

## Influência do biocarvão de bambu e fontes fosfatadas nos índices de acidez do solo e no crescimento de culturas anuais <sup>(1)</sup>.

**Danielle Monteiro de Oliveira<sup>(2)</sup>; Newton Paulo de Souza Falcão<sup>(3)</sup>; José Lavres Júnior<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup>Trabalho executado com recursos de FAPEAM; PROCAD 143/2007; PROJETO BAMBU

<sup>(2)</sup>Pesquisador Bolsista CT-Petro, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus-AM, dmoliveira.am@gmail.com; <sup>(3)</sup> Pesquisador titular III, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; <sup>(4)</sup> Professor Doutor, Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adição de biocarvão de bambu produzido à 400 °C, 500 °C e 600 °C, na dosagem de 40 t ha<sup>-1</sup> e diferentes fontes de fertilizantes fosfatados, fosfato natural (FN), superfosfato simples (SFS) e superfosfato triplo (SFT) em dose única de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos índices de Acidez ativa e trocável em solo de terra da Amazônia. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com feijão caupí e milho, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3x3) com um controle. Após o cultivo de feijão os teores de alumínio no solo decresceram em todos os tratamentos, exceto no controle e especialmente nos tratamentos com biocarvão à 500 °C independente da fonte fosfatada, conseqüentemente os valores de pH aumentaram bem como a massa seca da parte aérea. Após o cultivo de milho os teores de alumínio trocável foram abaixo dos teores atingidos no cultivo de feijão, havendo um ligeiro incremento nos valores de pH, no entanto a massa seca da parte aérea não respondeu de forma significativa. Os tratamentos afetaram significativamente os índices de acidez ativa (H<sup>+</sup>), trocável (Al<sup>+++</sup>) e a massa seca da parte aérea, somente foi significativa na cultura do feijão.

**Termos de indexação:** carbono pirogênico, fertilizantes minerais, solos da Amazônia

### INTRODUÇÃO

A Bacia Amazônica abrange uma área no território brasileiro de aproximadamente 4,5 milhões de km<sup>2</sup>, dos quais aproximadamente 75% são Latossolos e Argissolos, solos estes caracterizados por apresentar baixa concentração de bases trocáveis, minerais de argila de atividade baixa, elevada acidez, conseqüentemente maior concentração de alumínio trocável, além de baixa disponibilidade de fósforo (Sanchez & Cochrane, 1980; Sanchez et al., 1982), o que dificulta a inserção de qualquer tipo de cultivo, principalmente quando se leva em consideração a falta de infraestrutura da região no que se refere à disponibilidade de insumos agrícolas.

O conteúdo e a forma de óxidos de ferro e

alumínio e o teor de alumínio trocável (acidez trocável) do solo são os principais fatores responsáveis pela baixa disponibilidade de nutrientes. A manutenção de altos níveis de pH, fósforo, cálcio, magnésio, zinco, carbono orgânico e baixos teores de Alumínio trocável em solos de Terra Preta está associada a uma grande e prolongada entrada de material orgânico fresco e carbonizado (Glaser et al., 2001; Lehmann et al., 2002, 2003b). Glaser et al. (2001) determinaram com <sup>14</sup>C a idade de 1000 a 2000 anos para carbono pirogênico encontrado em solos de Terra Preta da Amazônia brasileira. A persistência do carvão pirogênico por um longo período sob condições tropicais úmidas e altas taxas de mineralização se deve à estabilidade química causada por sua estrutura aromática, o que limita a ação dos microorganismos decompositores do solo (Swift et al., 1979; Seiler & Crutzen, 1980; Orjuela, 1989; Glaser et al., 1998; Schmidt et al., 1999; Trompowsky et al., 2005). Desta forma, buscou-se diminuir os teores da Al<sup>3+</sup> e aumentar os índices de pH, baseando-se no princípio que deu origem à estas características na Terra Preta, o que poderia representar uma alternativa de manejo do solo para a agricultura na região Amazônica.

### MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado foi um Latossolo Amarelo distrófico típico, textura argilosa (Sombroek, 1966). O biocarvão foi obtido a partir da carbonização da biomassa fresca de Bambu (*Bambusa vulgaris* "vittata") em retorta sob três temperaturas (400 °C, 500 °C e 600 °C). Amostras obtidas em cada temperatura foram analisadas quanto aos atributos químicos (Mehlich I) (**Tabela 1**).

O experimento foi instalado em casa de vegetação, localizada no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM no período de outubro de 2010 a novembro de 2011 com um ciclo de rotação com feijão caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) e milho (*Zea mays*), em vasos com capacidade para 3,0 kg de solo; Conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3x3), sendo os fatores de estudo: três fontes de P (Fosfato natural-FN, Superfosfato

simples-SFS e Superfosfato triplo-SFT) e três temperaturas de carbonização (400 °C, 500 °C e 600 °C), com nove tratamentos, cinco repetições e um tratamento controle. Após passado em peneira de 2,00 mm de diâmetro o biocarvão foi aplicado na dose de 40 t ha<sup>-1</sup>; as fontes de fósforo foram aplicadas nas doses de 326 kg ha<sup>-1</sup> fosfato natural; 555 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples; 222 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triplo, equivalentes à 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em uma única aplicação. Uma adubação complementar foi realizada com 90 kg ha<sup>-1</sup> de uréia e 120 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio no início do ciclo.

O solo foi coletado após cada coleta das plantas (no início da floração) e realizada determinação analítica dos índices de pH em CaCl<sub>2</sub> (acidez ativa) por CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol.L<sup>-1</sup> e o Alumínio trocável por titulometria (1 mol.L<sup>-1</sup>). O peso da massa seca da parte aérea foi determinada após secagem em estufa de circulação fechada à 70 °C. Os dados foram submetidos ao teste de comparação de médias utilizando-se o programa estatístico SAS (2002). Constatado a significância por meio do teste F, procedeu-se à comparação de médias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tratando-se de um Latossolo Amarelo distrófico típico da região Amazônica, era de se esperar que o mesmo apresentasse elevado índice de acidez e alto teor de Al<sup>3+</sup> e se tratando de um solo recoberto com mata do tipo capoeira com mais de 25 anos de idade, o teor de Al<sup>3+</sup> no tratamento controle ficou bem abaixo daqueles normalmente encontrados, porém estão de acordo com os resultados encontrados por Sombroek, 1966; Sanchez, 1979.

Após o cultivo de feijão caupí, observou-se que todos os tratamentos influenciaram de forma significativa os teores de alumínio em relação ao tratamento controle o que consequentemente influenciou o aumento de pH (CaCl<sub>2</sub>) (**Tabela 2**) e a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) (**Tabela 2**). Os teores de Alumínio diminuíram significativamente passando de (6,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>) no controle para (1,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>) nos tratamentos que receberam biocarvão produzido sob temperatura de 500 °C, independente da fonte fosfatada, o que também ocorreu com os valores de pH.

Major et al. (2010) analisando a adição de biocarvão produzido com resíduos de cozinha em solos da Colômbia encontrou aumento do pH de 0,6 unidades. Neste estudo houve um incremento de 0,7 unidades de pH, diminuindo a acidez, o que também influenciou o peso da MSPA que passou de 1,98 g no controle para 6,98 g no tratamento com

biocarvão a 500 °C com fosfato natural, provavelmente a quantidade de Ca presente neste fertilizante influenciou este resultado (Resende, 2006), uma vez que o pH do biocarvão não colaborou com o aumento do mesmo no solo. Lehmann et al. (2003), observou redução na acidez de 0.75 unidades de pH (de 5.14 para 5.89) com adição de 20% biocarvão em Latossolo.

O resultado do aumento da MSPA concordou com Madari et al. (2006) que observou um aumento no crescimento e na MSPA em cultivar de arroz BRS Primavera no início do estagio e no desenvolvimento da cultura com aplicação de 21 Mg ha<sup>-1</sup> de biocarvão, em casa de vegetação (vasos) com solo argiloso. Nehls (2002) reportou incremento de 100 para 320% de MSPA de arroz com aplicação de 14 Mg ha<sup>-1</sup> biocarvão.

No solo após o cultivo de milho, observou-se que os teores de Alumínio também sofreram redução entre o tratamento controle e todos os tratamentos com biocarvão, porém, mais uma vez esta diminuição foi mais proeminente nos tratamentos que receberam biocarvão à 500 °C, independente da fonte fosfatada, que ficaram no mesmo nível do solo do cultivo anterior, no entanto, verifica-se que os teores de Alumínio nos tratamentos com biocarvão foram menores que os teores encontrados no solo do primeiro cultivo, exceto o controle (**Tabela 3**).

Os valores de pH obtiveram aumento de 0,6 unidades (de 3,8 para 4,4) e entre os tratamentos essa variação não foi percebida. Estes resultados obtidos nos tratamentos com biocarvão à 500 °C, podem estar ligado às características obtidas pelo biocarvão durante a pirólise realizada à baixa temperatura (<550 °C), que resulta em um biocarvão com mais alta reatividade em solos, com maior recuperação de C e também dos nutrientes N, K e S, com maior contribuição para fertilidade do solo (Steinbeiss et al. 2009; Keilueit et al. 2010).

Os teores de Alumínio e valores de pH, foram menores que o controle em todos os tratamentos testados sendo mais pronunciado nos tratamentos com biocarvão à 500 °C, porém, esses baixos valores não influenciaram na MSPA, quando se compara os tratamentos (**Tabela 3**). Neste cultivo, os maiores valores de MSPA foram observados nos tratamentos que receberam biocarvão à 600 °C com STF e FN.

Van Zwiten et al., 2010 avaliando o efeito de biochar em solos ácidos da Austrália observaram que a aplicação de somente biochar aumentou o pH do solo consideravelmente, enquanto que o tratamento que recebeu biochar com fertilizante mineral diminuiu ainda mais o pH do solo, tornando mais ácido. Por outro lado, Yamoto et al. (2012)

avaliando os efeitos do biochar, aplicado em solos sob diferentes sistemas de manejo, observaram que o tratamento que recebeu biochar com fertilizante NPK, o pH do solo aumentou em relação ao tratamento controle e aquele que recebeu somente NPK. Isto aconteceu não somente no cultivo de milho como também no cultivo de caupí e de amendoin. O efeito muito reduzido no aumento do pH do solo, observado no presente estudo, pode estar relacionado com o alto poder tampão que os Latossolos apresentam, como também a lavagem dos sais contidos no biocarvão, durante o processo de irrigação do experimento.

Comparando os valores de alumínio trocável ( $Al^{+++}$ ) encontrados nas amostras de solos coletadas, após o cultivo de feijão, com as amostras coletadas após a colheita do cultivo de milho, observa-se que todas as temperaturas de carbonização testadas proporcionaram um decréscimo nos valores de alumínio trocável, quando comparados com os tratamentos controle. Entretanto, pode-se observar ainda que somente os tratamentos que receberam biocarvão à 400° C, no cultivo de milho, o alumínio trocável ( $Al^{+++}$ ) aumentou em função das fontes fosfatadas utilizadas SFT> SFS>FN.

### CONCLUSÕES

1. Os tratamentos que receberam biocarvão produzido à temperatura de 500 °C, independente das fontes fosfatadas diminuiram a acidez trocável;
2. O feijão caupí foi que apresentou o maior incremento da massa seca da parte aérea com a utilização de todas as temperaturas de biocarbonização.

### AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Pesquisa Terra Preta Nova do INPA; à FAPEAM-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas; ao PROCAD 143/2007 – Manejo Sustentável, Conservação da Biodiversidade e Produção Agrícola em Solos Tropicais Degradados; ao Projeto Bambu, liderado pela Dra. Siu Mui Tsai (CENA-USP); ao INCT - Madeiras da Amazônia; Ao Projeto CT-Petro/FINEP e ao Dr. Charles R. Clement (INPA).

### REFERÊNCIAS

DOWNIE, A.; CROSKY, A.; MUNROE, P. Physical properties of biochar. In: Biochar for environmental management. Science and technology. Earthscan: London, 2009. p. 13-32.

KEILUWEIT, M.; NICO, P.S.; JOHNSON, M.G. & KLEBER, M. Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (biochar). *Environmental Science & Technology*. 44: 1247-1253, 2010.

KERN, D.C.; COSTA, M.L. & FRASÃO, F.J.L. Evolution of the scientific knowledge regarding Black Earth Soil in the Amazon. *Terra Preta. Symposium, Benicássim, Dpain, 2001, July 13-14.*

LEHMANN, C.J., DA SILVA JR, J.P., RONDON, M., GREENWOOD, J., NEHLS, T., STEINER, C., GLASER, B. Slash-and-char - a feasible alternative for soil fertility management in the central Amazon *In: 17th World Congress of Soil Science. Bangkok.2002.*

MUKHERJEE, A.; ZIMMERMAN, A.R. & HARRIS, W. Surface chemistry variations among a series of laboratory-produced biochars. *Geoderma* 16: 247-255, 2011.

RESENDE, A.V.; NETO, A.E.F.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, A.I.; SANTOS, J.Z.L. & CARNEIRO, L.F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30: 453-466, 2006.

SOMBROEK, W.; KERN, D.; RODRIGUES, T.; CRAVO, M. da S.; CUNHA, T.J.F.; WOODS, W.; GLASER, B. Terra Preta e Terra Mulata: suas potencialidades agrícolas, suas sustentabilidades e suas reproduções. In: TEIXEIRA, W.G.; KERN, D.C.; MADARI, B.E.; LIMA, H.N.; WOODS, W. *As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas. Manaus, AM. 1ª ed.: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 251-257.*

STEINBEISS, S.; GLEIXNER, G.; ANTONIETTI, M. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry*. 41: 1301-1310, 2009.

VAN ZWIETEN L, KIMBER S, MORRIS S, CHAN KY, DOWNIE A, RUST J, JOSEPH S, COWIE A. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil*, 327:235-246, 2010.

**Tabela 1.** Atributos químicos de caule de bambu fresco biocarbonizado sob diferentes temperaturas.

Biocarbvão	pH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>	—cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> —				—mg dm <sup>-3</sup> —			
		Ca	Mg	K	P	Fe	Zn	Mn	Cu
400 °C	10,4	0,34	0,56	17,36	171,19	10,9	3,3	9,2	1,2
500 °C	10,2	0,37	0,62	12,48	132,42	10	2,3	11,1	0,7
600 °C	10,1	0,26	1,06	8,31	115,36	9,2	5,7	13,9	1,3

pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>- proporção solo:água 1:2,5.; Ca, Mg, K e P- Extrator Mehlich I; Fe, Zn, Mn e Cu- disponível – extrator Mehlich 1.

**Tabela 2.** Médias da massa seca da parte aérea e dos atributos químicos do solo em função das diferentes fontes de P e biocarbvão de bambu sob diferentes temperaturas, após o cultivo de feijão caupí (*Vigna Unguiculata* L. Walp).

Tratamentos	Cultivo de Feijão caupí		
	pH <sub>(CaCl<sub>2</sub>)</sub>	Al <sub>(mmol dm<sup>3</sup>)</sub>	MSPA (g)
T 1	3.7 e	6.4 a	1.98 b
T 2	4.1 bc	2.4 b	6.76 a
T 3	4.0 cd	2.0 b	6.74 a
T 4	4.1 bcd	2.0 b	6.36 a
T 5	4.3 a	1.0 c	6.98 a
T 6	4.2 ab	1.0 c	6.30 a
T 7	4.2 a	1.0 c	6.12 a
T 8	4.1 bcd	1.6 bc	5.62 a
T 9	4.0 cd	1.6 bc	6.50 a
T 10	4.0 d	2.0 b	6.02 a
CV(%)	1.2	20.3	10.8
DMS	0.1	0.9	1.3

T1-controle; T2-biocarbvão 400°C+fosfato natural; T3-biocarbvão 400°C+superfosfato simples; T4-biocarbvão 400°C+superfosfato triplo; T5-biocarbvão 500°C+fosfato natural; T6- biocarbvão 500°C+superfosfato simples; T7-biocarbvão 500°C+superfosfato triplo; T8-biocarbvão 600°C+ fosfato natural; T9-biocarbvão 600°C+ superfosfato simples; T10-biocarbvão 600°C+ superfosfato triplo. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Tabela 3.** Médias da massa seca da parte aérea e dos atributos químicos do solo que receberam diferentes fontes de P e biocarbvão de bambu sob diferentes temperaturas, após o cultivo de milho (*Zea Mays*).

Tratamentos	Cultivo de Milho		
	pH <sub>(CaCl<sub>2</sub>)</sub>	Al <sub>(mmol dm<sup>3</sup>)</sub>	MSPA (g)
T 1	3.8 d	6.4 a	5.14 b
T 2	4.3 abc	1.0 b	5.72 a
T 3	4.3 abc	1.4 b	5.82 a
T 4	4.2 bc	1.6 b	5.82 a
T 5	4.4 a	1.0 b	5.72 a
T 6	4.4 a	1.0 b	5.76 a
T 7	4.4 ab	1.0 b	5.60 a
T 8	4.2 bc	1.2 b	5.84 a
T 9	4.2 abc	1.2 b	5.76 a
T 10	4.2 c	1.4 b	5.94 a
CV(%)	1.6	29.5	3.5
DMS	0.1	1.0	0.4

T1-controle; T2-biocarbvão 400°C+fosfato natural; T3-biocarbvão 400°C+superfosfato simples; T4-biocarbvão 400°C+superfosfato triplo; T5-biocarbvão 500°C+fosfato natural; T6- biocarbvão 500°C+superfosfato simples; T7-biocarbvão 500°C+superfosfato triplo; T8-biocarbvão 600°C+ fosfato natural; T9-biocarbvão 600°C+ superfosfato simples; T10-biocarbvão 600°C+ superfosfato triplo. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.