

IMPACTOS DA SEMEADURA DIRETA DE LONGA DURAÇÃO SOBRE O ESTOQUE DE CARBONO E O RENDIMENTO DAS CULTURAS.

ÉRICA R. **BIODERE**¹; VITOR N. DOS **SANTOS**²;SIDNEY R. **VIEIRA**³

Nº 11158

RESUMO

Sistemas de manejo que utilizam intenso revolvimento do solo contribuem para a emissão de gases de efeito estufa (GEE) já que aceleram o processo de decomposição da matéria orgânica do solo (MOS). Por outro lado aqueles conservacionistas a exemplo do plantio direto reduzem a emissão de tais gases, e contribuem para o aumento do estoque de carbono no solo. Isto porque há um constante fornecimento de material orgânico ao solo cultivado e os restos culturais são mantidos na área. O objetivo deste trabalho é avaliar o estoque de carbono e nitrogênio em diferentes profundidades no perfil do solo sob sistema de plantio direto comparando os resultados os com as áreas de referência, bem como determinar a produtividade média da soja e da cana-de-açúcar, respectivamente nas localidades de Campinas e Ribeirão Preto (São Paulo, Brasil). Neste trabalho foram estudadas duas áreas, na localidade de Campinas e de Ribeirão Preto. Em Campinas foram abertas seis trincheiras sendo três em uma área sob plantio direto cultivada com soja e três em área sob um seringal. Em Ribeirão Preto, também foram abertas seis trincheiras, sendo três em área de plantio direto cultivado com cana-de-açúcar colhida crua e três em área sob eucaliptal. Os estoques de carbono e nitrogênio do solo foram avaliados por meio de amostras indeformadas das seguintes camadas do solo: 0,0-0,05 m, 0,05-0,1 m, 0,1-0,2 m, 0,2-0,4 m, 0,4-0,6 m, 0,6-0,8 m, e 0,8-1,0 m. Nas mesmas profundidades foram coletados anéis volumétricos de 100cm³ para determinar a densidade do solo. Houve correlação forte e positiva entre os estoques de carbono e nitrogênio, através dos coeficientes de correlação de Pearson em todas as áreas estudadas. Os maiores incrementos de carbono e nitrogênio foram encontrados na camada de 0,40 m tanto em Campinas quanto em Ribeirão Preto (São Paulo - Brasil). Os maiores incrementos dos nutrientes foram encontrados na localidade de Ribeirão

¹Bolsista CNPq: Graduação em Ciências Biológicas, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas-SP, ericabiodere@yahoo.com.br .

²Colaborador: Graduando Engenharia Ambiental, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, CAMPINAS-SP.

³Orientador: Dr. Sidney Rosa Vieira, IAC, Campinas-SP.

Preto, A produtividade da soja foi inferior a média nacional visto a ocorrência de ferrugem asiática da soja. A produtividade da cana-de-açúcar foi igual à média nacional, pois está aumentando em razão da maior demanda pelo álcool.

ABSTRACT

Management systems that use intensive soil tillage contribute to the emission of greenhouse gases (GHGs) as accelerate the process of decomposition of soil organic matter (SOM). On the other hand, those such as the conservation tillage reduces the emission of such gases, and contribute to increasing the stock of carbon in the soil. This is because there is a constant supply of organic material to soil cultivation and crop residues are maintained in the area. The objective of this study is to assess the stock of carbon and nitrogen at different depths in the soil profile under no-tillage system compared the results with the reference areas, and to determine the average productivity of soybean and sugar cane, respectively in the cities of Campinas and Ribeirão Preto (São Paulo, Brazil). This study describes two areas in the town of Campinas and Ribeirão Preto. In Campinas six trenches were opened and three in a cultivated area under no-till soybean and three in an area under rubber plantation. In Ribeirão Preto, six trenches were also opened, with three no-till in an area cultivated with sugar cane harvested green and three in the area under eucalyptus. The stocks of carbon and nitrogen in the soil were evaluated using soil samples of the following soil layers: 0.0-0.05 m, 0.05 to 0.1 m, 0.1-0.2 m, 0.2 - 0.4 m, from 0.4 to 0.6 m, from 0.6 to 0.8 m and 0.8 to 1.0 m. The same depths were collected 100cm³ volumetric rings to determine the density of the soil. There was strong and positive correlation between stocks of carbon and nitrogen, through the Pearson correlation coefficients in all areas studied. The biggest increases carbon and nitrogen were found in the layer of 0.40 m both in Campinas and Ribeirão Preto (São Paulo - Brazil). The biggest increases of nutrients found in the town of Ribeirão Preto, Soybean yield was below the national average since the occurrence of Asian soybean rust. The productivity of cane sugar was equal to the national average, as is increasing due to increased demand for ethanol.

INTRODUÇÃO

Os solos, sob vegetação natural, apresentam estoque de C orgânico estável, resultante da igualdade do influxo de CO₂ atmosférico ao solo via plantas e do efluxo de CO₂ do solo para atmosfera via decomposição microbiana. Quando o solo é cultivado, ocorre alteração na magnitude do influxo e do efluxo de CO₂ no sistema solo-atmosfera, com reflexos nos estoques de C orgânico do mesmo. Normalmente, o cultivo do solo resulta na diminuição dos estoques de C orgânico deste, resultante do aumento do efluxo de CO₂ para atmosfera e diminuição do influxo de C fotossintetizado no solo (BAYER et al., 2000; AMADO et al., 2001).

O sistema de plantio direto destaca-se como um método conservacionista do solo, visto que, caracteriza-se pelo não-revolvimento do mesmo e pela conseqüente manutenção dos restos culturais sobre a superfície (Pöttker & Ben, 1998). Por este motivo o plantio direto é uma técnica eficiente no controle das perdas de solo, água e nutrientes, razão pela qual, juntamente com outras vantagens que o sistema oferece, o mesmo tem sido adotado por um número cada vez maior de agricultores (Tormena et al., 1998).

Sistemas de manejo conservacionistas determinam alterações na ciclagem de C no sistema solo-atmosfera, as quais se refletem no aumento dos estoques de C orgânico no solo (BAYER & MIELNICZUK, 1997). O uso de sistemas de preparo sem revolvimento ou mínima mobilização do solo reduz o efluxo de C deste para a atmosfera, devido à diminuição das taxas de decomposição da matéria orgânica (BAYER et al., 2000). Ao se empregarem técnicas de rotação de culturas com alto aporte de resíduos vegetais, promove-se um aumento do influxo de C atmosférico ao solo, ao passo que sistemas de cultivo que utilizam intensamente o revolvimento do solo aumentam o efluxo de C para a atmosfera.

Além do papel dos sistemas de manejo nas atividades agrícolas no que se refere às perdas de carbono para a atmosfera, destacam-se também as perdas de nitrogênio do solo pela atividade. A emissão de N_2O dos solos ocorre, principalmente, como conseqüência da desnitrificação a partir do N mineral, o que significa também a perda de um nutriente valioso para o crescimento das plantas. Resultados de pesquisa para clima temperado mostram que as taxas de emissão de N_2O são diretamente relacionadas com a textura do solo, a disponibilidade de N, a temperatura, a umidade e a porosidade do mesmo (WEITZ et al., 2001), além do manejo dos solos e das lavouras (SKIBA et al., 1992). Esse gás, apesar de estar presente em pequenas quantidades na atmosfera, possui elevado potencial de efeito-estufa. Assim, há a necessidade de se estudar conjuntamente a estocagem de carbono e nitrogênio no solo, sobretudo em sistemas que aumentem o aporte de material orgânico nos mesmos mitigando os efeitos deletérios da agricultura sobre o ambiente.

O objetivo deste trabalho é avaliar o estoque de carbono e nitrogênio em diferentes profundidades no perfil do solo sob sistema de plantio direto comparando os resultados os com as áreas de referência, bem como determinar a produtividade

média da soja e da cana-de-açúcar, respectivamente nas localidades de Campinas e Ribeirão Preto.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em duas cidades do Estado de São Paulo, sendo elas, Campinas e Ribeirão Preto. Em ambas as áreas foram abertas três trincheiras tanto nas áreas cultivadas quanto nas áreas consideradas de referência onde foram feitas as avaliações dos atributos químicos e físicos de interesse do estudo. As áreas de referência estudadas estão sob seringueira e eucalipto em Campinas e Ribeirão Preto (São Campinas - Brasil) respectivamente. Em Campinas a experimentação foi efetuada no Centro Experimental Central (CEC) do Instituto Agrônomo, na Fazenda Santa Elisa cujas coordenadas geográficas são: 22° 53' Sul e 47° 04' Oeste. Neste local a área experimental possui 3,42 ha com altitude média 600 m, apresentando relevo suave-ondulado com uma declividade média de 6,5 %. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006). O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa, com temperatura média de 23°C e uma precipitação média total de 1.382 mm. A área de estudo é manejada com rotação de culturas em sistema de semeadura direta desde 1985. Atualmente o local em questão vem sendo cultivado com culturas graníferas como soja (*Glycine Max* L.) e tritcale (*Triticosecale wittmack*).

Em Ribeirão Preto, a área estudada está localizada no Centro de Cana do Instituto Agrônomo (IAC), cujas coordenadas geográficas são: 21° 12' Sul e 47° 48' Oeste . Neste local, a área experimental possui 0,85 ha com altitude de 546 m e relevo plano. O solo da área é um Latossolo Vermelho eutroférico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006). O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa, com temperatura média de 25°C e uma precipitação média total de 1.427 mm. A área é cultivada com cana-de-açúcar, sendo colhida crua de forma mecanizada. No período das avaliações o canavial estava formado com a variedade IACSP93-3046 no sistema de plantio direto. O plantio do canavial é precedido pelo plantio de leguminosas como executado em 2004 com a crotalaria (*Crotalaria juncea* L).

Estoque de carbono e nitrogênio no solo

O estoque de carbono e nitrogênio do solo foi determinado em ambas as áreas por meio de amostras deformadas retiradas em cada trincheira nas seguintes camadas:

0,0-0,05 m, 0,05-0,1 m, 0,1-0,2 m, 0,2-0,4 m, 0,4-0,6 m, 0,6-0,8 m e 0,8-1,0 m. Tais atributos químicos foram determinados de acordo com Raij et. al. (2001). Como em todo sistema agrícola, há movimentação do solo e o tráfego de máquinas durante o plantio, colheita e desenvolvimento das culturas há ocorrência de compactação do solo, a qual se manifesta prioritariamente nas camadas mais superficiais. Desta maneira, seguindo a recomendação de Sisti et al. (2004) utiliza-se a equação a seguir para comparar estoques de nutrientes no solo sob sistemas agrícolas e/ou áreas de referência. Assim, as camadas a serem comparadas devem possuir a mesma massa de solo do tratamento empregado como referência. O processo de ajuste da massa de solo foi feito camada a camada, conforme a diferença entre as densidades do solo de cada camada.

O estoque de carbono será calculado utilizando a seguinte equação:

$$C_S = \sum_{i=1}^{n-1} C_{Ti} + \left[M_{Tn} - \left(\sum_{i=1}^n M_{Ti} - \sum_{i=1}^n M_{Si} \right) \right] C_{Tn}$$

Em que:

C_S é o estoque total em Mg C ha⁻¹;

$\sum_{i=1}^{n-1} C_{Ti}$ é a soma do carbono da primeira (superfície) a última camada no perfil do solo no tratamento avaliado (Mg ha⁻¹);

$\sum_{i=1}^n M_{Ti}$ é a soma da massa do solo da primeira a última camada no perfil do solo no tratamento avaliado (Mg ha⁻¹);

$\sum_{i=1}^n M_{Si}$ é a soma da massa do solo da primeira a última camada no perfil do solo no tratamento referência (Mg ha⁻¹);

M_{Tn} é a massa do solo na última camada do perfil do solo no tratamento avaliado (Mg ha⁻¹), e

C_{Tn} é a concentração de carbono na última camada do perfil do tratamento avaliado (Mg C Mg⁻¹ de solo).

Obs.: a equação utilizada acima para determinação do estoque de carbono (C_s) também será utilizada para determinação do estoque de nitrogênio (N_s).

Os valores encontrados de estoque de carbono e nitrogênio dentro de cada cultivo e de cada área de referencia serão avaliados através de correlação utilizando-

se para tal o coeficiente de correlação de Pearson. Já a produtividade média das culturas em cada um dos locais será discutida com base na produtividade média nacional.

Atributos físicos

O atributo físico estudados foi a densidade do solo. A densidade foi avaliada por meio da coleta de anéis volumétricos de 100 cm³, representativos de cada camada estudada (0,0-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m, 0,20-0,40 m, 0,40-0,60 m, 0,60-0,80 m e 0,80-1,00 m) sendo avaliada segundo CAMARGO et al. (1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os coeficientes de correlação de Pearson encontrados para os valores de estoque de carbono e nitrogênio nas áreas estudadas. Conforme a mesma tabela pode-se observar que em todos os casos houve relação direta entre os teores de carbono e nitrogênio encontrados nas camadas avaliadas, visto a ocorrência de correlação forte positiva entre os atributos em questão. Isto, provavelmente acontece devido às reações de mineralização e imobilização da matéria orgânica do solo, que são dependentes da relação C/N do material orgânico. Este fato é esperado pela influência do nitrogênio no acúmulo de matéria orgânica no solo, visto a exigência do nutriente por parte dos microorganismos na transformação do material orgânico. Assim, o aumento de nitrogênio acarretará em um aumento do metabolismo microbiano, com conseqüente transformação da matéria orgânica em formas mais estáveis, o que conseqüentemente gerará o acúmulo de C orgânico presente nestes materiais.

Tabela 1 – Coeficientes de correlação de Pearson para os valores de estoque de carbono e nitrogênio nas diferentes áreas estudadas.

Cultura	Coeficiente de Pearson	Tipo de Correlação
Cana-de-açúcar	0,95139763	Forte - Positiva
Eucalipto (referência - cana)	0,93264930	Forte - Positiva
Seringueira (referência - soja)	0,94608847	Forte - Positiva
Soja	0,97904004	Forte - Positiva

Observa-se nas Figuras 1 e 2 que as áreas de referência apresentaram maior estoque de carbono e nitrogênio quando comparadas com as suas respectivas áreas de cultivo. Isto se explica devido ao decréscimo da matéria orgânica ocorre que ocorre

com a mudança do sistema de manejo do solo, havendo conseqüente perda de C para a atmosfera, contribuindo com o efeito estufa. Desta maneira, mesmo em sistemas conservacionistas como o plantio direto há maior decomposição da MOS quando comparada aos sistemas originais.

Com relação às culturas, percebe-se que o solo cultivado com cana-de-açúcar apresentou maiores incrementos nos teores de carbono e nitrogênio. Provavelmente isto se explica pela elevada relação C/N da palha da cultura que é colhida crua, dificultando a decomposição dos restos culturais. Já a palha proveniente da soja apresenta menor relação C/N o que contribui para a rápida decomposição da mesma fazendo que os estoques dos nutrientes sejam diminuídos nesta condição. Observa-se também o mesmo comportamento nas áreas de referência. Em Ribeirão Preto os estoques de ambos os nutrientes foram maiores em todas as camadas estudadas. Provavelmente o aporte orgânico oferecido pelo eucaliptal pode ser mais resistente às alterações, visto que o material orgânico é proveniente não apenas das folhas das árvores, mas também dos troncos dos mesmos.

Ao longo do perfil do solo pode-se perceber que tanto os teores de carbono quanto os de nitrogênio apresentam maiores concentrações na profundidade de 0,40 m em todas as situações estudadas. Isto, mais uma vez, evidencia a íntima relação entre os elementos avaliados. Provavelmente nas camadas superficiais (0,00-0,005m; 0,010-0,20 m) o material orgânico encontrado ainda se apresenta em formas mais grosseiras e menos estáveis, fazendo com que o estoque de C e N nestas camadas diminua. Ao contrário, na camada de 0,40 m, possivelmente são encontradas formas mais estáveis de material orgânico, contribuindo para o aumentando do estoque dos nutrientes nesta profundidade. Observa-se também um decréscimo nos teores destes elementos nas camadas abaixo de 0,40 m, mostrando a dificuldade de se acrescentar material orgânico estável ao sistema, mesmo naqueles mais conservacionistas. Assim, observa-se a necessidade de longos períodos para que ocorram alterações nos teores de matéria orgânica estável no perfil do solo. Ressalta-se aqui a necessidade de estudos que

A respeito da produtividade média das culturas, percebe-se que a soja apresentou resultados inferiores (1,20t/ha) aos encontrados para o Brasil, aproximadamente 3,0 t/ha (Conab, 2011). Possivelmente a ocorrência da ferrugem da soja fez com que os rendimentos da cultura se tornassem inferiores à média nacional,

o que impossibilita inferências a respeito do estoque dos nutrientes e da produtividade da cultura.

A produtividade média da cana-de-açúcar foi igual à média nacional, pois a melhor produtividade de canaviais é fruto de grandes investimentos em pesquisas e desenvolvimentos novas variedades, melhor manejo dos canaviais, e boas condições climáticas, favorecendo o bom desenvolvimento das culturas.

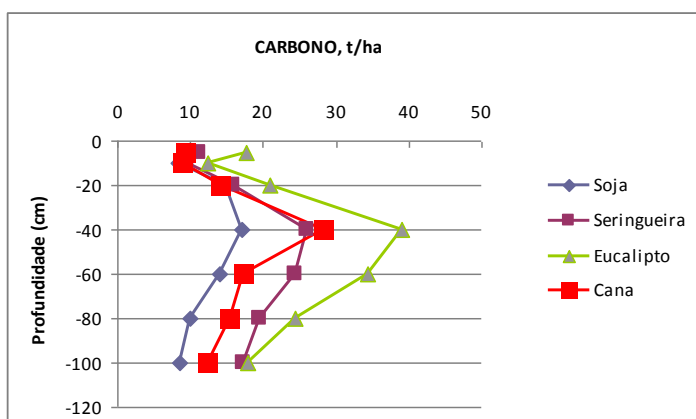


Figura 1 – Estoque de nitrogênio em solo sob sistema de plantio direto com as culturas da soja em Campinas e cana-de-açúcar em Ribeirão Preto e em seus respectivos solos de referência sob seringueira e eucalipto.

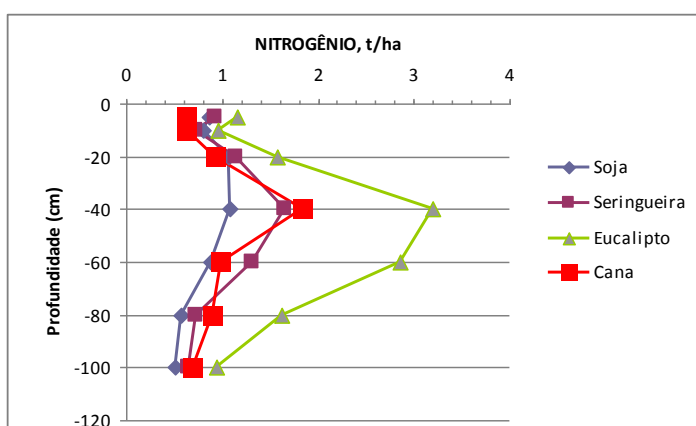


Figura 2 – Estoque de nitrogênio em solo sob sistema de plantio direto com as culturas da soja em Campinas e cana-de-açúcar em Ribeirão Preto e em seus respectivos solos de referência sob seringueira e eucalipto.

CONCLUSÃO

Houve correlação forte e positiva entre os estoques de carbono e nitrogênio, através dos coeficientes de correlação de Pearson em todas as áreas estudadas. Os maiores incrementos de carbono e nitrogênio foram encontrados na camada de 0,40

m tanto em Campinas quanto em Ribeirão Preto (São Paulo - Brasil). Os maiores incrementos dos nutrientes foram encontrados na localidade de Ribeirão Preto, devido à natureza do aporte orgânico fornecido ao solo. A produtividade da soja foi inferior a média nacional visto a ocorrência de ferrugem asiática da soja. A produtividade da cana-de-açúcar foi igual a média nacional, pois está aumentando em razão da maior demanda pelo álcool.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – PIBITI, pela bolsa concedida.

Ao Centro de Solos - IAC, pela oportunidade de estágio.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T.J.C. BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbon e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.189-197, 2001.
- BAYER, C. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.599-607, 2000.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.105-112, 1997.

- CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1028&t=2>>. Acesso em 02 de jul. de 2011.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306p.
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2007/comentario.pdf>> . Acesso em 02 de jul. De 2011.
- PÖTTER, D. & BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**. v. 22, p.675-684, 1998.
- RAIJ, B. van, ANDRADE, J.C., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solo tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 285p, 2001.
- SISTI, C.P.J.; SANTOS, H.P. dos; KOHHANN, R. A.; 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*, Amsterdam, v.76, n.1, p.39-58, 2004.
- SKIBA, U.; BALL, B. The effect of soil texture and soil drainage on emissions of nitric oxide and nitrous oxide. *Soil Use and Management*, 18: 56-60, 1992.
- TORMENA, C. A.; SILVA A. P. & LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**. v. 22, p.573-581, 1998.
- WEITZ, A.M.; LINDER, E.; FROLKING, S.; CRILL, P.M.; KELLER, M. N₂O emissions from humid tropical agricultural soils: effects of soil moisture, texture and nitrogen availability. *Soil Biology and Biochemistry*, 33 (7-8): 1077-1093, 2001.