

Estoque de carbono do solo cultivado com soja na região de Campos Gerais - Paraná⁽¹⁾

João Antonio Braga Rocha⁽²⁾; Caio Fernandes Zani⁽³⁾; Arlete Simões Barneze⁽³⁾; Francisco F. C. Mello⁽⁴⁾; Brigitte J. Feigl⁽⁵⁾; Carlos C. Cerri⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Parte da dissertação do primeiro autor financiado pelas instituições Capes e Fapesp.

⁽²⁾ Mestrando Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Piracicaba, SP; joaorocha@usp.br;

⁽³⁾ Mestrandos (CENA/USP); czani@cena.usp.br; abarneze@cena.usp.br; ⁽⁴⁾ Pós-doutorando, (CENA/USP); fcmello@gmail.com; ⁽⁵⁾ Professora doutora (CENA/USP); beduardo@cena.usp.br; ⁽⁶⁾ Professor titular (CENA/USP); cerri@cena.usp.br.

RESUMO: A preocupação ambiental quanto a parâmetros de sustentabilidade se espalhou pelo globo terrestre alcançando até como ponto de interesse o comércio entre as nações. Produtos que apresentam, em suas características, auxílio ao meio ambiente estão sendo hoje mais bem vistos. A soja (*Glycine max* L.) é uma oleaginosa que por possuir amplo uso pela sociedade no setor alimentício, atualmente vem ganhando destaque pelo uso do seu óleo na produção do biodiesel. O objetivo deste trabalho consistiu na avaliação das alterações nos estoques de carbono (C) do solo em razão às mudanças no uso da terra. As áreas de estudo situavam-se no município de Ponta Grossa, estado do Paraná. O clima é do tipo temperado úmido. O solo é um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. A região destaca-se por apresentar uma das maiores áreas cultivadas com maior produtividade de soja no país. Com isso, tornou-se importante avaliar o efeito do seu cultivo sobre os estoques de C no solo ao longo do tempo. As áreas avaliadas foram áreas cultivadas com soja por 20, 30 e 40 anos. Também foram coletadas amostras em uma área de vegetação nativa utilizada como referência. Os resultados mostraram que conversão da vegetação nativa para o cultivo da soja ao longo do tempo ocasionou a diminuição de cerca de 20% no estoque de C no solo. A taxa de acúmulo no solo cultivado com soja, desconsiderando a mata, foi estimada em 0,96 Mg ano⁻¹.

Termos de indexação: mudança do uso da terra, cronosequência.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal produtor mundial de óleo de soja. O carbono do solo é apresentado como um parâmetro de relevância em várias normas e protocolos internacionais como: Mesa Redonda para a Soja Responsável (RTRS), Certificação Internacional de Sustentabilidade de Carbono (ISCC), os Princípios e Critérios para Produção Sustentável de Óleo de Palma (RSPO, 2007), a certificação Bonsucro para a cana de açúcar (Bonsucro, 2011), Mesa Redonda para os Combustíveis Sustentáveis (RSB, 2010);

Sustentabilidade de Biocombustíveis de Biomassa (2BSVs); Norma de Garantia de Sustentabilidade Bioenergética (RBSA); Greenergy - Energia Verde e Global Bioenergy Partnership (GBEP, 2011).

O efeito da mudança de uso da terra pode promover o aumento ou diminuição no estoque de C do solo como observados em trabalhos de Mello (2012). Em Siqueira Netos (2009) podemos verificar outros fatores como segurança alimentar, alterações socioeconômicas, mudança na biodiversidade dos ecossistemas, de florestamento e a emissão de gases causadores de efeito estufa.

A quantidade de carbono fixado no solo pode variar em decorrência das características edafoclimáticas além das práticas de manejo e aporte de resíduos culturais (Maia et al., 2010).

Quando existe a fixação e acúmulo de carbono no solo a mudança de estoque de C pode ser positiva, como é o caso de boas práticas agrícolas como o cultivo mínimo, já o contrário, ou seja, quando as atividades agrícolas facilitam a sua saída do solo sob forma de CO₂ devido a mineralização da matéria orgânica a mudança se torna negativa.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar as alterações nos estoques de C do solo cultivado com soja por 20, 30 e 40 anos após a conversão de área de vegetação nativa em Ponta Grossa, PR.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas deste estudo situam-se na região dos Campos Gerais no município de Ponta Grossa, PR. O clima é do tipo temperado úmido (Cfb) segundo a classificação Köppen, com precipitação média anual de 1700 mm e temperatura média anual de 20°C. A vegetação nativa foi classificada como Floresta Ombrófila Mista e o solo foi classificado como um Latossolo Vermelho distroférico segundo mapas da Embrapa (2006).

Para determinar a mudança de estoque de C do solo em decorrência da mudança de uso da terra foi selecionada uma cronosequência composta por quatro áreas de estudo: i) vegetação nativa; ii) soja cultivada por 20 anos (Soja 20); iii) soja cultivada por 30 anos (Soja 30) e iv) soja cultivada por 40 anos (Soja 40).

As áreas amostradas encontravam-se sob a

mesma topossequência preservando o mesmo tipo de solo e microclima. As áreas de soja foram cultivadas obedecendo a rotação aveia branca (jun-out); soja (out-fev) e, milho safrinha (fev-jun) em sistema de plantio direto com manutenção da palha sobre o solo. Desta forma, mesmo as áreas estando espacialmente dispersas, pode-se assumir que o meio e o manejo atuaram de forma uniforme nas unidades amostradas. Portanto, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), considerando quatro áreas como tratamentos (uso do solo e tempo de cultivo de soja), cada qual com nove pseudo-repetições em diferentes sítios topográficos (Hurlbert, 1984).

A amostragem de solo foi realizada em outubro de 2012. As amostras foram coletadas em nove trincheiras, sendo uma trincheira central com 100 cm de profundidade e oito mini-trincheiras com 30 cm de profundidade, distanciadas 50 m uma das outras, conforme apresentado pela Figura 1.

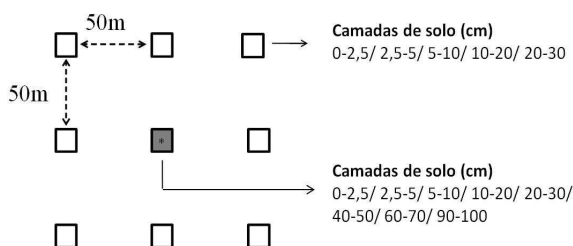


Figura 1. Disposição das trincheiras e profundidade de solo amostradas em cada área da cronossequência avaliada.

Em todos os pontos foram coletadas amostras indeformadas pelo método do anel volumétrico ($99,4 \text{ cm}^{-3}$) que serão utilizadas para o cálculo de densidade do solo (Blake & Hartge, 1986).

Para determinar os teores de C e N, as amostras foram moídas e passadas em peneiras de 100 mesh e, em seguida analisadas no equipamento LECO[®] CN-2000. Os estoques de C das áreas foram calculados a partir da multiplicação dos teores de C (g kg^{-1}), os valores da densidade do solo (g dm^{-3}) e das camadas de solos amostradas (cm) conforme Bernoux et al. (1998). Os estoques de C obtidos foram corrigidos pelo ajuste de massa, utilizando como referência a área de vegetação nativa, conforme Sisti et al. (2004).

Após a correção dos estoques de C foi possível determinar a taxa de variação anual do estoque de C no solo a partir da conversão da vegetação nativa.

Nos resultados obtidos foi verificada a distribuição e frequência dos dados por meio da estatística clássica. Quando verificada distribuição normal nos estoques de C, os dados foram submetidos à análise da variância (one way

ANOVA) e a comparação realizadas pelo teste de SNK a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos teores de C e N demonstrou que ocorreu decréscimo em função do aumento da profundidade do solo. A área de vegetação nativa apresentou maiores teores que todas as áreas avaliadas (Figura 2) havendo uma diminuição de 31,5%; 22,5% e 22,6% nos teores de C e N na camada 0-30 cm em relação à área cultivada com soja por 20, 30 e 40 anos respectivamente.

A avaliação do teor de N apresentou resultado semelhante à avaliação do teor de C do solo, diminuindo com o aumento da profundidade de solo amostrado. Este comportamento observado na situação de mata nativa é comum, devido ao maior aporte vegetal incorporado e que pode resultar em maiores teores de C no solo (Sisti et al., 2004).

Desta forma, verifica-se que a mudança de uso da terra (mata/soja) promoveu a redução nos teores de C e N no solo.

Os estoques de C foram calculados para a camada 0-30 cm onde os teores de C são mais sensíveis devido à ação dos microrganismos da matéria orgânica (Oliveira et al., 2008) e às atividades agrícolas (Siqueira Neto, 2009).

Porém dependendo do tempo de cultivo estudado isso pode não ocorrer como se verifica em Maia (2009). O estoque de C na Mata Nativa supera o cultivo de soja independentemente da idade de implantação (Tabela 1).

Em relação às áreas cultivadas com soja, não apresentaram diferença significativa ($p > 0.05$) entre a soja 30 e 40 anos, porém são estatisticamente diferentes do estoque encontrado na soja 20 anos. Pode-se observar que a soja 20 anos apresenta valor menor de estoque em relação ao cultivo de 30 e 40 anos.

De acordo com a análise da estatística clássica constata-se que há homogeneidade dos dados (Tabela 1).

A taxa de acúmulo no solo cultivado com soja, desconsiderando a mata, foi estimada em $0,96 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Sá et al. (2001) verificaram em estudo realizado na mesma região o valor de $0,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

CONCLUSÕES

Verificou-se que os teores de C e N na mata nativa foram superiores aos observados na cultura da soja, independentemente do tempo de cultivo.

A mudança de uso da terra da mata para o cultivo da soja ocasionou a diminuição do estoque de C em todas as situações avaliadas. A diminuição



dos estoques de C foi de 32%; 20% e 19%, observadas respectivamente nas áreas cultivadas com soja por 20, 30 e 40 anos, respectivamente.

A taxa de acúmulo no solo cultivado com soja, desconsiderando a mata, foi estimada em 0,96 Mg ano⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Ao proprietário Gabriel Nadal e funcionários da Fazenda Areião, André Aparecido Líder funcionário da COOPAGRÍCOLA, o Pós-Doutorando Marcos Siqueira Neto, Fapesp, Capes, CNPQ, Esalq, Cena.

REFERÊNCIAS

2BSvs. Biomass, Biofuels & Sustainability Voluntary Scheme. 2013.

Abengoa Bioenergia. Norma de certificação RBSA. Disponível em: <http://www.abengoabioenergy.com/web/pt/rbsa/> (Acesso em abril de 2013).

Assis, C.P.; Jucksch, I.; Mendonça, S., & Neves, J.C.L. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 41: 1541-1550, 2006.

Bernoux, M.; Arrouays, D.; Cerri, C.C. & Bourennane, H. Modelling vertical distribution of carbon in Oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondônia). *Soil Sci.*, 163: 941-951, 1998.

Blake, G.R. & Hartge, K.H. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2 ed. Madison: ASA, p. 363-375, 1986. (Agronomy Monograph, 9).

Bonsucro. Versão 3.0. Incluindo Bonsucro EU Bonsucro Production Standard. Disponível em <http://www.bonsucro.com/assets/Bonsucro> (Acesso em novembro de 2012).

GBEP. 2011. *The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy*. First edition.

FAO/GBEP. December 2011, 214p.

Machado, P.L.A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. *Química Nova*, 28: 329-334, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de

Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 312p.

HURLBERT, S. H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monograph*, v. 54, n. 2, p. 187-211, 1984.

ISCC. *International Sustainability & Carbon Certification*. 2013

Maia, S. M. F.; Ogle, S. M.; Cerri, C. C.; Cerri, C. E. P. Changes in soil organic carbon storage under different agricultural management systems in the Southwest Amazon Region of Brazil. *Soil & Tillage Research* 106, 177-184, 2010.

Mello, F.F.C. *Estoque de carbono do solo na mudança de uso da terra para o cultivo de cana-de-açúcar na região Centro Sul do Brasil*. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 2012 (Tese de doutorado).

Oliveira, J.T.; Santos, A.M.S.; Moreau, A.M.; Menezes, A.A. & Costa, O.V. Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 32: 132-138, 2008.

RSB. *Principles & Criteria for Sustainable Biofuel Production*. 2010.

RSPO. *Principles and Criteria for Sustainable Palm Oil Production. Including Indicators and Guidance*. 2007.

RTRS. *Round Table on Responsible Soy Association*. 2013.

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C. & FEIGL, B.J. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65:1486-1499, 2001.

Siqueira Neto, M.; Venzke Filho, S.P.; Piccolo, M.C.; Cerri, C.E.P. & Cerri, C.C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). - I Sequestro de carbono no solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:1013-1022, 2009.

Sisti, C.P.J.; Santos, H.P.; Kohmann, R.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S. & Boddey, R.M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in Southern Brazil. *Soil Tillage Research*, 76: 39-58, 2004.

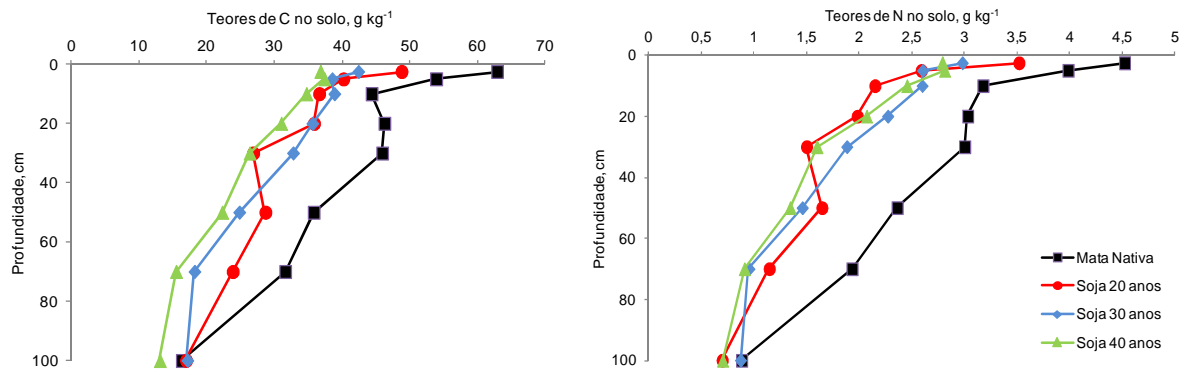


Figura 3 - Teores de C e N (g kg^{-1}) no perfil do solo até 100 cm obtidos nas áreas de Mata Nativa e cultivadas com soja (20, 30 e 40 anos) na Fazenda Areião no município de Ponta Grossa, PR.

Tabela 1 - Estoque de carbono do solo (Mg ha^{-1}) referente as camadas 0-30 cm, cultivado com soja a 20, 30 e 40 anos e em uma área de Mata Nativa no município de Ponta Grossa-PR.

Área	Média	Mediana	Mín. ¹	Máx. ²	D.P. ³	C.V. ⁴
	----- Mg ha^{-1} -----					%
Mata Nativa	148,48 ^a	147,81	126,75	174,69	13,70	9,23
Soja 20 anos	100,75 ^c	100,71	95,43	105,85	3,07	3,05
Soja 30 anos	118,79 ^b	120,86	109,28	122,56	4,82	4,06
Soja 40 anos	120,04 ^b	119,09	117,48	128,18	3,34	2,78

¹Min. = valor mínimo; ²Máx. = valor máximo; ³D.P. = desvio padrão; ⁴C.V. = coeficiente de variação; Valores da média comparadas pelo teste SNK ($p > 0.05$).