



Atributos químicos de solo degradado em função da adoção de biochar ⁽¹⁾.

Eduardo Pradi Vendruscolo⁽²⁾; Aginaldo José Freitas Leal⁽³⁾; Marlene Cristina Alves⁽⁴⁾; Epitácio José de Souza⁽⁵⁾; Sebastião Nilce Souto Filho⁽⁵⁾; Alexsander Seleguini⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor, executado com bolsa concedida pela FUNDECT.

⁽²⁾ Doutorando em Agronomia; Universidade Federal de Goiás; Goiânia, Goiás; agrovendruscolo@gmail.com; ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus de Chapadão do Sul; ⁽⁴⁾ Professora; Universidade Estadual Paulista – Campus de Ilha Solteira; ⁽⁵⁾ Doutorando em Agronomia; Universidade Estadual Paulista – Campus de Ilha Solteira; ⁽⁶⁾ Professor; Universidade Federal de Goiás.

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nos atributos químicos do solo, promovidos pela adição do biochar em solo degradado pela remoção da camada superficial, em processo de recuperação com culturas de cobertura, espécie arbórea nativa e aplicação de lodo de esgoto realizada há nove anos. O delineamento adotado foi definido em blocos casualizados, em esquema fatorial 6x2, seis tratamentos (T1 – Solo exposto; T2 - Gonçalves-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + biochar; T3 - Gonçalves-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + crotalária (*Crotalaria juncea*) + biochar; T4 - Gonçalves-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); T5 - Gonçalves-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + lodo de esgoto (60 t ha⁻¹) + *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens*; T6 – Mata nativa de Cerrado) e duas épocas de coleta de solo. O solo foi amostrado em três camadas (0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m), nas quais foram determinados os teores de P, K, Ca, Mg e Al e os valores de pH, H+Al, SB, CTC, V% e m%. Houve acréscimo nos teores de K na camada de 0,05-0,10 m em função da aplicação do biochar, o qual não apresentou influência sobre as demais variáveis estudadas.

Termos de indexação: biofertilizante, área de empréstimo, resíduos agroindustriais.

INTRODUÇÃO

A destinação correta de resíduos da agroindústria é um assunto amplamente discutido em razão da grande quantidade de rejeitos produzidos no território brasileiro, resultado da expansão do setor e de sua capacidade de influenciar negativamente a qualidade do solo e recursos hídricos, quando mal manejados.

A cama de aviário é tida como importante fonte de adubação orgânica e é comumente usada como fertilizante em regiões onde há concentração da produção aviária, por apresentar elevados teores de carbono e nutrientes (Boateng et al., 2006; Adeli et al.; 2007; Costa et al., 2009), combinados ao valor

relativamente baixo, em relação ao adubo mineral (Valadão et al., 2011).

Apesar dos benefícios que a utilização da cama de aviário propicia ao solo, buscaram-se métodos para a otimização da aplicação desses produtos, reduzindo o volume a ser aplicado, aumentando a disponibilidade de nutrientes e manutenção da matéria orgânica por longos períodos no solo, o que não ocorre em grande parte dos ambientes do território brasileiro devido às condições edafoclimáticas.

O emprego do tratamento por pirólise rápida da cama de aviário tem como um de seus produtos o biochar, que possui alto teor de carbono, além de conter quantidades consideráveis de N, P, K, S e uma grande área superficial, expandida por consequência da queima, a qual aumenta a microporosidade do produto final (Madari et al., 2009).

O biochar possui uma gama bastante grande de aplicações, incluindo sua incorporação no solo, como um biofertilizante (biochar), para a melhoria das propriedades biológicas, físicas e químicas do mesmo. Além de possuir elevada estabilidade, a qual lhe confere a característica de abrigo para os micro-organismos do solo e de sequestrador de carbono, impedindo as emissões de carbono para a atmosfera (Nóbrega, 2011).

Com base no disposto anteriormente, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as alterações nos atributos químicos do solo, promovidas pela adição do biochar, em área com solo em processo de recuperação após remoção da camada superficial, para a construção de usina hidrelétrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em uma área inserida no Planalto da Bacia Sedimentar do rio Paraná, situada à margem direita do rio Paraná, no município de Selvíria - MS (20°22'40"S, 51°24'41,90"W e altitude média de 338 m). O tipo climático, segundo Köppen, é Aw, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão



e seca no inverno. O relevo local é plano a suavemente ondulado, apresentando declives muito suaves (Demattê, 1980).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho álico, textura franco argiloso arenosa, muito profundo. A sua fração argila é de baixa atividade, dominada essencialmente por gibbsita e caulinita (Demattê, 1980; Santos et al., 2013).

A degradação da área onde o experimento foi instalado se deu com a retirada das camadas superficiais (cerca de 8,60 m) para terraplanagem e

fundação da barragem da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira. Por ter ficado com o subsolo do local exposto, essa área recebe a denominação de "área de empréstimo". No início das atividades de pesquisa, constatou-se que o referido subsolo estava exposto desde 1969, demonstrando, dessa forma, compactação superficial e baixa presença de vegetação espontânea. O início das atividades para a recuperação do solo se deu em 2004, quando foi realizada a sua caracterização física (Tabela 1).

Tabela 1 Características químicas do solo original (Cerrado) e degradado antes da implantação da pesquisa, Selviria-MS, 2004

Profundidade (m)	P resina mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al -----mmol _c dm ⁻³	Al	SB	CTC	V %
Solo original (cerrado)											
0,00-0,05	4,0	28,0	4,2	1,2	2,0	3,0	31,0	8,0	6,1	36,9	16
0,05-0,10	4,0	14,0	4,1	1,2	5,0	4,0	31,0	8,0	11,1	41,7	21
0,10-0,20	2,0	10,0	4,1	0,8	0,0	2,0	26,0	8,0	2,8	29,0	10
Solo degradado											
0,00-0,05	1,0	7,0	4,4	0,8	4,0	2,0	17,0	2,0	6,5	23,3	28
0,05-0,10	1,0	3,0	4,4	0,4	3,0	2,0	17,0	2,0	4,6	21,4	22
0,10-0,20	1,0	2,0	4,3	0,3	2,0	2,0	16,0	3,0	3,7	19,6	18

Em 2004 foi efetivado o preparo da área, realizando-se a limpeza superficial, subsolagem e gradagens (aradora e niveladora). Também naquele ano foi realizada uma única calagem na dose de 2,0 t ha⁻¹ e em seguida uma gradagem para incorporação, exceto no tratamento com solo exposto, que não passou por nenhum tipo de manejo. Em seguida o lodo de esgoto foi adicionado ao respectivo tratamento, numa dose de 60 t ha⁻¹. Esse lodo teve sua composição química analisada, obtendo-se a seguinte composição: 20% de MO, concentrações de 71, 19, 15, 11, 3 e 8 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Também 16, 160, 961, 116 e 583 mg kg⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn, com umidade de 0,85 kg kg⁻¹ e relação C/N de 7/1. O lodo foi aplicado manualmente sobre o solo, sendo, logo depois, incorporado por meio de uma gradagem.

Todos os tratamentos para recuperação do solo são compostos por uma espécie arbórea nativa de cerrado, a Gonçalves-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott). A espécie arbórea nativa foi implantada com espaçamento de 3 m x 2 m, totalizando 25 plantas por parcela experimental.

Cada uma de tais parcelas era constituída de uma área de 92m² (8x12m), em 2004.

Para a braquiária (*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens*) a semeadura foi feita a lanço, tendo sido realizada em fevereiro de 2004, utilizando-se 20 kg ha⁻¹ de sementes. Desde então a mesma vem sendo manejada realizando-se a roçada uma vez ao ano, após o período de chuva. Os demais adubos verdes foram implantados na mesma data. A crotalária (*Crotalaria juncea*) foi cultivada em densidade de sementes, a 35 sementes por metro, espaçadas em 0,50 m e o feijão-de-porco, (*Canavalia ensiformis*) em espaçamento de 0,50 m entrelinhas com 10 sementes por metro. Anualmente foi realizada a semeadura dos adubos verdes, os quais foram roçados em pleno florescimento sem que fosse feita, posteriormente, a sua incorporação ao solo.

O delineamento para a continuidade da pesquisa foi estabelecido em novembro de 2013, em blocos casualizados, num esquema fatorial 6x2, representado pelos seis tratamentos e a duas épocas de coleta de solo, a primeira anteriormente a aplicação do biochar e a segunda seis meses após a adição de 15 t ha⁻¹ do biochar



(Época 1 e Época 2) aos tratamentos implantados em 2004, com exceção da vegetação natural de Cerrado e solo exposto, em quatro repetições.

O biochar foi aplicado na forma de coroamento em torno de nove plantas escolhidas aleatoriamente em cada parcela, a 30 cm de distância da base do caule e incorporado à profundidade de 20 cm no solo. A tabela 2 resume as proporções relativas no biochar utilizado no presente trabalho e obtido pela pirólise da cama de aviário.

Tabela 2. Composição química do biochar

Parâmetro	Unidade	Resultado
pH (em água 1:10)	-----	8,7
Umidade, a 60-65°C	% (m/m)	2,4
C orgânico	g de C kg ⁻¹	725
Nitrogênio Kjeldahl	g de C kg ⁻¹	2,5
Relação C/N	-----	290
Cálcio	g de Ca kg ⁻¹	7,1
Enxofre	g de S kg ⁻¹	32,7
Ferro	mg de Fe kg ⁻¹	47254
Fósforo	g de P kg ⁻¹	0,54
Magnésio	g de Mg kg ⁻¹	1
Manganês	mg de Mn kg ⁻¹	628
Potássio	mg de K kg ⁻¹	5888

A composição dos tratamentos foram: T1 – Solo exposto; T2 - Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) (GA) + biochar; T3 - Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + crotalária (*Crotalaria juncea*) (CR) + biochar; T4 - Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) (FP); T5 - Gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + lodo de esgoto (60 t ha⁻¹) (LE) + *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens* (BR); T6 – Mata nativa de Cerrado.

Para as análises químicas do solo foram coletadas amostras compostas das camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m em três pontos por parcela de cada tratamento, antes e após a aplicação de biochar. Utilizando-se o método de extração com resina trocadora de íons, foram determinados os teores de fósforo, potássio, magnésio, cálcio e alumínio dessas amostras. O teor de matéria orgânica do solo (MOS) foi determinado pelo método colorimétrico e o pH em cloreto de cálcio, acidez potencial (hidrogênio + alumínio) a pH 7,0. Em seguida foram calculadas as somas de bases (SB = Ca + Mg + K), capacidade de troca catiônica (CTC = SB + (H + Al)) e saturação por bases (V% = (100 x SB) / CTC), de acordo com a metodologia descrita em Raij et al. (2001).

Os dados resultantes das coletas foram analisados efetuando-se a análise de variância e teste de Tukey para as comparações entre médias. O nível de significância utilizado foi de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os tratamentos e épocas de coleta de solo (antes e após a aplicação de biochar) apenas para os teores de K na camada de 0,05-0,10 m (Tabela 3).

O resultado se deve à aplicação do biochar, incorporado na camada até 0,20 m. Pois o mesmo possui, em sua composição química, consideráveis teores de K. Entretanto, apesar do aumento, os teores desse elemento no solo continuam baixos (Souza & Lobato, 2004), não favorecendo o desenvolvimento vegetal, apesar de após a aplicação de Biochar apresentarem semelhantes ao teor encontrado no solo ocupado por cerrado nativo, amostrado na mesma época.

Em vista das diversas funções exercidas por esse nutriente na manutenção e desenvolvimento vegetal, participando de processos osmóticos, da síntese de proteínas, da abertura e fechamento de estômatos, da permeabilidade da membrana, do controle do pH da célula e da ativação de cerca de 60 sistemas enzimáticos, destacando-se a ribulose-bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), enzima chave no processo fotossintético (Malavolta et al. 1997) o biofertilizante biochar é uma ferramenta para fornecimento do mesmo as plantas.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre tratamentos e épocas de coleta para as médias dos teores de K, na camada 0,05-0,10 m

Tratamentos	K (mmol _c dm ⁻³)	
	Época 1	Época 2
Solo degradado	0,43bcA	0,48bA
GA	0,28cB	0,63abA
GA+FP	0,55bB	0,75aA
GA+CR	0,48bcB	0,75aA
GA+BR+LE	0,40bcB	0,75aA
Cerrado	1,00aA	0,83aB
CV (%)	18,24	
Média Geral	0,60	

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. GA + FP= Gonçalo-alves + Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*); GA + C= Gonçalo-alves+Crotalária (*Crotalaria juncea*); GA + BR + LE = Gonçalo-alves+Braquiária+lodo de esgoto.



Para as demais camadas de profundidade foram verificadas diferenças entre os tratamentos ou entre as épocas de coleta. Porém, estas provavelmente não estão ligadas à aplicação do biochar e sim aos tratamentos que antecederam essa aplicação.

Para o P destacou-se o tratamento contendo lodo de esgoto. Resultado esperado devido a grande concentração deste nutriente no material.

O pH foi maior nos tratamentos em que foi realizada a calagem na instalação do experimento, devido a ação de correção do calcário no solo. Essa aplicação de calcário também foi responsável pela diminuição da H+Al, dos teores de Al e dos valores de m (%), e pelo aumento do V (%) e da SB, que seguiram a mesma tendência dos teores de Ca e Mg.

Houve diferença significativa entre épocas para P e H+Al na camada de 0,10-0,20 cm, porém esta deve estar ligada a variações naturais do solo. A verificação da inexistência de significância estatística para as épocas de avaliação se deve à baixa quantidade de alguns elementos na composição do biofertilizante ou mesmo a não liberação destes elementos para o meio devido ao curto intervalo entre as avaliações.

Conforme concluíram Vilela et al. (2013) em estudo acerca da estabilidade do carbono presente na cama de frango e em seu respectivo biocarvão após aplicação no solo. Após o tratamento da cama de aviário pela pirólise há um aumento na estabilidade do carbono no solo, acarretando em menor velocidade de decomposição deste produto e consequentemente diminuindo a liberação dos elementos presentes em sua composição.

CONCLUSÕES

O biochar eleva os teores de potássio na camada à qual é incorporado no solo, seis meses após a sua aplicação.

Em curto prazo, o biochar incorporado ao solo não altera os atributos químicos (pH, CTC, V(%), m(%)) e os teores de P, Ca, Mg, H+Al e Al) desse nas camadas até 0,20 m de profundidade.

AGRADECIMENTOS

À Fundect, pela concessão da bolsa nível mestrado ao primeiro autor do presente trabalho.

Ao Eastern Cereal and Oilseed Research Center pela doação do produto biochar.

REFERÊNCIAS

ADELI, A.; SISTANI, K. R.; ROWE, D. E. et al. Effects of broiler litter applied to no-till and tillage cotton on selected soil properties. *Soil Science Society of America Journal*. 71:974-983, 2007.

BOATENG, S. A.; ZICKERMANN, J. & KORNAHRENS, M. Poultry manure effect on growth and yield of maize. *West African Journal of Applied Ecology*. 9:1-11, 2006.

COSTA, A. M.; BORGES, E. N.; SILVA, A. A. et al. Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, 33:1991-1998, 2009.

DEMATTE, J. L. I. Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira. Piracicaba. 1980, 131p. (Mimeografado).

MADARI, B. E.; CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H. et al. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (terra preta de índio). Suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. Em: *As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas*. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus. p.172-188. 2009.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

NÓBREGA, Í. P. C. Efeitos do biochar nas propriedades físicas e químicas do solo: sequestro de carbono no solo. 2011. 46p. Dissertação de Mestrado - Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: IAC. 2001

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

VALADÃO, F. C. de A.; MAAS, K. D. B.; WEBWE, O. L. dos S.; JUNIOR, D. D. V.; SILVA, T. J. da. Variação nos Atributos do solo em sistema de manejo com adição de cama de frango. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, n. 22, v. 35, pp. 2073-2082, 2011.

VILELA, V. A. A.; SOARES, A. G. & CRISTIANO, R. Estabilidade do carbono presente na cama de frango e em seu respectivo biocarvão após aplicação no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34. Florianópolis, 2013. Anais. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 4p.