158 kg de KCl ha⁻¹, resultando uma produtividade de 1981 kg ha⁻¹. No PC a produção de máxima eficiência técnica foi de 1943 kg ha⁻¹ de MSPA, obtida com a dose equivalente a 182 kg de KCl ha⁻¹. A produtividade máxima obtida nos dois sistemas foi semelhante, no

Para os teores de P observaram-se maiores valores nos três cultivares no PC (Tabela 3). Os teores de P encontrados na MSPA foram mais elevados que aqueles considerados adequados por Malavolta et al. (1997), para o feijão-caupi, que pode ter sido ocasionado pela alta disponibilidade inicial de P no solo, favorecendo a maior absorção pela planta.

Não houve diferença entre os sistemas, para os três cultivares de feijão-caupi, em relação aos teores de Ca (Tabela 3). Os teores de Ca na MSPA de maneira geral estão abaixo da faixa ideal relatada por Malavolta et al. (1997), para o feijão-caupi. Os baixos teores de Ca na MSPA podem estar relacionados ao aumento do K no solo, promovido pelas doses de KCl aplicadas, que inibe a absorção de Ca, devido à competição entre esses cátions em níveis mais altos de K (SOARES et al., 1983).

Os teores de Mg foram maiores no PC para os cultivares BRS-Milênio e BRS-Guariba, enquanto para o cultivar BRS-Urubuquara os teores foram semelhantes (Tabela 3). Os teores de Mg na MSPA estão acima dos sugeridos como adequado por Malavolta et al. (1997), de 5 a 8 g kg⁻¹, para o feijão-caupi. Os altos teores de Mg observados neste trabalho podem estar relacionados ao efeito sinérgico causado pelo P que se encontra em concentração elevada no solo. Segundo Wilkinson et al. (1999), o sinergismo entre o P e o Mg ocorre após o ponto crítico de absorção de P, ponto em que aumenta a absorção de magnésio.

No sistema plantio direto (PD) a produtividade de MSPA foi maior em todas as doses em relação ao sistema convencional (PC), exceto quando se utilizaram 200 kg de KCl ha⁻¹ (Figura 3a). As equações

entanto no sistema plantio direto ela foi atingida com uma redução de 15% na quantidade de adubo. O efeito das doses de KCl sobre a massa seca dos cultivares de feijão-caupi foi significativo e melhor representado por equações de regressão polinomial quadrática (Figura 3b). A máxima eficiência técnica foi obtida nas dosagens de 237, 148 e 175 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 de

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 – Guarará, em função de doses de K, foi observado por Theodoro e Maringoni (2006) em solo argiloso, trabalhando em casa de vegetação.

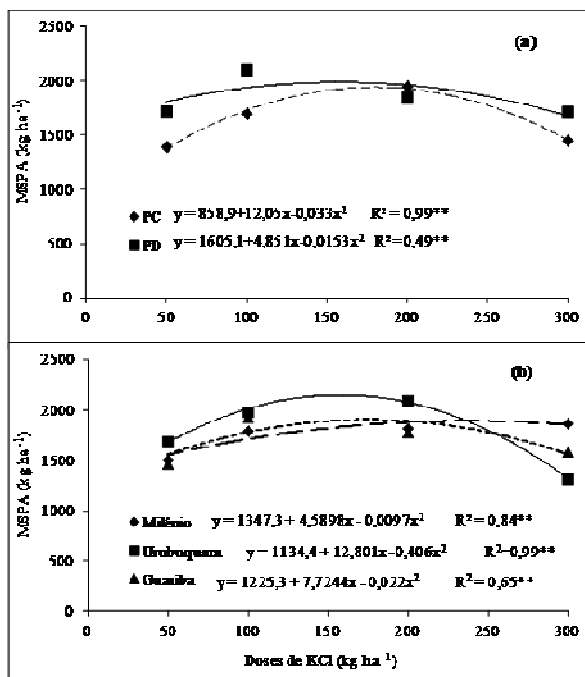


Figura 3. Massa seca da parte aérea (MSPA) de três cultivares de caupi sob plantio convencional (PC) e plantio direto (PD) (a) e em razão de doses de KCl (b), em um Latossolo Amarelo. ** = $p < 0,01$, pelo teste t.

Os cultivares BRS-Milênio e BRS-Guariba apresentaram maior produtividade de MSPA no sistema PD, enquanto o BRS-Urubuquara não sofreu influência dos sistemas de manejo, porém foi mais produtivo que os outros cultivares no PC (Figura 4). Maior produtividade de MSPA do feijão-caupi foi observado por Zilli et al. (2009) em área de mata alterada quando comparado a área de Cerrado em dois anos de cultivo.

A maior produtividade de grãos nos dois sistemas de uso foi obtida com a dose de 100 de KCl kg ha⁻¹, sendo o PD 12% maior do que o PC (Figura 5a). A equação que melhor representou o efeito das doses de potássio sobre a produtividade de grãos do feijão-caupi no PD foi linear decrescente, ou seja, redução na produtividade à medida que aumentaram as doses. Embora o melhor ajuste para a equação tenha sido linear decrescente, na dose de 100 kg ha⁻¹ a produção foi 5% maior que na dose de 50 kg ha⁻¹ ($p < 0,05$).

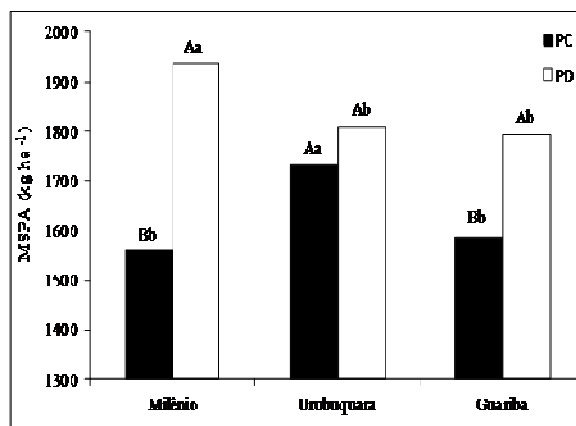


Figura 4. Massa seca da parte aérea (MSPA) do feijão-caupi em função da interação dos sistemas de manejo e cultivares. Letras maiúsculas comparam os cultivares entre sistemas e letras minúsculas dentro de cada sistema, pelo teste SNK, $p < 0,05$.

No PC a produtividade de máxima eficiência técnica foi de 1387 kg ha⁻¹, com a utilização de 145 kg de KCl ha⁻¹. Esse comportamento mostra que as doses de KCl estabelecidas nos tratamentos foram adequadas para o estudo, já que houve incremento significativo com as doses iniciais, passando por um máximo e decrescendo nas doses mais elevadas. 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. Aumentos na produtividade de caupi em função de doses de K₂O, em Neossolo Regolítico Psamítico típico, foi obtido por Oliveira et al. (2009), cujas produções foram superiores às obtidas neste trabalho, sendo a dose de máxima eficiência econômica de 141 kg ha⁻¹ para uma produção de 1870 kg ha⁻¹. Em área com cultivo convencional do Estado de Roraima elevadas produtividades de grãos de feijão-caupi têm sido obtida e tem variado de 1-177 kg ha⁻¹ (SILVA et al., 2010), utilizando-se doses de P, a 1.700 kg ha⁻¹ (ZILLI et al., 2009) com inoculação com rizóbio.

As necessidades de K para o ótimo crescimento das plantas situam-se na faixa de 20-50 g kg⁻¹ da massa das partes vegetais secas da planta, das frutas e dos tubérculos, entretanto às plantas tem a capacidade de absorver quantidades de K superior à sua necessidade, o que comumente é denominado consumo de luxo de K (MEURER, 2006). Para o desenvolvimento normal do feijão-caupi, a quantidade de K considerada crítica está entre 20 e 50 mg dm⁻³ (MELO et al., 2005). Em estudos realizados no Nordeste paraense por Cravo et al. (2008), foi constatado que nos solos dessa região o nível crítico do potássio é 26 mg dm⁻³. Embora as concentrações de K no solo fossem baixas, as doses de KCl utilizadas na pesquisa proporcionaram produtividades de grãos superiores à média regional (850 kg ha⁻¹), o que possivelmente esteja relacionada à eficiência das legu-

minosas em absorver, em condições favoráveis, quantidades significativas de K (ROSOLEM, 1996) e aos resíduos da cultura antecessora, uma vez que grande parte do K é lixiviado da palhada. Torres e Pereira (2008) estudaram a dinâmica de acúmulo e liberação de K nos resíduos das plantas de cobertura (poaceae e leguminosas) e 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.

Embora a interação das doses de KCl com os cultivares de feijão-caupi tenha sido significativa, apenas o BRS-Urubuquara e o BRS-Guariba responderam à adubação potássica em relação à produção de grãos (Figura 5b). A maior produtividade foi observada no cultivar BRS-Guariba com a dose de 100 kg ha⁻¹, ocorrendo redução com as doses de KCl mais elevadas, caracterizando ajuste para equação linear decrescente. Avaliando o comportamento agrônomico e a qualidade fisiológica de sementes de diferentes cultivares de feijão-caupi nas condições edafoclimáticas do sudeste goiano, Teixeira et al. (2010) observaram que o cultivar BRS-Guariba se destacou entre os melhores, apresentando produtividade de 2.211 kg ha⁻¹.

Para o cultivar BRS-Urubuquara, o ajuste se deu através de uma equação de regressão polinomial quadrática, em que a dose de 125 kg ha⁻¹ proporcionou uma produtividade de grãos de 1350 kg ha⁻¹. Em feijão azuki (*Vigna angularis*), em Latossolo Vermelho distroférrico, utilizando doses crescente de K₂O, Guarechi et al. (2009) obtiveram produtividade máxima de 1638,4 kg ha⁻¹ com dose de 42,2 kg ha⁻¹. Ressalta-se que os teores de K no solo eram superiores aos deste estudo. Para o cultivar BRS-Guariba, o melhor ajuste foi linear, observando-se redução na produtividade com o aumento das doses. Apesar do ajuste linear decrescente para este cultivar, a dose de 100 kg ha⁻¹ foi 10% superior à dose de 50 kg ha⁻¹ e 18% aquela atingida por 200 kg ha⁻¹.

A redução da produtividade de grãos com doses de KCl acima daquelas responsáveis pelas máximas produtividades, pode prejudicar o rendimento da planta, possivelmente, em consequência direta do efeito antagonico sobre outros cátions. O efeito antagonico reduz a absorção de outros cátions, isto é, exerce forte efeito competitivo sobre os nutrientes Ca, Mg, N e P, influenciando de forma negativa o desenvolvimento fisiológico das plantas e a produção de vagens e de grãos. Esse efeito pôde ser observado no experimento, com a redução nos teores de Mg à medida que as doses de KCl aumentaram.

Na interação dos sistemas de manejos com os cultivares (Figura 6), a maior produtividade dos grãos foi observada no cultivar BRS-Guariba, no PD, sendo esta 17% e 27% superior aos cultivares BRS-Milênio e BRS-Urubuquara, respectivamente. A produtividade dos cultivares BRS-Urubuquara e BRS-Milênio não foi alterada pelo sistema de manejo do solo. Por outro lado, no sistema de PC, maior produtividade de

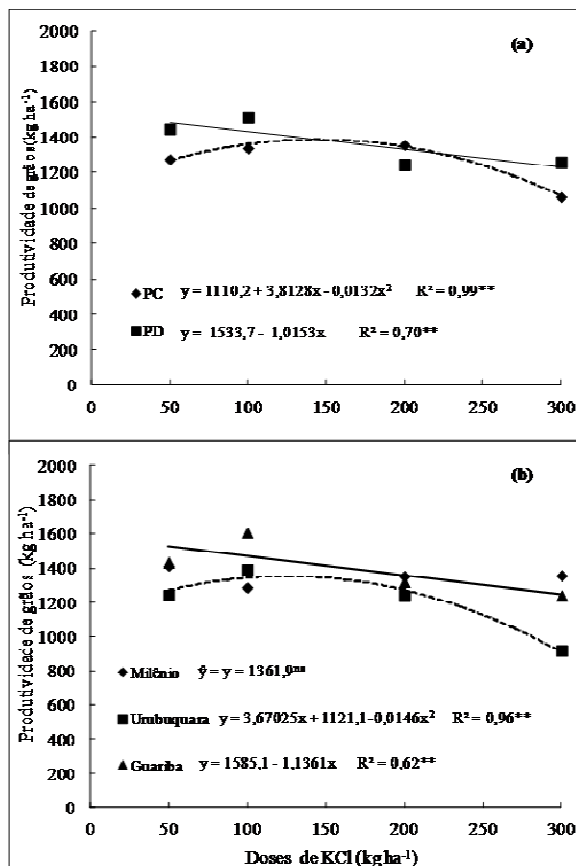


Figura 5. Produtividade de grãos do feijão caupi em função das interações das doses de K com o manejo do solo (a) e cultivares (b). ** e ns = p < 0,01 e não significativo respectivamente, pelo teste t.

feijão caupi foi obtida com o cultivar Milênio. Os cultivares BRS-Urubuquara e BRS-Guariba apresentaram médias de produtividades inferiores em 12 e 15% à produtividade do cultivar Milênio.

A produtividade de grãos de caupi para os cultivares BRS-Milênio e BRS-Urubuquara foi semelhante às encontradas por Freire Filho et al. (2009), no PC, nos municípios de Traquateua e Augusto Corrêa (PA), cujas médias foram de 1399 e 1277 kg ha⁻¹, respectivamente. Esses autores, trabalhando com os mesmos cultivares nos municípios de Teresina/PI e Brejo/MA, obtiveram produtividades de 661 e 1072 kg ha⁻¹, inferiores às encontradas no estudo. Por outro lado, a produtividade média da região é de 850 kg ha⁻¹ (SAGRI, 2010), bem inferior à obtida neste trabalho, sugerindo que com a melhoria da fertilidade do solo e do sistema de manejo a cultura do caupi pode apresentar altos ganhos de produtividade. Isto sugere que, em condições nutricionais adequadas os cultivares expressam melhor o potencial produtivo (GUALTER et al., 2008).

O cultivar BRS-Guariba apresentou maior produtividade de grãos no sistema PD (1590 kg ha⁻¹) em relação PC (1187 kg ha⁻¹). O cultivar BRS-Milênio mostrou maior resposta (1383 kg ha⁻¹) no PC, enquanto a produtividade do BRS-Urubuquara não diferiu entre os sistemas. Em trabalhos realiza-

dos com feijão-caupi, Olaoye (2002) obteve menor produtividade de feijão caupi em PC, em relação ao PD. Este autor atribuiu o fato ao aumento na densidade do solo, provocado pela compactação devido às operações de cultivo, reduzindo o conteúdo de água

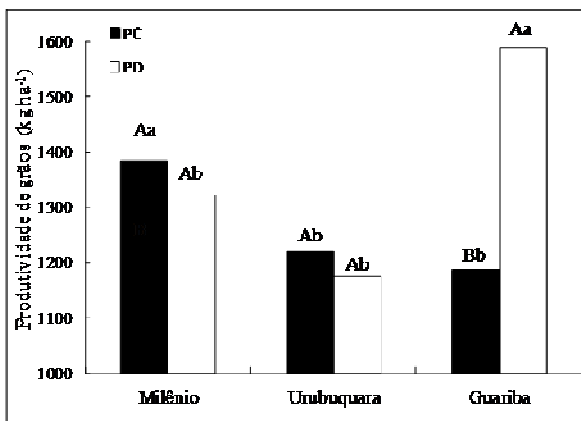


Figura 6. Produtividade de grãos de feijão-caupi em função da interação dos sistemas manejo e cultivares. Letras maiúsculas comparam os cultivares nos sistemas e letras minúsculas dentro de cada sistema, pelo teste SNK, $p < 0,05$.

CONCLUSÕES

O feijão-caupi apresentou aumento na produtividade de grãos quando cultivado após a cultura do sorgo, independente do sistema de manejo do solo;

O cultivar BRS-Guariba foi mais produtivo no plantio direto, o BRS-Milênio e o BRS-Urubuquara não sofreram influência do sistema de manejo. A dose de 100 kg de KCl ha⁻¹ proporcionou maior produtividade no sistema o plantio direto;

Os teores de N e K nas folhas foram maiores no sistema com plantio direto e os de P e Mg no sistema de plantio convencional. Os teores de Ca não foram influenciados pelos sistemas de manejo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro (479524/2007-6) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) novas fronteiras, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. p. 9, p. 1269-1276, 2007.

CRAVO, M. da S. et al. 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.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Revista Atual Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, RJ, EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (Documentos, 1).

FONSECA, M. R. et al. Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão-caupi em função do fósforo e da saturação por bases. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v. 53, n. 2, p. 195-205, 2010.

FREIRE FILHO, F. R. et al. BRS Milênio e BRS Urubuquara: cultivares de feijão-caupi para a região Bragantina do Pará. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 56, n. 6, p. 749-752, 2009.

GUALTER, R. M. R. et al. Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 469-474, 2008.

GUARESCHI, R. F. et al. Produtividade de feijão azuki em função de doses de potássio em cobertura. *Global Science and Technology*, Campus Rio Verde, v. 2, n. 2, p. 67-72, 2009.

KAMINSKI, J. et al. Depleção de formas de potássio do solo afetada por cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 31, p. 1003-1010, 2007.

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

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2. ed. Academic Press, San Diego, 1995, 889 p.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Calcário e potássio para a cultura de soja. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 445-449, 2000.

MATOS FILHO, C. H. A. M. et al. Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de planta. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 348-354, 2009.

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.

- MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.281-298.
- NECHET, D. Análise da Precipitação em Belém de 1896 a 1991. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 23, n. 45-46, p. 150-156, 1993.
- OLAOYE, J. O. Influence of tillage on crop residue cover, soil properties and yield components of cowpea in derived savannah ectones of Nigeria. **Soil & Tillage Research**, Ilorin, v. 64, n. 2, p. 179-187, 2002.
- OLIVEIRA, A. P. de. et. al. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão caupi, em Areia, PB. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 180-182, 2002.
- OLIVEIRA, A. P. de. et. al. Rendimento produtivo e econômico do feijão-caupi em função de doses de potássio. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 629-634, 2009.
- OLIVEIRA, A. P. et al. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 81-84, 2001a.
- OLIVEIRA, F. A.; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 329-335, 2001b.
- PARRY, M. M.; KATO, M. do 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**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 236-242, 2008.
- 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.
- ROSOLEM, C. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 353-390.
- RUIZ, H. A.; MIRANDA, J. E.; CONCEIÇÃO, J. C. S. Contribuição dos mecanismos de fluxo de massa e de difusão para o suprimento de K, Ca, Mg às plantas de arroz. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 1015-1018, 1999.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA DO PARÁ. **Produção de Feijão Caupi**. Disponível em: <<http://www.sagri.pa.gov.br>>. Acesso em: 05 Ago. 2010.
- SILVA, A. J. da. et. al. Resposta do feijão caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo de Roraima. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 31-36, 2010.
- SOARES, E. et. al. Efeito da relação entre teores trocáveis de Ca e Mg do solo na absorção de K por plantas de centeio. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 315-330, 1983.
- TEIXEIRA, I. R. et. al. Desempenho agrônomico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 300-307, 2010.
- 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.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.32, n.4, p. 1609-1618, 2008.
- VESTERAGER, J. M.; NIELSEN, N. E.; JENSEN, H. H. Effects of cropping history and phosphorus source on yield and nitrogen fixation in sole and intercropped cowpea– maize systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Bonn, v. 80, n. 1, p. 61-73, 2008.
- WILKINSON, S. R.; MAOLCON, E. S.; SUMNER, M. E. Nutrient interactions in soil and plant nutrition. In: SUMNER, M. E (ed.) **Handbook of soil science**. Boca Raton: C R C Press, 1999. p. 89-112.
- ZILLI, E. E. et. al. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, Roraima, v. 39, n. 04, p. 749-758, 2009.