



## Mineralização de carbono de biochar de lodo de esgoto obtido por diferentes temperaturas de pirólise<sup>(1)</sup>

**Walda Monteiro Farias<sup>(2)</sup>; Tulio Nascimento Moreira<sup>(3)</sup>; Bruno Araújo de Melo<sup>(4)</sup>; Beatriz Rocha Ribeiro<sup>(5)</sup>; João Victor do Nascimento Mos<sup>(6)</sup>; Cícero Célio de Figueiredo<sup>(7)</sup>**

<sup>(1)</sup>Trabalho executado com recursos da Capes e CNPq.

<sup>(2)</sup>Doutoranda do curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade de Brasília, Brasília-DF, waldamonfar@yahoo.com.br; <sup>(3)</sup> Graduando do curso de Agronomia da Universidade de Brasília-DF, tulio-14@hotmail.com; <sup>(4)</sup> Graduando do curso de Agronomia da Universidade de Brasília-DF, brunoaraujodemelo@hotmail.com; <sup>(5)</sup>Graduando do curso de Agronomia da Universidade de Brasília-DF, rbeatrizr@gmail.com; <sup>(6)</sup>Graduando do curso de Agronomia da Universidade de Brasília-DF, joaonmos@gmail.com <sup>(7)</sup>Professor Adjunto da Universidade de Brasília (FAV/UnB), Brasília-DF, cicerocef@unb.br.

**RESUMO:** O produto da matéria orgânica pirolisada, denominado biochar, normalmente apresenta elevada recalcitrância e, portanto maior estabilidade quando incorporado ao solo. O tratamento térmico por pirólise é uma alternativa ambientalmente correta a ser empregada no reaproveitamento de lodo de esgoto (LE), no entanto ainda restam dúvidas sobre o efeito da temperatura de pirólise no potencial de mineralização do carbono de biochar de lodo de esgoto. O objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica de mineralização de carbono de biochar de lodo de esgoto, obtido sob diferentes temperaturas de pirólise. Um experimento de incubação com quatro repetições em delineamento inteiramente casualizado foi utilizado com os seguintes tratamentos: 1- solo sem aplicação de resíduo (controle); 2- solo com LE; 3- Solo com biochar de LE a 300 °C (BC300); 4- Solo com biochar de LE a 400 °C (BC400); 5- Solo com biochar de LE a 500 °C (BC500). Dois grupos distintos foram verificados entre os materiais estudados: um constituído por LE, BC300 e BC400, e outro formado por BC500 mais o controle. O primeiro grupo apresentou maiores taxas de mineralização de carbono.

**Termos de indexação:** mineralização, biocarvão, bioestável.

### INTRODUÇÃO

O solo é um componente fundamental no processo de emissão e sequestro de carbono atmosférico (Rosa et al., 2014). Estima-se que até 1m de profundidade, a quantidade de carbono (C) estocada nos solos seja de 1576 Pg de C, dos quais 800 Pg encontram-se nos primeiros 30cm (Eswaran et al., 1993; Cerri et al., 2006). Este C encontra-se principalmente em compostos orgânicos (Roscoe & Machado, 2002), que podem ser decompostos e liberados para a atmosfera na forma de CO<sub>2</sub> em decorrência de práticas de manejo e condições

climáticas que favoreçam a atividade decompositora.

O balanço entre entrada e saída de C no solo determinará a quantidade armazenada. As formas de entrada estão basicamente relacionadas à produção de biomassa pelas plantas cultivadas e/ou a adição via fonte externa de C, como esterco compostado ou não, lodos de esgoto, torta de filtro, entre outros (Vilela et al., 2013). A adição em solos agrícolas, de formas recalcitrantes de C, como biochars (Bird et al., 1999), tem recebido considerável atenção (Dempster et al., 2012) sendo proposto como estratégia de gestão para melhorar a produtividade das culturas (Jeffery et al., 2011) e reduzir a emissão de gases de efeito estufa (Lehmann et al., 2006). O carbono presente no biochar apresenta maior estabilidade no solo pela presença de grupos aromáticos condensados que garantem sua recalcitrância apresentando estimativas de meia-vida que variam de séculos a milênios, tornando-o um eficiente sumidouro de carbono a longo prazo (Novotny et al., 2012).

No entanto, no caso do biochar de lodo de esgoto, ainda restam dúvidas sobre o efeito da temperatura de pirólise sobre a dinâmica de mineralização do biochar ao longo do tempo.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da temperatura de pirólise na dinâmica de mineralização de biochar de lodo de esgoto aplicado ao solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido sob condições controladas de laboratório em ensaio de incubação. Foram utilizadas amostras de lodo de esgoto oriundas da estação de tratamento de esgoto da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) e amostras de solo provenientes de um Latossolo Vermelho Amarelo coletado na Fazenda Água Limpa-UnB, Brasília-DF.

O biochar foi obtido a partir da pirólise de 1,0 kg de biomassa de LE, realizada em forno tubular



elétrico (Linn Elektro Therm) e submetido às temperaturas de 300 °C, 400°C e 500°C (BC300, BC400 e BC500, respectivamente) com taxa de aumento de temperatura igual a 11°C min<sup>-1</sup> e tempo de residência de 30 minutos. As características químicas e físicas dos materiais estudados são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Massa seca, teores de macro e microelementos, área superficial específica, volume de poros de lodo de esgoto e biochar obtido por diferentes temperaturas de pirólise.

Propriedade <sup>1</sup>	Unidade	LE <sup>2</sup>	BC 300	BC 400	BC 500
Massa seca	g	830	714	627	543
Fósforo	g/100g	3,57	4,11	5,37	6,13
Potássio	g/100g	0,008	0,016	0,108	0,125
Cálcio	g/100g	0,66	0,97	0,71	0,78
Magnésio	g/100g	0,17	0,18	0,16	0,17
Enxofre	g/100g	0,67	1,51	0,96	0,74
Boro	mg/kg	6,19	9,05	12,75	12,03
Cobre	mg/kg	1,32	1,38	1,66	1,14
Ferro	mg/kg	379	449,9	508,1	540,9
Manganês	mg/kg	0,76	1,02	1,12	1,2
Zinco	mg/kg	4,4	5,27	5,94	6,22
ASE	m <sup>2</sup> /g	18,19	20,17	29,85	52,47
VP	ml/g	0,022	0,027	0,046	0,053

<sup>1</sup> ASE: área superficial específica; VP: volume de poros. <sup>2</sup> LE: Lodo de esgoto; BC 300: biochar a 300°C; BC 400: biochar a 400°C; BC 500: biochar a 500°C.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo compostos por: 1- solo sem aplicação de resíduo (controle); 2- solo com LE *in natura*; 3- solo com biochar de LE a 300 °C (BC300); 4- solo com biochar de LE a 400 °C (BC400); 5- solo com biochar de LE a 500 °C (BC500). Cinco gramas de cada material (biochar ou LE) foram adicionados e misturados a cinquenta gramas de solo e submetidos à incubação em potes de 1,0 L hermeticamente fechados.

Frascos contendo solução padronizada de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>, foram colocados no interior dos potes e trocados periodicamente, para captura de CO<sub>2</sub> e posterior quantificação do mesmo.

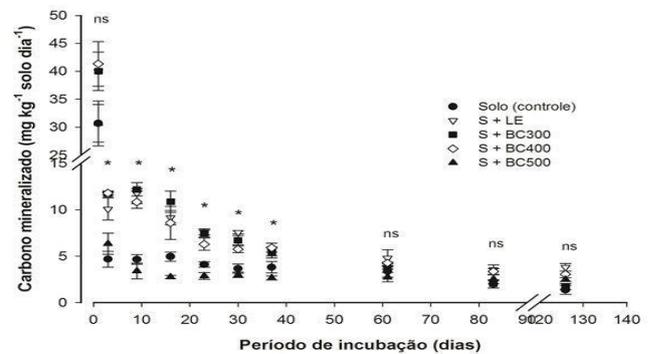
Os ensaios de mineralização foram feitos de acordo com a metodologia proposta por Alef e Nannipieri (1995). Onde, para quantificar o CO<sub>2</sub> liberado durante a incubação, os frascos contendo o NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>, na presença de 3mL de BaCl<sub>2</sub> 20% e duas gotas fenoftaleína foram titulados com HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>. A quantidade de CO<sub>2</sub> liberado foi calculada pela diferença do número de moles de NaOH iniciais com o que reagiu com o HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>. As amostras permaneceram incubadas por 127 dias e foram realizadas 15 medições. Nos dez primeiros dias, as medições foram realizadas em

intervalos de dois dias. A partir do 10<sup>o</sup> dia, em intervalos de sete dias.

Foram determinadas as taxas de mineralização de carbono (TMC) para cada época avaliada. Os dados de cada dia avaliado foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas as taxas de mineralização de carbono (TMC) para os diferentes materiais durante o período de incubação.



**Figura 1.** Taxa de mineralização de carbono de lodo de esgoto (LE) e de biochar de lodo de esgoto obtido a 300 °C (BC300), 400 °C (BC400) e 500 °C (BC500), tendo o solo (S) como controle.\* e ns: significativo e não significativo pelo teste de Tukey a 5% (p<0,05), respectivamente.

Para todos os materiais, a TMC foi maior no início da incubação e diminuiu, gradativamente, até atingir valores praticamente constantes a partir de 60 dias. Essa dinâmica observada na decomposição de materiais orgânicos deve-se ao fato de que na fase inicial da decomposição, são mineralizados os compostos carbonados mais lábeis, presentes na fração solúvel em água. Após a exaustão dessa fração, ocorre a mineralização gradativa e a taxas mais constantes dos compostos mais resistentes ao ataque microbiano (Saviozzi et al., 1997; Coppens, 2005).

Entre os materiais estudados, verificou-se comportamento de dois grupos distintos: um composto por LE, BC300 e BC400 e outro representado pelo BC500 mais o controle (solo sem aplicação de material). O primeiro grupo apresentou maiores TMC no período de 3 a 37 dias do início da incubação comparado ao primeiro grupo. A partir desse período os materiais não se diferenciaram (p<0,05) quanto a TMC.

Esses resultados demonstram que o aumento da temperatura de pirólise acima de 400 °C altera a composição química do carbono do biochar, diminuindo a quantidade de compostos mais lábeis



e o estímulo à microbiota decompositora do solo em curto prazo.

À medida que compostos facilmente oxidáveis são exauridos restam, nos materiais orgânicos, compostos carbonados de difícil decomposição os quais são biodegradados por uma população de fungos e bactérias especializadas, que sintetizam as enzimas necessárias para decompor a matéria orgânica mais recalcitrante (ANDERSON, 2011). Nessa etapa final a velocidade de mineralização é lenta e apresenta valores constantes.

A baixa taxa de mineralização observada no BC500 indica que este material representa uma excelente opção para o acúmulo de carbono no solo, sequestrando C por longos períodos, potencialmente centenas de anos (Lehmann et al., 2012) e diminuindo as emissões de CO<sub>2</sub> para atmosfera, decorrente da elevada recalcitrância imposta pela pirólise realizada em alta temperatura (500 °C). A presença de estruturas orgânicas internas semelhantes a do grafite contribui para que o biochar tenha sua estabilidade mantida a longo prazo, caracterizando um sistema de dreno de carbono mais eficiente (Rezende et al., 2011).

Resultados semelhantes foram encontrados por Zimmerman et al. (2010) que avaliaram a taxa de mineralização de C para diferentes biochars a partir de incubações esterilizadas (abiótico) e inoculadas com microrganismos do solo. Os resultados desses autores confirmam a tese de que a biomassa carbonizada a baixas temperaturas geralmente tem uma maior fração lábil do que quando carbonizado a elevadas temperaturas.

Abdulrazzaq et al. (2013) investigaram a influência de dois métodos de pirólise sobre a qualidade química e estabilidade do biochar a curto prazo, quando aplicado ao solo, e constataram que a estabilidade está relacionada com o grau de alteração térmica da matéria-prima e que a principal razão para a alta estabilidade do biochar é atribuída a natureza das estruturas de carbono. Lanza et al. (2014) também concluíram em estudo com degradação de biochar adicionado ao solo que o processo de carbonização é eficiente para aumentar a estabilidade de substratos orgânicos no solo.

## CONCLUSÕES

A taxa de mineralização de biochar é dependente da temperatura de pirólise utilizada.

Em geral, foram observados dois comportamentos distintos em relação a dinâmica de mineralização do carbono: (1) as misturas de solo com BC300, BC400 e LE promoveram maiores taxas de mineralização do carbono e (2) a mistura de solo com o BC500 se assemelhou ao solo sem

aplicação de material orgânico (controle), com baixa taxa de mineralização do carbono.

## AGRADECIMENTOS

A Capes pela bolsa de doutorado da primeira autora e ao CNPq

## REFERÊNCIAS

- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F. & BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 25:189-197, 2001.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. & DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil and Tillage Research.*, 86:237-245, 2006.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregados e qualidade de agregados de um latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, p.99-105, 1990.
- CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; CERRI, C.E.P.; LAL, R. Challenges and opportunities of soil carbon sequestration in Latin America. In: LAL, R.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, C.E.P. (org.) *Carbon sequestration in soils of Latin America*. New York, Haworth, p.41-47, 2006.
- DEMPSTER, N.D.; GLEESON, D.B.; SOLAIMAN, Z.M.; JONES, D.L.; MURPHY, D.V. Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralisation with Eucalyptus biochar addition to a coarse textured soil. *Plant Soil*, 354:311-324, 2012.
- ESWARAN, H.; VAN DEN BERG, E.; REICH, P.F. Organic carbon in soils of the world. *Soil Science Society of America Journal*, v.57, p.192-194, 1993.
- JEFFERY, S.; VERHEIJEN, F.G.A.; VAN DER VELDE, M.; BASTOS, A.C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 144: 175-187, 2011.
- LANZA, Z.; WIRTH, S.; GEBLER, A.; KERN, J.; MUMME, J. Short-term incubation studies on degradation of biochar in soil. *Geophysical Research Abstracts Vol. 16*, 8669, 2014.
- LEHMANN, J. & RONDON, M. Bio-char soil management on highly weathered soils in the humid tropics. In: Uphoff, N. (Ed.), *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 517-530, 2006.



REZENDE, E. I. P.; ANGELO, L. C.; dos SANTOS, S. S.; MANGRICH, A. S. Biocarvão (Biochar) e Sequestro de Carbono Revista Virtual Química, 3 (5), 426-433, 2011.

ROSA, R.; SANO E.E.; ROSENDO, J.S. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacias hidrográfica do rio Paranaíba. Sociedade e natureza, v.26,p.333-351, 2014.

ROSCOE, R. & MACHADO, P.L.O.A. Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 86p, 2002.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa,p. 276 -374, 2007.

VIEIRA, G.E.G.; PEDROZA, M.M.; SOUSA,J.F.; PEDROZA,C.M. O processo de pirólise como alternativa para o aproveitamento do potencial energético de lodo de esgoto – uma revisão. Revista Liberato, v.12, n.17, p.01-106, 2011.

VILELA, V.A.A.; SOARES, A.G.; MARTINS,R.C.; PIRES,A.M.M.; ANDRADE,C.A. 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., 2013. Florianópolis. Ciência do solo: para quê e para quem: anais. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 4 p, 2013.

NOVOTNY, E.H.; MADARI, B.E.; MAIA, C.M.B.F.; MANGRICH, A.S. O Potencial do Biocarvão (Carbono Pirogênico) no Sequestro de Carbono; na Ciclagem de Nutrientes; no Crescimento da s Plantas e no Estímulo de Processos microbiológicos. In: FERTBIO, Maceió-Alagoas, 2012.

**XXXV Congresso  
Brasileiro de  
Ciência do Solo**

CENTRO DE CONVENÇÕES - NATAL / RN



**O SOLO E SUAS  
MÚLTIPLAS FUNÇÕES**  
02 a 07 DE AGOSTO DE 2015