



ARTIGO ORIGINAL

Murilo Rodrigues Arruda¹
Adônis Moreira^{2*}
Wenceslau Geraldes Teixeira³
Walter Maia Souza⁴
André Luiz Atroch¹
Firmino José do Nascimento Filho¹

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
Embrapa Amazônia Ocidental, Rod. AM-010,
Km 29, Zona Rural, 69010-970, Manaus, AM,
Brasil

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
Embrapa Soja, Rod. Carlos João Strass,
Zona Rural, 86001-970, Londrina, PR, Brasil

³Centro Nacional de Pesquisa de Solos,
Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico,
22460-000, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

⁴Universidade Federal do Amazonas – UFAM,
Av. Gal. Rodrigo O. J. Ramos, 3000, Setor Sul,
Coroado I, 69077-000, Manaus, AM, Brasil

Autor Correspondente:

*E-mail: adonis@cnpsa.embrapa.br

PALAVRAS-CHAVE

Amazônia Central
Paullinia cupana
Carvão vegetal
Esterco de galinha
Farinha de ossos e carne

KEYWORDS

Central Amazon
Paullinia cupana
Charcoal
Chicken manure
Meat and bone meal

Produtividade, fertilidade do solo e estado nutricional de clones de guaranazeiro cultivados com fontes orgânicas de nutrientes

Yield, soil fertility, and nutritional status of guarana clones cultivated with organic source of nutrients

RESUMO: O guaraná [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] é um dos produtos agrícolas mais importantes no Estado do Amazonas, sendo necessário implantar um sistema de produção de baixo impacto ambiental e econômico, visando principalmente ao pequeno produtor da região. Para isso, foi realizado um experimento com três clones de guaranazeiro (CMU 871, CMU 300 e CMU 612) cultivados em condições de campo em Manaus, Estado do Amazonas, sobre Latossolo Amarelo Distrófico (Oxisol) com 696 g kg⁻¹ de argila. O delineamento experimental utilizado foi o confundimento 3³ com uma repetição. Os tratamentos estudados foram: carvão vegetal (0; 800; 1600 kg ha⁻¹), esterco de galinha (0; 2720; 5440 kg ha⁻¹) e farinha de ossos e carne (0; 80; 160 kg ha⁻¹). Foram avaliados os seguintes aspectos: a produtividade, a fertilidade do solo e o estado nutricional. O clone CMU 871 mostrou-se mais promissor para o cultivo dentro do sistema utilizado. Nos três clones, as maiores produções de guaraná foram obtidas com o uso de 1600 kg ha⁻¹ de carvão vegetal, 2720 kg ha⁻¹ de esterco de galinha e 160 kg ha⁻¹ de farinha de ossos e carne. Nas condições edafoclimáticas estudadas, a quantidade aplicada em cobertura de carvão vegetal não influenciou a fertilidade do solo e o estado nutricional do guaranazeiro.

ABSTRACT: Guarana [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] is one of the most important crops in the State of Amazonas, Brazil. Despite its importance, there is lack of information regarding alternative cropping systems that could lower environmental impacts while improving the economic development of smallholders in the region. This study was carried out using a 3 × 3 experimental design with one replicate. Three rates of charcoal (0; 800; and 1600 kg ha⁻¹), chicken manure (0; 2720; and 5440 kg ha⁻¹), and meat and bone meal (0; 80; and 160 kg ha⁻¹) were applied on three guarana clones (CMU 871, CMU 300 and CMU 612) grown under field conditions in a soil classified as dystrophic Yellow Latosol (Oxisol) with 780 g kg⁻¹ of clay. The yield, soil fertility and nutritional status of the CMU 871, CMU 300, and CMU 612 guarana clones were evaluated. The clone CMU 871 presented the highest potential for cultivation in the system used. For all the three clones evaluated, the highest yield was obtained with the use of 2720 kg ha⁻¹ of chicken manure, 160 kg ha⁻¹ of meat and bone meal, and 1600 kg ha⁻¹ of charcoal per year. For the soil and climatic conditions where the experiment was carried out, the amount of charcoal spread did not affect the soil fertility and nutritional status of guarana plants.

1 Introdução

O guaranazeiro [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke] pertence à família Sapindaceae. Na natureza, cresce como liana até atingir o estrato superior da floresta; porém, quando cultivado, tem a forma de arbusto subereto com aproximadamente 3,0 m de altura (ARRUDA et al., 2009). No Estado do Amazonas, centro de origem, é cultivado, preferencialmente, sobre Latossolos e Argissolos; estes são conhecidos na região pela pobreza em nutrientes, com elevada acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) no complexo de troca (MOREIRA; FAGERIA, 2009). Na maioria das áreas, o seu cultivo é feito basicamente em pequenas propriedades, com plantas provenientes de sementes e ausência ou baixa aplicação de fertilizantes e tratamentos fitossanitários (PEREIRA, 2005).

Além da introdução de clones produtivos e tolerantes às doenças, existe a necessidade de buscar fontes alternativas de fertilizantes, que utilizem insumos de menor custo regional e que deem ao agricultor maior retorno financeiro. Dentro deste contexto, a adubação com resíduos gerados na própria unidade rural pode ser uma prática viável para o aumento da produtividade.

A utilização de adubos orgânicos, como os esterco de animais, adubos verdes e farinha de ossos e carne, entre outros, acarretam melhor estrutura e arejamento do solo, aumento da fertilidade e maior capacidade de armazenamento de água do solo (KIEHL, 1985); além disso, ocasiona maior economia no uso de fertilizantes químicos, que são trazidos de outras regiões do Brasil com custos elevados (MOREIRA; GONÇALVES, 2006).

Nas proximidades de Manaus, o esterco de galinha, o carvão vegetal e a farinha de osso são encontrados com certa facilidade (ARRUDA; TEIXEIRA, 2010), e mostram-se vantajosos. Também se deve levar em consideração que, com o manejo adequado, os produtos oriundos de cultivos orgânicos garantem maior valor agregado ao produtor quando comparados ao sistema convencional, no qual se utilizam fertilizantes quimicamente processados (CAMPANHOLA; VALARINI, 2001). Além disso, Steiner et al. (2007b) verificaram que, nas mesmas condições de clima e solo da Amazônia Central, as maiores produções de arroz (*Oriza sativa*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) foram obtidas com a utilização de carvão vegetal e esterco de galinha, quando comparadas à produção com aplicação de fertilizantes químicos.

O objetivo foi avaliar a produtividade, a fertilidade do solo e o estado nutricional de três clones de guaranazeiro (CMU 871, CMU 300 e CMU 612) cultivados em solo de baixa fertilidade natural, com adubação combinada de esterco de galinha, carvão vegetal e farinha de ossos e carne.

2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, localizado no município de Manaus, Estado do Amazonas (latitude 2° 53' 29,14" S e longitude 59° 58' 39,90" W, com 99 m de altitude). O clima dominante na região é o tropical úmido tipo Af pela classificação de Köppen, apresentando chuvas relativamente abundantes durante todo o ano (média de 2450 mm). A

quantidade de chuva no período de menor precipitação (julho a setembro) é sempre superior a 60 mm. A temperatura média anual da região é de 26 °C e umidade atmosférica, de 80% (SCHROTH et al., 1999).

O solo do local do experimento foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, que antes do plantio apresentava os seguintes atributos químicos na profundidade de 0-0,1 m: pH (água) = 4,3; N total 1,87 g kg⁻¹; P (Mehlich 1) = 2,9 mg dm⁻³; K (Mehlich 1) = 25,6 mg dm⁻³; Na (Mehlich 1) = 7,6 mg dm⁻³; Ca (KCl 1,0 mol L⁻¹) = 0,19 cmol_c dm⁻³; Mg (KCl 1,0 mol L⁻¹) = 0,15 cmol_c dm⁻³; Al (KCl 1,0 mol L⁻¹) = 1,45 cmol_c dm⁻³; H + Al (SMP) = 8,04 cmol_c dm⁻³; MO (matéria orgânica – Walkley Black) = 41,91 g kg⁻¹; Cu (Mehlich 1) = 0,1 mg dm⁻³; Fe (Mehlich 1) = 170,1 mg dm⁻³; Mn (Mehlich 1) = 1,9 mg dm⁻³; Zn (Mehlich 1) = 0,7 mg dm⁻³, e argila = 696,0 g kg⁻¹ (EMBRAPA, 1997; MOREIRA et al., 2004).

Foram utilizados três clones de guaranazeiro (CMU 300, CMU 871 e CMU 612) com cinco anos de idade, tolerantes à antracnose (*Colletotrichum guaranicola*), provenientes de estacas (PEREIRA, 2005) e dispostos em delineamento de blocos confundidos 3³ com uma repetição, descrito com detalhes em Pimentel-Gomes e Garcia (2002). Os fatores estudados foram: i) carvão vegetal com peneira menor de 10 mm (0; 800 e 1600 kg ha⁻¹), cuja composição química apresentou 225 kg m⁻³ de densidade, 29% de cinzas, 41% de carvão fixo, 6,5% de K₂O, 14% de Ca e 1,2% de P₂O₅; ii) esterco de galinha (0; 2720 e 5440 kg ha⁻¹), com a composição química de 59% de MO, 2,1% de N, 4,1% de P₂O₅, 1,9% de K₂O e 10:1 de relação C:N, e iii) a mistura de farinha de ossos e carne (0; 80 e 160 kg ha⁻¹), contendo: 27,9% de Ca e 40,3% de P₂O₅.

Durante dois anos, foram avaliadas seis plantas por parcela de 200 m². O espaçamento utilizado foi de 5 × 5 m, perfazendo 400 plantas ha⁻¹. Foram realizados dois coroamentos antes da adubação de forma superficial, evitando-se revolver em demasia o solo e sem cortar o sistema radicular das plantas, deixando os restos vegetais como cobertura morta como fonte de matéria orgânica. A calagem e adubação foram feitas de acordo com Pereira (2005) e os tratamentos aplicados a lanço, em cobertura na área de projeção da copa das plantas, antes do período chuvoso.

No início do florescimento, em cada tratamento, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-0,10 m, 0,11-0,20 m e 0,21-0,40 m na projeção da copa nos quatro pontos cardeais, para sua posterior homogeneização e retirada de uma amostra composta por parcela útil. As amostras foram destorroadas, secas ao ar e passadas em peneiras com malhas de 2,0 mm para determinação de pH (água), N total, C orgânico (CHNOS Elemental Analyzer – Perkin Elmer), P e K disponível (extrator Mehlich 1), e Ca, Mg e Al trocável (extrator KCl 1,0 mol L⁻¹), de acordo com Embrapa (1997). O H + Al trocável foi estimado pelo pH da solução tampão SMP (MOREIRA et al., 2004).

Na mesma época da coleta do solo, amostras de folhas formadas por quatro pares da terceira folha a contar da extremidade dos ramos foram retiradas nos quatro pontos

cardeais, em ramos produtivos, na porção mediana do guaranazeiro (ARRUDA et al., 2007). Após a coleta, essas foram secas em estufa de circulação forçada a 65 °C, moídas e analisadas quimicamente para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

Os cachos dos guaranazeiros foram colhidos duas vezes por semana durante dois anos, quando os frutos estavam todos maduros, com no mínimo 50% deles abertos. A colheita foi feita manualmente com tesoura, sendo os cachos levados ao galpão, amontoados por três dias para fermentação, retirada da casca, beneficiamento e pesagem para obtenção da produtividade em kg ha⁻¹.

Após a colheita, foi feita a poda de limpeza e de frutificação, eliminando os ramos secos, quebrados, servindo também como controle da antracnose e do superbrotamento (*Fusarium decemcellulare*), e que estimula a emissão de ramos novos e maior quantidade de flores (PEREIRA, 2005). Na condução do experimento, em função dos sistemas de manejo adotados, não foram utilizados fungicidas e inseticidas químicos, sendo apenas usado extrato de nim (*Azadirachta indica*).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e, posteriormente, à análise de variância, ao teste F e à comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 Resultados e Discussão

A produtividade dos clones de guaranazeiro foi influenciada ($p \leq 0,05$) pela aplicação de carvão vegetal, esterco da galinha poedeira e farinha de osso e carne, com os maiores valores de produção obtidos com a aplicação de 1600 kg ha⁻¹, 5440 kg ha⁻¹ e 160 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 1).

O incremento da produtividade observado com aplicação do carvão vegetal também foi verificado por Steiner et al. (2007a) nas mesmas condições edafoclimáticas, com a cultura da bananeira (*Musa* spp.), e por Glaber et al. (2010), com tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) e pimentão (*Capsicum annuum* L.). Para Oguntunde et al. (2004), esse resultado, possivelmente, se deve à ação de enzimas e à oxidação química dos carvões, formando compostos de alta reatividade com grupos funcionais com estrutura policíclica aromática capazes de reter água e nutrientes no solo. Além disso, nas cinzas de carvão pode haver quantidades consideráveis de nutrientes (KIEHL, 1985), fato esse verificado na descrição do material. Além do carvão, o efeito positivo do uso de esterco também foi descrito em outros trabalhos (MOREIRA et al., 2010; SANTOS et al., 2010). Segundo Ingue (1984), a utilização de adubos de origem orgânica influencia positivamente a produtividade e a qualidade dos produtos, por melhorar a retenção de água e aumentar a disponibilidade de nutrientes de forma assimilável pelas raízes. Com relação à resposta positiva em produtividade com aplicação de farinha de ossos e carne, os resultados corroboram os de Venegas (2009) e Jeng et al. (2006), que também verificaram que a aplicação de farinha de ossos e carne acarretou em aumento da produção de milho verde e centeio, respectivamente, sendo que, no caso

de Venegas (2009), houve similaridade na produção quando comparado com o superfosfato simples (18% de P₂O₅, 20% de CaO e 12% de S).

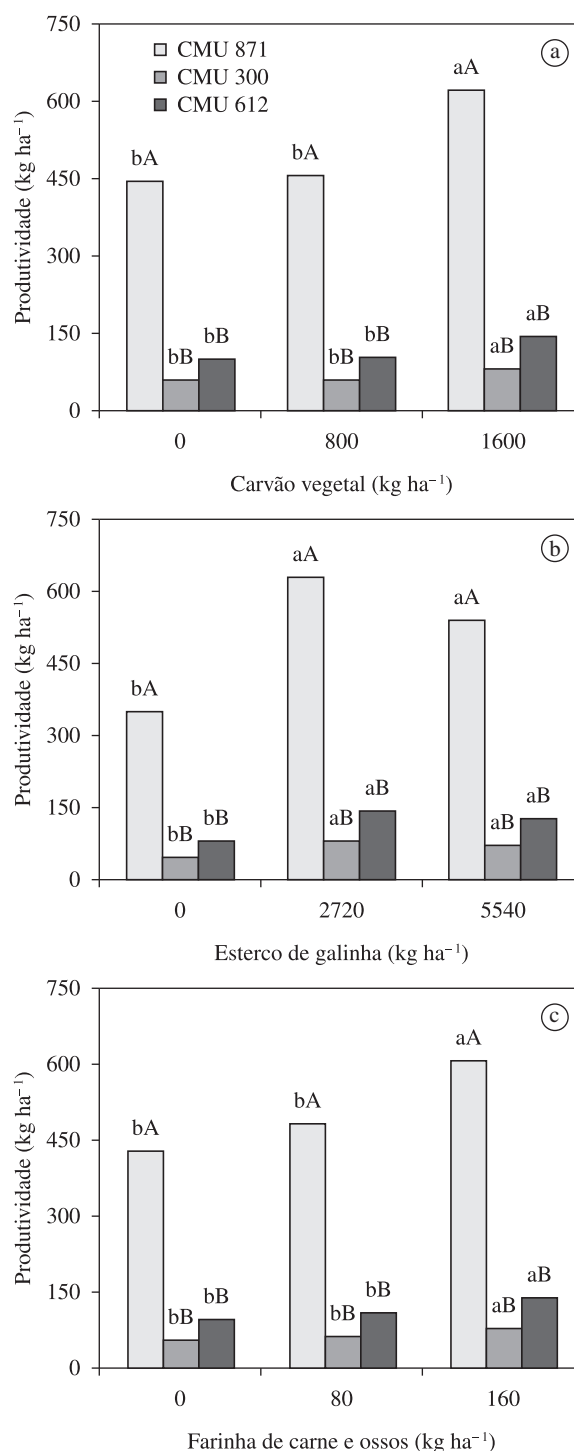


Figura 1. Produtividade média de dois anos de avaliação dos clones de guaranazeiro CMU 871, CMU 300 e CMU 612 dentro das fontes de carvão vegetal, < 10 mm (a), esterco de galinha poedeira (b) e farinha de ossos e carne (c). Médias seguidas por letras distintas minúsculas entre as doses dentro de cada clone e maiúsculas entre os clones dentro de cada dose de fertilizante orgânico diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Na comparação dos clones de guaranazeiro, a maior produtividade foi obtida com o CMU 871 que, independentemente dos tratamentos, foi 4,4 e 7,8 vezes superior ao CMU 612 e CMU 300, respectivamente; estes, por sua vez, não diferiram estatisticamente entre si (Figura 1). A maior produtividade observada com o clone CMU 871 foi relatado por Nascimento Filho et al. (2009a, b) que, ao estudarem o comportamento de cultivares de guaranazeiro em três localidades no Estado do Amazonas (municípios de Iranduba, Maués e Manaus), verificaram que o clone CMU 871 foi, na média de quatro anos de avaliação, o mais produtivo.

No cultivo dos clones CMU 872, CMU 300 e CMU 612, não se alteraram pH, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺, havendo diferenças, na profundidade de 0-0,10 m, apenas para os teores de C orgânico, K⁺ e CTC (capacidade de troca de cátions), com os maiores valores verificados na área cultivada com CMU 612 (Tabela 1). No caso das profundidades de 0,11-0,20 m e 0,21-0,40 m, foram observadas diferenças para C orgânico, P disponível e Al trocável, enquanto que, na profundidade de 0,21-0,40 m, apenas a CTC foi influenciada. Segundo Fageria, Baligar e Clark (2010), mesmo sendo plantas da mesma espécie e cultivadas em local com adubação similar, cada cultivar ou clone pode apresentar eficiências agrônômica, fisiológica e de uso de nutrientes distintas, alterando, dessa forma, a fertilidade do solo em razão da maior ou menor exportação de nutrientes pelos frutos.

Com relação aos insumos aplicados, apesar de Lehmann et al. (2003) e Steiner et al. (2008) citarem que o uso do carvão vegetal melhora os atributos químicos e físicos do solo, como também descrito por Topoliantz et al. (2005), segundo os quais a aplicação de carvão diminuiu a acidez e a concentração de Al trocável do solo, mas aumentou os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺, observou-se que a utilização do carvão vegetal, independentemente da profundidade analisada, não acarretou

diferenças significativas em nenhum dos atributos do solo avaliados (Tabela 2).

Em contrapartida, corroborando os resultados de Theodoro et al. (2003) com o estudo do cafeeiro, houve aumento de pH, P disponível, K⁺, Na⁺, Ca²⁺ e CTC do solo em todas as profundidades com a aplicação de esterco de galinha. A elevação significativa do pH do solo adubado com compostos orgânicos pode ser atribuída à formação de radical amina, R-NH₂, e posterior liberação de íons OH⁻ (PIRES et al., 2008), além de apresentar quantidades significativas de nutrientes do próprio material orgânico somado ao proveniente de resíduos da ração, que caem dos comedouros das aves.

Apenas na camada de 0-0,10 m, os teores de P disponível e Ca trocável na dose mais elevada de esterco de galinha e farinha de ossos e carne foram superiores ao tratamento com o carvão vegetal (Tabela 2). As diferenças observadas foram de 98,6% a mais de P e 53,9% de Ca no solo adubado com esterco de galinha na dose 1600 kg ha⁻¹ e de 48,3% de P e 27,6% de Ca no solo adubado com farinha de ossos e carne na dose 160 kg ha⁻¹. Tal resultado já era esperado, visto que o esterco de galinha poedeira e a farinha de ossos e carne apresentam em suas composições teores elevados desses dois nutrientes (KIEHL, 1985; ARRUDA; TEIXEIRA, 2010).

Verificou-se, na média da profundidade de 0-0,10 m, que, exceto o C orgânico (18,4 ± 0,5 mg dm⁻³) e o P disponível (256,2,8 ± 89,8 mg dm⁻³) que estão elevados, o pH (5,4 ± 0,3) e os teores de K⁺ (32,8 ± 1,7 mg dm⁻³), Ca²⁺ (3,1 ± 0,7 cmol_c dm⁻³) e Mg²⁺ (0,3 ± 0,1 cmol_c dm⁻³) ficaram abaixo, enquanto o H⁺ + Al³⁺ (3,4 ± 0,5 cmol_c dm⁻³) e Al³⁺ (0,4 ± 0,2 cmol_c dm⁻³) permaneceram acima dos indicados como adequados por Alvarez Venegas et al. (1999) para o cultivo de plantas perenes e anuais.

Os teores dos macronutrientes obtidos nas folhas dos clones CMU 871, CMU 300 e CMU 612 não apresentaram

Tabela 1. Atributos químicos dos solos cultivados com os clones de guaranazeiro - CMU 871, CMU 300 e CMU 612, nas profundidades de 0-0,10 m, 0,11-0,20 m e 0,21-0,40 m, com coleta realizada no início do florescimento. Média dos três fertilizantes usados (esterco de galinha poedeira, carvão vegetal e farinha de ossos e carne).

Clones	pH	C	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	CTC
	H ₂ O	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹				cmol _c dm ⁻³		
0-0,10 m										
CMU 871	5,5a	15,9b	269,4a	33,1b	11,3a	3,7a	0,4a	0,4a	3,9a	8,1a
CMU 300	5,2a	18,6ab	273,2a	33,3b	10,8a	2,7a	0,3a	0,4a	3,1a	6,1b
CMU 612	5,5a	20,6a	210,4a	38,1a	9,9a	3,0a	0,3a	0,4a	3,2a	6,6ab
0,11-0,20 m										
CMU 871	5,6a	10,2b	69,2a	19,0a	3,3a	2,3a	0,3a	0,4a	3,4a	6,0a
CMU 300	4,9a	12,9a	63,9a	16,1a	3,2a	2,2a	0,2a	0,5a	2,9ab	5,4a
CMU 612	5,2a	13,7a	42,0b	20,4a	3,3a	1,9a	0,3a	0,4a	2,7b	5,0a
0,21-0,40 m										
CMU 871	5,5a	8,3b	42,7a	17,8a	2,2a	2,6a	0,3a	0,4a	3,3a	6,2a
CMU 300	4,8b	9,8ab	24,7b	13,2a	3,3a	2,0a	0,2a	0,4a	2,7ab	5,0ab
CMU 612	5,0ab	10,8a	17,4b	17,4a	2,3a	1,6a	0,2a	0,5a	2,3b	4,2b

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna e no mesmo tratamento diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tabela 2. Efeito dos tratamentos sobre os atributos químicos (pH, C, P, K, Na, Ca, Mg, H + Al e CTC) das amostras de solo nas profundidades de 0-0,10 m; 0,11-0,20 m; 0,21-0,40 m coletadas no início do florescimento. Média dos clones de guaranazeiro CMU 871, CMU 300 e CMU 612¹.

Doses	pH	C	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	CTC
kg ha ⁻¹	H ₂ O	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹				cmol _c dm ⁻³		
0-0,10 m										
Carvão vegetal, <10 mm										
0	5,4a	18,4a	288,0a	31,4a	12,2a	3,5a	0,3a	0,4a	3,1a	7,1a
800	5,6a	19,2a	280,0a	33,2a	10,7a	3,0a	0,4a	0,4a	3,5a	7,1a
1600	5,3a	17,4a	200,7a	33,9a	9,1a	2,9a	0,3a	0,4a	3,5a	6,9a
Esterco de galinha poedeira										
0	4,9b	18,6a	79,5b	29,6a	6,3b	1,7b	0,2b	0,7a	4,3a	6,3a
2720	5,6a	17,9a	290,5a	33,3a	10,9ab	3,4a	0,4a	0,4b	3,0b	6,9a
5440	5,8a	18,7a	398,7a	35,6a	14,8a	4,3a	0,4a	0,1b	2,8b	7,9a
Farinha de ossos e carne										
0	5,3a	18,2a	191,5c	32,1a	8,3a	2,8a	0,3a	0,4a	3,8a	7,0a
80	5,3a	18,5a	268,3b	33,8a	11,0a	2,9a	0,4a	0,4a	3,3a	6,8a
160	5,7a	18,4a	308,9a	32,6a	12,7a	3,7a	0,3a	0,4a	3,0a	7,2a
0,11-0,20 cm										
Carvão vegetal, <10 mm										
0	5,3a	12,2a	56,3a	18,0a	3,2a	2,3a	0,3a	0,4a	2,9a	5,6a
800	5,4a	12,8a	78,9a	20,0a	3,7a	2,3a	0,2a	0,5a	3,1a	5,7a
1600	5,0a	11,6a	39,0a	18,1a	2,9a	1,8a	0,3a	0,4a	3,1a	5,3a
Esterco de galinha poedeira										
0	4,3b	13,4a	47,0a	13,9b	1,9a	0,3b	0,1b	1,1a	4,7a	5,1a
2720	5,5a	11,6a	66,2a	18,2b	3,2ab	2,9a	0,3a	0,1b	2,3b	5,6a
5440	5,9a	11,6a	61,0a	24,0a	4,7a	3,4a	0,4a	0,1b	2,1b	6,0a
Farinha de ossos e carne										
0	5,5a	12,6a	87,1a	18,9a	3,9a	2,2a	0,3a	0,5a	3,0a	5,6a
80	5,2a	11,8a	43,0a	19,1a	2,9a	2,3a	0,3a	0,4a	2,9a	5,6a
160	5,0a	12,2a	44,1a	18,1a	3,1a	1,9a	0,2a	0,4a	3,2a	5,4a
0,21-0,40 cm										
Carvão vegetal, <10 mm										
0	5,1a	9,6a	27,6a	14,6a	2,5a	1,8a	0,2a	0,4a	2,6a	4,7a
800	5,3a	10,1a	36,3a	18,1a	2,9a	2,3a	0,3a	0,4a	2,9a	5,7a
1600	4,9a	9,3a	21,3a	15,9a	2,4a	2,1a	0,3a	0,5a	2,7a	5,2a
Esterco de galinha poedeira										
0	4,4b	10,7a	14,2c	10,8b	1,6b	0,6b	0,1b	1,0a	4,7a	5,4a
2720	5,4a	8,7b	29,2b	14,5b	2,6ab	3,0a	0,4a	0,2b	2,1b	5,6a
5440	5,5a	9,6ab	41,8a	23,3a	3,6a	2,6a	0,3a	0,1b	2,6b	5,6a
Farinha de ossos e carne										
0	5,2a	9,6a	30,9a	18,2a	2,8a	1,9a	0,3a	0,4a	2,7a	5,0a
80	5,2a	9,7a	31,6a	16,5a	2,7a	2,3a	0,3a	0,5a	2,6a	5,5a
160	4,9a	9,7a	22,7a	13,9a	2,3a	2,0a	0,2a	0,4a	3,0a	5,2a

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna e no mesmo tratamento dentro da mesma profundidade diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

diferenças significativas ($p > 0,05$), ficando, na média, com: N - $20,3 \pm 0,7$ g kg⁻¹, P - $3,3 \pm 0,4$ g kg⁻¹, K - $8,8 \pm 2,8$ g kg⁻¹, Ca - $3,9 \pm 0,8$ g kg⁻¹, Mg - $1,5 \pm 0,1$ g kg⁻¹ e S - $1,6 \pm 0,1$ g kg⁻¹. Esses valores estão na faixa dos tidos como adequados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Apesar de as análises dos

atributos químicos do solo indicarem a presença de quantidades relevantes de nutrientes (Tabela 2), não se alteram os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S com aplicação de carvão vegetal e esterco de galinha (Tabela 3). Com relação à farinha de ossos e carne, como esperado, a aplicação em cobertura de 80 e 160 kg ha⁻¹ aumentou os teores de P e Ca na planta.

Tabela 3. Média dos teores N, P, K, Ca, Mg e S na folha dos clones de guaranazeiro CMU 871, CMU 300 e CMU 612 submetidos a diferentes doses de carvão vegetal, esterco de galinha e farinha de ossos e carne⁽¹⁾. Média de dois anos de avaliação.

Doses	N	P	K	Ca	Mg	S
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹					
Carvão vegetal, <10mm						
0	20,2a	3,3a	8,8a	4,0a	1,5a	1,5a
800	20,6a	2,9a	8,6a	3,8a	1,4a	1,7a
1600	20,3a	3,8a	9,0a	3,9a	1,5a	1,7a
Esterco de galinha poedeira						
0	20,7a	3,2a	8,4a	3,9a	1,4a	1,6a
2720	19,5a	3,7a	8,0a	3,7a	1,6a	1,5a
5440	19,9a	3,1a	9,0a	4,1a	1,4a	1,8a
Farinha de ossos e carne						
0	21,8a	3,1b	8,1a	2,5c	1,6a	1,7a
80	19,5b	3,0b	9,0a	3,7b	1,3a	1,6a
160	19,8b	3,9a	9,3a	5,5a	1,5a	1,6a

⁽¹⁾Médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna e no mesmo tratamento, diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

4 Conclusões

Nas condições de clima e solo estudadas, o clone de guaranazeiro CMU 871 foi o mais produtivo.

A aplicação de 1600 kg ha⁻¹ de carvão vegetal, 2720 kg ha⁻¹ de esterco de galinha e 160 kg ha⁻¹ de farinha de ossos e carne, independentemente do clone de guaranazeiro, acarretam as maiores produtividades de guaraná.

A aplicação de carvão vegetal não aumenta a fertilidade do solo e o estado nutricional do guaranazeiro, sendo que o inverso ocorreu com o esterco de galinha e a farinha de ossos e carne.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela Bolsa de Mestrado ao quarto autor, e aos funcionários Concita Campelo e Emanuel Alencar da Embrapa Amazônia Ocidental, pelas análises de laboratório.

Referências

ALVAREZ VENEGAS, V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. (Eds.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação*. Viçosa: SFSEMG, 1999. p. 25-32.

ARRUDA, M. R.; ESCOBAR, J. R.; CORRÊA, M. P. F.; NASCIMENTO FILHO, F. J.; TEIXEIRA, W. G.; MOREIRA, A. Produção e distribuição de fitomassa no guaranazeiro (*Paullinia cupana* H.B.K. var. *sorbilis* (Mart.) Ducke). *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, p. 2005-2010, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000700052>

ARRUDA, M. R.; PEREIRA, J. C.; NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L. *Método para coleta de folhas para determinação do estado nutricional do guaranazeiro (Paullinia cupana var. sorbilis (Mart.) Ducke)*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007. 4 p.

ARRUDA, M. R.; TEIXEIRA, W. G. Utilização de resíduos de carvão vegetal associado a fontes orgânicas de nutrientes no manejo sustentável do solo e do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) na Amazônia Central. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (Eds.). *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, Embrapa Amazônia Ocidental, 2010. p. 307-314.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 18, p. 69-101, 2001.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. *Physiology of crop production*. New York: Taylor and Francis, 2010. 345 p.

GLABER, E. R.; HAREL, Y. M.; KOLTON, M.; CYTRYN, E.; SILBER, A.; DAVID, D. R.; TSECHANSKY, L.; BORENSHTEIN, M.; ELAD, Y. Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media. *Plant and Soil*, v. 337, p. 481-496, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-010-0544-6>

INGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Ed.). *Adubação verde no Brasil*. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 232-267.

JENG, A. S.; HARALDSEN, T. K.; GRÖNLUND, A.; PEDERSEN, P. A. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereals and rye grass. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 76, p. 183-191, 2006. <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-005-5170-y>

KIEHL, E. J. *Fertilizantes Orgânicos*. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

LEHMANN, J.; SILVA JÚNIOR, J. P.; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W.; GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, v. 249, p. 343-357, 2003. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1022833116184>

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Nutrição mineral de plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafós. 1997. 319 p.

MOREIRA, A.; ALMEIDA, M. P.; COSTA, D. G.; SANTOS, L. S. Acidez potencial pelo método pH SMP no Estado do Amazonas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, p. 89-92, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000100013>

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Soil Chemical Attributes of Amazonas State, Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 40, p. 2912-2925, 2009. <http://dx.doi.org/10.1080/00103620903175371>

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K.; SOUZA, G. B.; FREITAS, A. R. F. Production, nutritional status and chemical properties of soil with addition of cattle manure, reactive natural phosphate and biotite schiste in massai cultivar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 1883-1888, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000900004>

MOREIRA, A.; GONÇALVES, J. R. P. Available phosphorus and potassium status of soils of Amazonas State. *Better Crops*, v. 90, p. 30-32, 2006.

NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L.; CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Comportamento de clones de guaranazeiro em três localidades. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 53, p. 38-45, 2010a.

- NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L.; CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, p. 44, p. 605-612, 2010b.
- OGUNTUNDE, P.; FOSU, M.; AJAYI, A.; NICK, G. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and textures of soil. *Biology and Fertility of Soils*, v. 39, p. 295-299, 2004. <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-003-0707-1>
- PEREIRA, J. C. R. *Sistema de produção para a cultura do guaranazeiro no Amazonas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005. 40 p.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos*. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.
- PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. G. R.; ZAMPIROLI, P. D.; ROSA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1997-2005, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000500021>
- SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T.; OLIVEIRA, M. E. C. Produção da cultura da mamoneira em função da fertilização com cama de galinha. *Engenharia Ambiental*, v. 7, p. 169-180, 2010.
- SCHROTH, G.; SILVA, L. F. SEIXAS, R.; TEIXEIRA, W. G.; MACEDO, J. L. V.; ZECH, W. Subsoil accumulation of mineral nitrogen under polyculture and monoculture plantation, fallow and primary forest in a ferrallitic Amazonian upland soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 53, p. 113-124, 1999.
- STEINER, C.; GLASER, B.; TEIXEIRA, W. G.; LEHMANN, J.; BLUM, W. E. H.; ZECH, W. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 171, p. 893-899, 2008. <http://dx.doi.org/10.1002/jpln.200625199>
- STEINER, C.; ARRUDA, M. A.; TEIXEIRA, W. G.; ZECH, W. Soil respiration curves as soil fertility indicator in perennial central Amazonian plantations treated with charcoal and mineral or organic fertilisers. *Tropical Science*, v. 47, n. 4, p. 218-230, 2007a. <http://dx.doi.org/10.1002/ts.21>
- STEINER, C.; TEIXEIRA, W. G.; LEHMANN, J.; NEHLS, T.; MACÊDO, J. L. V.; BLUM, W. E. H.; ZECH, W. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil*, v. 291, p. 275-290, 2007b. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-007-9193-9>
- THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 1039-1047, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000600008>
- TOPOLIAN TZ, S.; PONGE, J.; BALLOF, S. Manioc peel and charcoal: a potential organic amendment for sustainable soil fertility in the tropics. *Biology and Fertility of Soils*, v. 41, p. 15-21, 2005. <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-004-0804-9>
- VENEGAS, F. Efeito de doses de farinha de carne e osso como fonte de fósforo na produção de milho verde (*Zea mays* L.). *Ensaio e Ciências: ciências biológicas, agrárias e da saúde*, v. 13, p. 63-76, 2009.