



## Porosidade e densidade de solo degradado em função da adoção de biochar <sup>(1)</sup>.

**Eduardo Pradi Vendruscolo<sup>(2)</sup>; Marlene Cristina Alves<sup>(3)</sup>; Aginaldo José Freitas Leal<sup>(4)</sup>; Epitácio José de Souza<sup>(5)</sup>; Sebastião Nilce Souto Filho<sup>(5)</sup>; Sabrina Aparecida Santana<sup>(6)</sup>**

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

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

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nos atributos físicos do solo, promovidas pela adição do biochar em área com solo degradado, em processo de recuperação. O delineamento foi definido em blocos casualizados, em um esquema fatorial 6x2, representado pelos seis tratamentos e as duas épocas de coleta de solo, a primeira anteriormente à aplicação do biochar e a segunda, seis meses após a adição do biochar (15 t ha<sup>-1</sup>) aos tratamentos implantados no ano de 2004, com exceção da vegetação natural de Cerrado e solo exposto. A composição dos tratamentos foi definida pela combinação da espécie nativa Gonçalo-Alves, adubos verdes, lodo de esgoto e biochar, mais duas testemunhas (solo degradado e mata nativa de Cerrado). Para avaliação dos atributos físicos, porosidade e densidade do solo, amostras de cada parcela foram coletadas em quatro profundidades (0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m). Observou-se que a macroporosidade do solo, de modo geral, foi afetada principalmente nas camadas até 0,10 m, onde todos os tratamentos, com exceção dos tratamentos GA+CR e GA+BR+LE na profundidade de 0,05-0,10 m, apresentaram-se superiores ao solo degradado quando houve a aplicação do biochar. Concluiu-se, portanto que, em curto prazo, a aplicação do biochar aumenta a macroporosidade até a profundidade de 0,10 m.

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

### INTRODUÇÃO

A grande demanda por energia elétrica, combinada ao grande potencial hídrico do Brasil, torna a construção de hidrelétricas a principal forma de obtenção de energia. Assim sendo, o país conta com 204 empreendimentos principais, os quais correspondem a 66% da potência

instalada, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2013).

Mesmo sendo essa uma alternativa tecnológica para produção de energia considerada ambientalmente mais vantajosa em relação às demais, a formação dos reservatórios implica a ocorrência de diversos impactos ao ambiente, atingindo elementos físicos, biológicos e socioeconômicos da região (CESP, 1998).

A busca pela recuperação de uma área degradada implicará o reestabelecimento das atividades relacionadas à qualidade do solo. Tal ato, porém, consistirá inevitavelmente na restauração ou, ainda, na criação de um novo horizonte A. Esse será o promotor do processo que culminará no surgimento dos outros horizontes devido à alta atividade biológica, conforme o condicionamento natural (KITAMURA et al., 2008).

A incorporação de matéria orgânica e de carbono ao solo são muito importantes para o processo de recuperação de um solo degradado. Já as condições de temperatura e umidade na época das chuvas provoca a aceleração da decomposição dos materiais orgânicos presentes no solo.

Uma alternativa para aumentar o carbono do solo pode ser a adoção de uma fonte mais estável. Resultante da pirólise rápida de resíduos orgânicos, o biochar possui alto teor de carbono, além de conter quantidades consideráveis de N, P, S e uma grande área superficial. Essa área, segundo Madari et al. (2009), pode ser expandida por consequência da queima, a qual aumenta a microporosidade do produto final.

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 (NÓBREGA, 2011). Um outro ponto positivo a ser mencionado é a sua elevada estabilidade, a qual lhe confere a característica de ser abrigo para os microorganismos do solo e de agir como 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 na macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade 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 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).

Em 2004 foi efetivado o preparo da área, realizando-se a limpeza superficial, subsolagem, gradagens (aradora e niveladora), calagem na dose de 2,0 t ha<sup>-1</sup> e gradagem para incorporação, exceto no tratamento com solo exposto, que não passou por nenhum tipo de manejo. Nesse mesmo ano foi realizado o plantio de 25 plantas de *Astronium fraxinifolium* Schott por parcela, o plantio da braquiária e a aplicação do lodo de esgoto nas parcelas do respectivo tratamento.

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<sup>-1</sup> 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 de *Astronium fraxinifolium* Schott escolhidas aleatoriamente em cada parcela, a 30 cm de distância da base do caule e incorporado à profundidade de 20 cm no solo.

A composição dos tratamentos foram: T1 – Solo exposto; T2 - Gonçalves-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) (GA) + biochar; T3 - Gonçalves-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + crotalária (*Crotalaria juncea*) (CR) + biochar; T4 - Gonçalves-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + feijão-deporco (*Canavalia ensiformis*) (FP); T5 - Gonçalves-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) + lodo de

esgoto (60 t ha<sup>-1</sup>) (LE) + *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *decumbens* (BR); T6 – Mata nativa de Cerrado.

As plantas de cobertura, feijão-de-porco e crotalária, foram semeadas em janeiro de 2013 nas parcelas dos seus respectivos tratamentos.

Para as análises dos atributos físicos do solo foram coletadas amostras indeformadas das camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, em três pontos por parcela, sobre o local de aplicação e incorporação do biochar.

Nesses locais foram realizadas as determinações de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, seguindo-se metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

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

Ocorreram interações significativas para as variáveis macroporosidade, porosidade total e densidade do solo em todas as camadas, exceto na camada de 0,20-0,40m.

A macroporosidade do solo foi alterada pelos tratamentos, principalmente nas camadas até 0,10 m., corroborando os resultados observados por Alves et al. (2012). Nessa camada, todos os tratamentos, com exceção dos tratamentos GA+CR e GA+BR+LE na profundidade de 0,05-0,10 m, apresentaram-se, após a aplicação do biofertilizante, superiores à área degradada original.

Segundo descrição de Tormena et al. (2008) considera-se que o solo que recebeu a aplicação de biochar na camada superior (0-0,05 m), apresenta condições físicas consideradas adequadas ao desenvolvimento radicular das plantas, uma vez que essa camada de solo apresentou aeração com valores superiores a 0,10 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>.

A adição do biofertilizante promoveu alterações na aeração do solo. Essas alterações podem ser resultantes da alta relação C/N do produto, implicando um aumento no tamanho e na estabilidade dos agregados do solo e por consequência aumento da macroporosidade (ALVES et al. 2012).

A adição do biochar como matéria orgânica também é uma ação importante na busca por maior atividade dos micro-organismos edáficos, proporcionando-lhes abrigo (NÓBREGA, 2011). Entretanto, no presente trabalho este resultado pode estar também relacionado ao ato de incorporação do biofertilizante ao solo por meio da abertura de sulcos, sendo posteriormente



fechados manualmente, inferindo na criação de poros pela ação física do revolvimento.

Os mesmos fatores que favoreceram o aumento da macroporosidade também influenciaram a porosidade total do solo estudado. Esses fatores são interdependentes visto que não houve maiores variações na microporosidade do

solo. Apesar do aumento da macroporosidade, estes valores ainda estão muito próximos aos tidos como limitantes para o desenvolvimento radicular das plantas (Tabela 1) os quais, segundo Tormena et al. (2008), estão entre os valores de 0,10 e 0,15 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>.

**Tabela 1** Médias da macroporosidade, microporosidade e porosidade total no perfil de solo sob diferentes manejos de recuperação e sob mata nativa de Cerrado em duas épocas, pré-aplicação do biochar e seis meses após a aplicação

Tratamentos	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2
	Macroporosidade		Microporosidade		Porosidade Total	
	-----m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----		-----m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----		-----m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----	
0,00-0,05 m						
Solo degradado	0,08cA	0,06dA	0,24aA	0,24aA	0,32cA	0,29bA
GA	0,07cB	0,13bcA	0,26aA	0,25aA	0,33bcB	0,39aA
GA+FP	0,10bcB	0,15abA	0,28aA	0,24aA	0,37bcA	0,39aA
GA+CR	0,12bA	0,11cA	0,28aA	0,30aA	0,39bA	0,41aA
GA+BR+LE	0,11bB	0,17aA	0,28aA	0,26aA	0,39bA	0,43aA
Cerrado	0,24aA	0,14bcB	0,26aA	0,28aA	0,51aA	0,42aB
CV (%)	13,14		13,41		7,78	
Média Geral	0,12		0,26		0,39	
0,05-0,10 m						
Solo degradado	0,06cA	0,6bA	0,23aA	0,23bA	0,29cA	0,29cA
GA	0,07cB	0,13aA	0,26aA	0,26bA	0,33bcB	0,39bA
GA+FP	0,07cB	0,11aA	0,27aA	0,23bA	0,34bcA	0,34bcA
GA+CR	0,12bA	0,5bB	0,26aA	0,30bA	0,38bA	0,35bcA
GA+BR+LE	0,06cA	0,7bA	0,26aA	0,24bA	0,32bcA	0,31bcA
Cerrado	0,21aA	0,14aB	0,29aB	0,39aA	0,49aA	0,53aA
CV (%)	20,43		12,40		10,43	
Média Geral	0,10		0,27		0,36	
0,10-0,20 m						
Solo degradado	0,05bcA	0,06abcA	0,24bA	0,24bA	0,29bA	0,31bA
GA	0,08bcA	0,05cB	0,27bA	0,27bA	0,34bA	0,31bA
GA+FP	0,07bcA	0,08abA	0,27bA	0,25bA	0,34bA	0,33bA
GA+CR	0,08bA	0,05abcB	0,26bA	0,28bA	0,35bA	0,33bA
GA+BR+LE	0,05cA	0,05bcA	0,24bA	0,26bA	0,29bA	0,31bA
Cerrado	0,13aA	0,09aB	0,34aB	0,39aA	0,47aA	0,48aA
CV (%)	23,16		9,53		7,70	
Média Geral	0,09		0,28		0,35	

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 (*Crotalária juncea*); GA+BR +LE = Gonçalo-alves+Braquiária+ lodo de esgoto

A aplicação do biochar no solo proporcionou uma melhora significativa da camada superior (0,0-0,05 m) em relação ao solo degradado na macroporosidade, porosidade total e densidade do solo. Destaca-se o tratamento composto pela combinação de Gonçalo-alves, braquiária e lodo de esgoto, o qual possibilitou o menor valor de densidade do solo, após a aplicação do biofertilizante (Tabela 2).

Apesar da superioridade dos demais tratamentos sobre a testemunha, esses apresentam densidade muito próxima à

considerada como limitante para o desenvolvimento radicular, segundo Reichert et al. (2003), 1,55 Mg m<sup>-3</sup>.

Os resultados corroboram o que foi descrito por Bonini & Alves (2012), em experimento conduzido em condição semelhante, com a implantação de tratamentos constituídos pela combinação de adubos verdes e condicionadores de solo.



**Tabela 2** Médias da densidade ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) no perfil de solo sob diferentes manejos de recuperação e sob mata nativa de Cerrado em duas épocas, pré-aplicação do biochar e seis meses após a aplicação

Tratamento	Densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ )							
	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2
	0,00-0,05 m		0,05-0,10 m		0,10-0,20 m		0,20-0,40 m	
Solo degradado	1,76Ad	1,68Ad	1,78Ac	1,76cA	1,83cA	1,85cA	1,93bA	1,92bA
GA	1,64cdB	1,52cA	1,66bcA	1,55bA	1,70bcA	1,62bA	1,91bA	1,84bA
GA+FP	1,51bcA	1,50bcA	1,62bA	1,57bA	1,65bA	1,69bcA	1,83bA	1,83bA
GA+CR	1,44bA	1,51cA	1,55bA	1,58bA	1,68bcA	1,70bcA	1,86bA	1,86bA
GA+BR+LE	1,52bcB	1,37bA	1,66bcA	1,60bcA	1,72bcA	1,69bA	1,84bA	1,87bA
Cerrado	1,11aA	1,23aB	1,25aA	1,22aA	1,35aA	1,33aA	1,30aA	1,41aB
CV (%)	4,18		4,96		4,56		4,08	
Média Geral	1,48		1,57		1,65		1,78	

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+Crotalaria (*Crotalaria juncea*); GA+BR +LE = Gonçalo-alves+Braquiária+ lodo de esgoto

### CONCLUSÕES

Em curto prazo, a aplicação do biochar aumenta a macroporosidade do Latossolo Vermelho álico degradado, em ambiente de cerrado.

### 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

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Relatório ANEEL 2012. Brasília: ANEEL, 2013, 92p.

ALVES, M. C.; DO NASCIMENTO, V.; SOUZA, Z. M. Recuperação em área de empréstimo usada para construção de usina hidrelétrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 8, p. 887-893, 2012.

BONINI, C. D. S. B.; ALVES, M. C. Qualidade física de um Latossolo Vermelho em recuperação há dezessete anos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 4, p. 329-336, 2012.

CESP - Centrais Elétrica do Estado de São Paulo. Diretoria de Meio Ambiente Recomposição vegetal. São Paulo: CESP, 1998. 11p.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSo, 2011. 230 p.

KITAMURA, A.E.; ALVES, M.C.; SUZUKI, L.G.A.S.; GONZALEZ, A.P. Recuperação de um solo degradado com aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.405-416, 2008.

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.

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.

TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; ROSSI JUNIOR, W. Resistência tênsil e friabilidade de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 33-42, 2008.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Ciência Ambiental, v. 48, p. 27-29. 2003.