



## Caracterização de matérias-primas e biochars para uso na agricultura<sup>(1)</sup>.

**Rafaela Feola Konz<sup>(2)</sup>; Thalita Fernanda Abbruzzini<sup>(3)</sup>, Carlos Eduardo Pellegrino Cerri<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP

<sup>(2)</sup> Mestranda no Programa de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP; Piracicaba/SP, rafafc2@yahoo.com.br; <sup>(3)</sup> Doutoranda no Programa de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP. <sup>(4)</sup> Professor Doutor no Depto de Ciência do Solo, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP

**RESUMO:** Proveniente do processo de pirólise, o biochar é constituído por elevado teor de carbono, em estruturas que são responsáveis pela elevada resistência à degradação. Quando aplicado ao solo, traz melhorias relacionadas às propriedades químicas, físicas e microbiológicas do mesmo além de ser ferramenta para o sequestro de carbono, alternativa para disposição de resíduos orgânicos com concomitante produção de energia. Atualmente muitos estudos são desenvolvidos com a finalidade de avaliar a viabilidade de suas inúmeras aplicações. Muitos desafios estão ligados à obtenção de resultados, que dificultam a adesão e aplicação desse material no setor agrícola. Essas dificuldades são representadas principalmente pelas variações das propriedades dos biochars decorrentes da escolha da matéria-prima e do processo de produção. Dessa forma a caracterização torna-se fundamental para determinar a viabilidade de aplicação no solo assegurando ausência de risco de contaminação ambiental, bem como serve como subsídio para entender os mecanismos que podem explicar os efeitos da interação solo-biochar. O estudo teve como objetivo avaliar as principais características químicas de importância agrícola, de diferentes biochars produzidos, e compará-los às respectivas matérias-primas para possibilitar a avaliação preliminar de viabilidade de aplicação no solo.

**Termos de indexação:** pirólise, biocarvão, resíduo agrícola

### INTRODUÇÃO

A partir da conversão térmica de biomassa, a produção de biochar é apontada como uma medida alternativa para a produção de energia, desfavorecendo a necessidade de uso de combustíveis fósseis, o que mitiga a emissão do carbono outrora armazenado no ecossistema. Outro benefício advindo da produção de biochar é o surgimento de uma nova destinação aos resíduos orgânicos principalmente provenientes do setor agrícola, que podem ser representados por material vegetal resultante da operação de colheita e poda, como também rejeitos da indústria de produção

animal (LEHMANN; JOSEPH, 2009; VERHEIJEN et al., 2009).

O biochar é também extensivamente reportado por seu efeito benéfico às propriedades do solo, como aumento da retenção de nutrientes e melhora sua estrutura com resultado positivo na produção de biomassa (LEHMANN, 2007; SPOKAS et al. 2011). A multiplicidade de usos e aplicações do biochar são motivo principal de seu estudo por diversas áreas na pesquisa mundial. No entanto, há uma grande variabilidade acerca dos resultados obtidos alternando conclusões positivas, negativas e nulas em relação às variáveis comumente observadas em estudos.

De forma geral os mecanismos que explicam os efeitos da adição de biochar ao solo estão ligados às propriedades particulares do biochar, que variam de acordo com a matéria-prima e condições de produção (e.g., temperatura de pirólise, tempo de reação, taxa de aquecimento); e condições do solo (e.g., textura, presença de nutrientes, matéria orgânica, pH) e dos fatores climáticos (e.g., temperatura, umidade) (JOSEPH et al., 2010).

A evolução dos estudos sobre biochar necessita de padronização das análises e metodologias, além do estabelecimento das propriedades de maior interesse para a completa caracterização e comparação do produto final.

Dada a variação das propriedades que podem ser obtidas da produção de biochar, a determinação dos fatores que influenciam suas características finais é de extrema importância para a obtenção de um material adequado em relação à sua destinação, o que será somente possível se houver conciliação das relações entre a matéria-prima e o biochar, e as condições de produção.

A presente pesquisa objetivou portanto caracterizar diferentes matérias-primas e seus biochars produzido a partir de condições contrastante de temperatura de pirólise e verificar a influência desses dois parâmetros nas propriedades finais do material produzido.

### MATERIAL E MÉTODOS

As matérias-primas foram selecionadas de acordo com sua importância na região Sudeste do Brasil bem como sua atual destinação. Dois materiais



contrastantes foram então incluídos no estudo: dejetos de galinha e palha de cana-de-açúcar. A pirólise foi realizada em reator estacionário, com capacidade de 60 L, em atmosfera anóxica com fluxo de gás  $N_2$ . O aquecimento foi realizado por meio de resistências elétricas localizadas ao redor do porta-amostra. As temperaturas de pirólise selecionadas foram de 350, 450, 550 e 650 °C, com taxa de aquecimento de  $10\text{ °C min}^{-1}$ .

#### Propriedades Avaliadas

As propriedades determinadas foram: pH, Condutividade Elétrica (C.E.), Capacidade de Troca Catiônica, Teor de Nutrientes.

Para análise das matérias-primas foram utilizados metodologias diferenciadas daquelas usadas para os biochars. Dessa forma para determinação de CTC pH e C.E. foi utilizada a metodologia padronizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, através da Instrução Normativa SDA nº 17, de 21 de Maio de 2007, cujo anexo detalha os métodos para análise de substratos para plantas e condicionadores de solos. As determinações de macro e micronutrientes são baseadas na metodologia proposta por Khier (1985).

Após produzidos, os biochars de dejetos de galinha e palha de cana-de-açúcar foram peneirados em malha menor que 2 mm e seguiu-se com as avaliações. A determinação das propriedades mencionadas seguiram metodologias indicadas pelo “Standardized Product Definition and Testing Guidelines for Biochar that is Used in Soil” documento emitido pelo International Biochar Initiative – IBI (2013) órgão que desenvolve metodologia padronizada para avaliação dos biochars objetivando ampliar a adesão e uso do biochar na agricultura.

Portanto o pH e a C.E. dos materiais foi realizado através da metodologia proposta por Rajkovich et al. (2011), sendo determinados em solução com água destilada.

A ausência de método padronizado para avaliação da CTC, característica fundamental para promover a aplicação do material no solo, pode acarretar em dificuldade de interpretação dos resultados. No presente estudo, tal propriedade foi determinada pela mesma metodologia usada nas matérias-primas, mencionada junto à caracterização desses materiais.

Os macro e micro nutrientes foram determinados através da metodologia proposta por Enders et al. (2012), através de aquecimento com ácido nítrico e leitura da solução com ICP OES.

Os resultados finais foram submetidos a análise

de variância (ANOVA) e foram efetuadas comparações de médias por teste de Tukey ( $\alpha=5\%$ ).

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação às propriedades avaliadas foram observadas variações nos resultados finais, em relação à temperatura de pirólise e em relação ao tipo de material original.

Encontra-se de forma evidente diferenças expressivas das propriedades dos biochars de dejetos de galinha e palha de cana-de-açúcar, assim como citado por outros autores (Mukome et al., 2013; Zhao et al., 2013).

A elevação do pH do solo em decorrência da aplicação de biochar é reportada em outros estudos e é apontada como principal responsável pela elevação na produtividade das culturas (Lorenz & Lal, 2014)

Em relação ao pH, observou-se elevação do índice para todos os materiais (Figura 1)

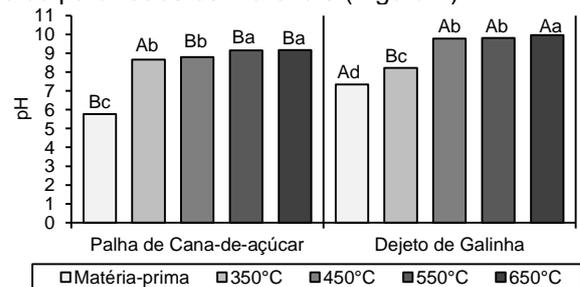


Figura 1 – Índice pH dos materiais, barras com letras distintas diferem entre si ( $p<0,05$ ), as letras minúsculas referem-se a comparação das médias entre as temperaturas; as letras maiúsculas referem-se à comparação entre as matérias-primas e biochars.

O índice está relacionado à presença de metais básicos na estrutura do biochar (Lehmann et al., 2011) e portanto verifica-se mais elevado no material proveniente de dejetos de galinha, que é também inicialmente mais elevado. A elevação da temperatura causa aumento do pH uma vez que provoca eliminação de grupos funcionais ácidos (Lorenz & Lal, 2014). Portanto, conserva-se a característica básica de ambos os biochars com aumento da temperatura.

A variação da C.E. (Figura 2) apresentou comportamento complexo, exibindo variação de acordo com o tipo de material e, em menor amplitude, com a temperatura. A variação da C.E. acompanhou a variação dos teores de macronutrientes, que é compatível com a quantidade de íons solúveis presentes no biochar (Carrier et al., 2012). Dessa forma o dejetos de galinha mostra diminuição da C.E. com elevação da temperatura, enquanto o oposto ocorre com a palha de cana-de-açúcar.

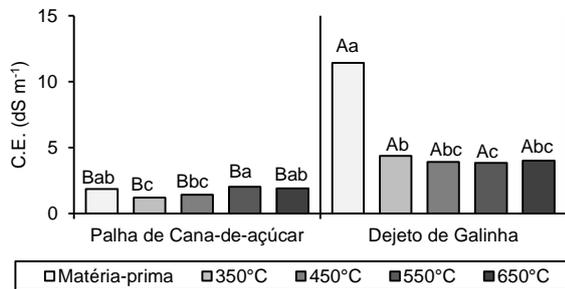


Figura 2 – C.E. dos materiais, barras com letras distintas diferem entre si ( $p < 0,05$ ), as letras minúsculas referem-se a comparação das médias entre as temperaturas; as letras maiúsculas referem-se à comparação entre as matérias-primas e *biochars*.

Os teores dos macronutrientes avaliados (Figuras 3, 4, 5, 6 e 7) também exibiram comportamento diferenciado. Pôde-se notar a influência da elevação da temperatura em ambos os materiais, entretanto os mesmos mostraram variação distinta evidenciando a influência conjunta do tipo de matéria-prima na propriedade em questão.

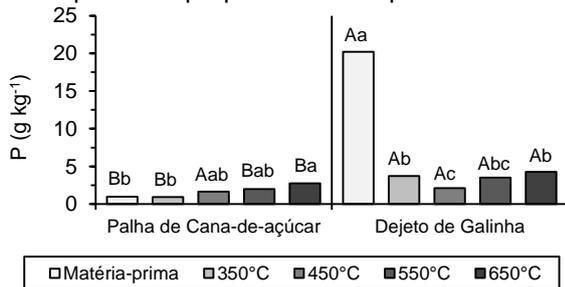


Figura 3 – Teor de fósforo (P) dos materiais. Barras com letras distintas diferem entre si ( $p < 0,05$ ), as letras minúsculas referem-se a comparação das médias entre as temperaturas; as letras maiúsculas referem-se à comparação entre as matérias-primas e *biochars*.

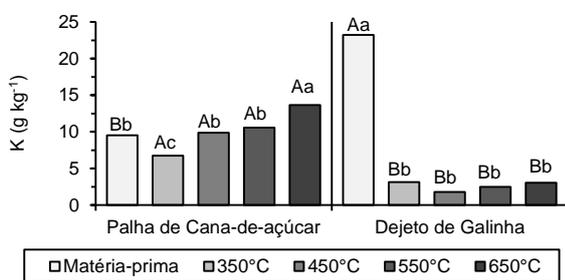


Figura 4 – Teor de potássio (K) dos materiais. Barras com letras distintas diferem entre si ( $p < 0,05$ ), as letras minúsculas referem-se a comparação das médias entre as temperaturas; as letras maiúsculas referem-se à comparação entre as matérias-primas e *biochars*.

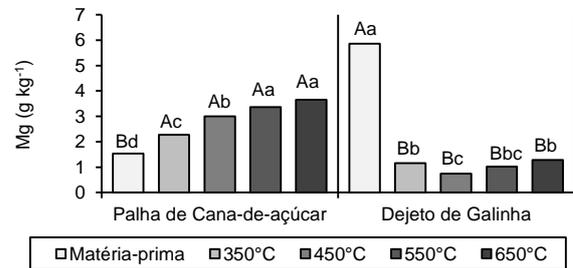


Figura 5 – Teor de magnésio (Mg) dos materiais. Barras com letras distintas diferem entre si ( $p < 0,05$ ), as letras minúsculas referem-se a comparação das médias entre as temperaturas; as letras maiúsculas referem-se à comparação entre as matérias-primas e *biochars*.

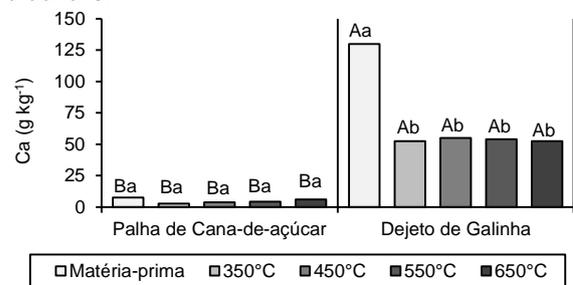


Figura 6 – Teor de cálcio (Ca) dos materiais. Barras com letras distintas diferem entre si ( $p < 0,05$ ), as letras minúsculas referem-se a comparação das médias entre as temperaturas; as letras maiúsculas referem-se à comparação entre as matérias-primas e *biochars*.

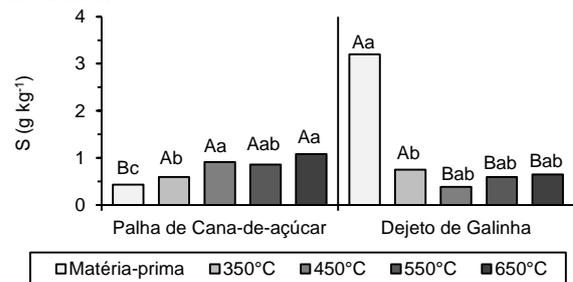


Figura 7 – Teor de enxofre (S) dos materiais. Barras com letras distintas diferem entre si ( $p < 0,05$ ), as letras minúsculas referem-se a comparação das médias entre as temperaturas; as letras maiúsculas referem-se à comparação entre as matérias-primas e *biochars*.

Os teores de nutrientes apresentaram maior variação em relação à concentração inicial na matéria-prima do que em relação ao aumento de temperatura (Enders et al., 2012; Zhao et al., 2013). Os resultados corroboram os valores apresentados no trabalho de Zhao et al. (2013) que exibiram valores maiores no teor de fósforo e cálcio para *biochars* provenientes de rejeitos animais e maiores teores de K para *biochars* provenientes de resíduos de culturas agrícolas.



Os micronutrientes (dados não exibidos) exibiram concentrações baixas em todos os materiais, demonstrando em alguns casos pouca influência do aumento de temperatura. De forma geral, houve redução nos teores de micronutrientes quando avaliou-se a soma de todos os elementos determinados.

A CTC (Figura 8) mostrou influência da temperatura até atingir 450 °C, onde tornou-se similar em todos os materiais. A variação dessa propriedade também pode ocorrer sob influência da matéria-prima, uma vez que está relacionada à presença de cátions no *biochar* (Zhang et al, 2012). Dessa forma a diminuição de cátions nos biochars de dejetos de galinha explica a diminuição de CTC nesse material.

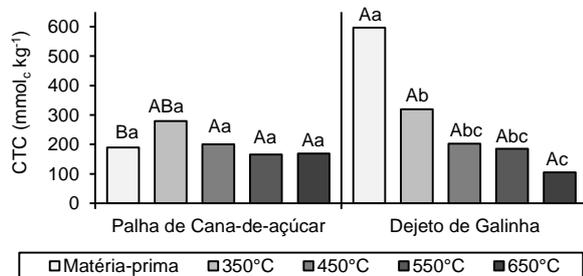


Figura 8 – CTC dos materiais. Barras com letras distintas diferem entre si ( $p < 0,05$ ), as letras minúsculas referem-se a comparação das médias entre as temperaturas; as letras maiúsculas referem-se à comparação entre as matérias-primas e *biochars*.

## CONCLUSÕES

De forma geral os biochars de palha de cana-de-açúcar e dejetos de galinha exibiram persistência das características de importância agrícola, mesmo após a realização da pirólise.

Em relação ao pH, os materiais pirólisados em temperaturas mais elevadas demonstram grande potencial para aplicação em solos ácidos para diminuição do Índice desses solos.

A condutividade elétrica acompanha os teores de macronutrientes, uma vez que para os biochars de palha de cana-de-açúcar seus valores aumentaram com a elevação da temperatura, conjuntamente aos teores dos macronutrientes avaliados. Entretanto, ressalta-se a necessidade de monitorar os elementos disponibilizados para que haja controle em relação à salinização do solo.

Mesmo demonstrando diminuição no conteúdo de nutrientes, os biochars de dejetos de galinha tem seu potencial de aplicação no solo confirmado pelo alto índice pH, decorrente do elevado teor de cálcio.

Por fim, a CTC dos materiais foi diminuída com a ocorrência da pirólise. No entanto a ausência de metodologia padronizada para determinação de tal

propriedade dificulta a análise e comparação entre os materiais.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento da pesquisa. Ao Depto de Ciência do Solo e ao Programa de Pós graduação em Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SDA nº 17**. Diário Oficial da União- Seção 1, n.º 99, 24 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2007.

CARRIER, M., HARDIE, A. G., URAS, Ü., GÖRGENS, J., KNOETZE, J. Production of char from vacuum pyrolysis of South-African sugar cane bagasse and its characterization as activated carbon and biochar. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 96: 24–32, 2012.

ENDERS, A.; HANLEY, K.; WHITMAN, T.; JOSEPH, S.; LEHMANN, J. Characterization of *biochars* to evaluate recalcitrance and agronomic performance. *Bioresource Technology*, 114: 644-653, 2012.

INTERNATIONAL BIOCHAR INITIATIVE. **Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil**. Disponível em: <[http://www.biochar-international.org/sites/default/files/IBI\\_Biochar\\_Standards\\_V1.1.pdf](http://www.biochar-international.org/sites/default/files/IBI_Biochar_Standards_V1.1.pdf)>. Acesso em: 02 jul. 2013.

JOSEPH, S.D.; CAMPS-ARBESTAIN, M.; LIN, Y.; MUNROE, P.; CHIA, C.H.; HOOK, J. An investigation into the reactions of *biochar* in soil. *Australian Journal of Soil Research*, 48: 501-515, 2010.

KHIEL, E. J. Análise de fertilizantes orgânicos. In: \_\_\_\_\_. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985, 495 p.

LEHMANN, J. A handful of carbon. *Nature*, 447: 143-144, 2007.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. *Biochar* for environmental management: an introduction. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Biochar for environmental management science and technology**. New York: Earthscan 2009. p. 1–9.

LEHMANN, J.; RILLIG, M.; THIES, J.; MASIELLO, C.; HOCKADAY, W.C.; CROWLEY, D. *Biochar* effects on soil biota: a review. *Soil Biology & Biochemistry*, 43(6): 1812–1836, 2011.

LORENZ, K.; LAL, R. *Biochar* application to soil for climate change mitigation by soil organic carbon



sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 177(5): 651–670, 2014.

MUKOME, F.N.D.; ZHANG, X.; SILVA, L.C.R.; SIX, J.; PARIKH, S.J. Use of chemical and physical characteristics to investigate trends in *biochar* feedstocks. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 61: 2196-2204, 2013.

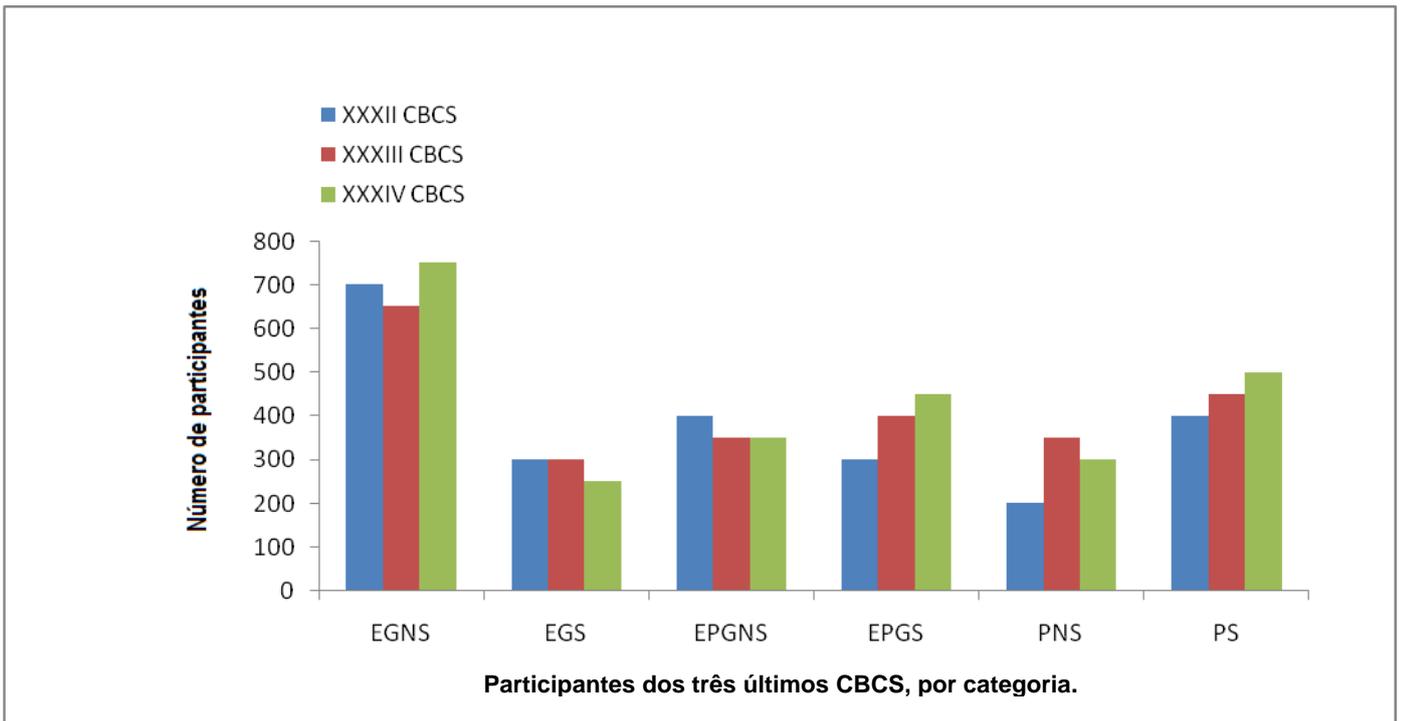
RAJKOVICH, S.; ENDERS, A.; HANLEY, K.; HYLAND, C.; ZIMMERMAN, A.R.; LEHMANN, J. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of *biochars* with varying properties to a temperate soil. **Biology and Fertility of Soils**, 48: 271-284, 2011.

SPOKAS, K.A.; CANTRELL, K.B.; NOVAK, J.M.; ARCHER, D.W.; IPPOLITO, J.A.; COLLINS, H.P.; BOATENG, A.A.; LIMA, I.M.; LAMB, M.C.; MCALOON, A.J.; LENTZ, R.D.; NICHOLS, K.A. *Biochar*: a synthesis of its agronomic impact beyond carbon sequestration. **Journal of Environmental Quality**, 41: 973-989, 2011.

VERHEIJEN, F.G.A.; JEFFERY, S.; BASTOS, A.C.; VELDE, M. van der; DIAFAS, I. **Biochar application to soils**: a critical scientific review of effects on soil properties, processes and functions. Luxembourg: European Communities, 2009. 149 p.

ZHANG, A.; LIU, Y.; PAN, G.; HUSSAIN, Q.; LI, L.; ZHENG, J.; ZHANG, X. Effect of *biochar* amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil organic carbon poor calcareous loamy soil from Central China Plain. **Plant and Soil**, 351(1/2): 263–275, 2012.

ZHAO, L.; CAO, X.; MAŠEK, O.; ZIMMERMAN, A. Heterogeneity of *biochar* properties as a function of feedstock sources and production temperatures. **Journal of Hazardous Materials**, 256/257: 1-9, 2013.



**Figura 1** – Número de participantes por categoria: estudantes de graduação não-sócios e sócios; estudantes de pós-graduação não-sócios e sócios; e profissionais não-sócios e sócios, nas últimas três edições do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (hipotético).

**Figura 1** – Número de resumos apresentados em cada Comissão da SBCS nas últimas três edições do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (hipotético).