



Estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo sob pinus com diferentes idades e ciclos de cultivo¹

Mariana Alves Ibarra⁽²⁾; Jeferson Dieckow⁽³⁾; Josiléia Acordi Zanatta⁽⁴⁾; Marcos Fernando Glück Rachwal⁽⁴⁾; Rosana Higa⁽⁴⁾; Reinaldo Carlos Brevillieri⁽⁵⁾

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos do Projeto Saltus (SEG 01.11.001.01.00.00) e CNPq (48002612011-4); ⁽²⁾Estudante de Pós-Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal do Paraná; Curitiba, PR; marianaibarr@gmail.com; ⁽³⁾ Professor Adjunto; Universidade Federal do Paraná; Universidade Federal do Paraná; ⁽⁴⁾Pesquisadores; Embrapa Florestas; ⁽⁵⁾Estudante de Pós-Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal do Paraná.

RESUMO: As altas taxas de crescimento e o manejo do solo dos plantios florestais constituem fatores que favorecem o sequestro do dióxido de carbono atmosférico. Estes fatores aliados ao ciclo da cultura florestal podem favorecer maior aporte de resíduos e assim incrementar os estoques de carbono e nitrogênio do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de plantios de pinus sob diferentes ciclos de cultivo nos estoques de carbono e nitrogênio do solo. O trabalho foi desenvolvido em Telêmaco Borba – PR, sob um Latossolo Vermelho de textura argilosa. Os tratamentos avaliados foram Floresta Estacional Semidecidual (MN), plantios de *Pinus taeda* com 29 e 37 anos em primeira rotação e com 1, 8 e 17 anos em segunda rotação. Amostras de solo foram coletadas em subcamadas até 100 cm de profundidade. Os teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) foram determinados por combustão seca em analisador elementar. A conversão de MN, e, o aumento da idade do pinus em primeira rotação, diminuiu os teores de COT e NT. Em segunda rotação, o aumento da idade diminuiu os teores de COT e NT em superfície e aumentou em subsuperfície. Os estoques de COT e NT das camadas 0-20, 0-60 e 0-100 cm apresentaram tendência de diminuição conforme o período de rotação, aumentando entre uma e outra. A idade e o ciclo de cultivo das florestas plantadas afetaram os teores de C e N do solo, no entanto, sem efeitos percebidos até o momento.

Termos de indexação: sistemas florestais, sequestro de carbono, matéria orgânica.

INTRODUÇÃO

A concentração atmosférica dos gases de efeito estufa aumentou cerca de 70% desde o período pré-industrial, devido às atividades antrópicas (IPCC, 2007). No Brasil, as atividades agrícolas e as mudanças do uso da terra são responsáveis por 14,4 e 21,2% do dióxido de carbono (CO₂) emitido (BRASIL, 2013).

O plantio de florestas é considerado uma alternativa para aumentar o sequestro do CO₂

atmosférico, devido à elevada taxa de crescimento das árvores e potencial fixação de CO₂ na biomassa. As taxas de crescimento das florestas plantadas brasileiras são até 20 vezes maiores em relação às manejadas em clima temperado, e absorvem em média 63 Mt CO₂ ano⁻¹ (Cerri, 2009).

O sequestro de CO₂ sob forma de carbono orgânico do solo se dá pela senescência seguida da decomposição dos componentes da parte aérea e das raízes das árvores. O acúmulo de matéria orgânica do solo está diretamente relacionada à relação entre carbono e nitrogênio (C:N) do resíduo aportado, de modo que relações mais equilibradas favorecem o aporte e incremento de C e N no solo. Por outro lado, relações muito baixas podem inferir em altas taxas de decomposição, e consequente emissão de CO₂, e, relações muito altas dificultam a decomposição do resíduo e incremento de carbono e nitrogênio no solo.

O maior tempo de uso do solo sob cultivo florestal pode favorecer o aumento do estoque de C no solo. No entanto, estudos envolvendo estoques de carbono e nitrogênio em florestas plantadas ainda são incipientes, e insuficientes para concluir sobre o efeito do tempo de uso do solo.

O Estado do Paraná se destaca por possuir a maior área plantada com pinus no Brasil, representando 39,7% (ABRAF, 2013). O cultivo florestal no Estado é realizado desde a década de 60 e contribui com R\$ 3,1 bilhões (DERAL, 2014). Considerando a importância da cultura do pinus para o Estado e o benefício ambiental atribuído a cultura, este estudo tem por objetivo avaliar a influência da idade e dos ciclos de cultivo de plantios de pinus nos estoques de carbono e nitrogênio do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Telêmaco Borba, PR, no ano de 2015. O solo do local é um Latossolo Vermelho de textura argilosa.

Tratamentos e amostragens

O estudo foi conduzido em uma cronosequência de uso do solo constituída pelos

seguintes tratamentos:

a) Floresta Estacional Semidecidual em estágio sucessional médio (MN);

b) Plantio de *Pinus taeda* com 29 anos em primeira rotação (P29); implantação em 1986;

c) Plantio de *Pinus taeda* com 38 anos, em primeira rotação (P37); implantação em 1977;

d) Plantio de *Pinus taeda* com 1,5 anos, em segunda rotação e 35 anos sob efetivo plantio florestal (P1); primeira implantação em 1979 e segunda em 2013.

e) Plantio de *Pinus taeda* com 9 anos, em segunda rotação e 37 anos sob efetivo plantio florestal (P8); primeira implantação em 1977 e segunda em 2006;

f) Plantio de *Pinus taeda* com 18 anos, em segunda rotação e 49 anos sob efetivo plantio florestal (P19); primeira implantação em 1966 e segunda em 1997;

Em cada tratamento, três trincheiras de aproximadamente 1 m³ foram escavadas. Amostras deformadas de solo foram coletadas nas camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-45, 45-60, 60-80 e 80-100 cm, em duas paredes de cada trincheira. As concentrações totais de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) foram determinadas por combustão seca no Analisador Elementar Vario EL III. O estoque de carbono até 100 cm foi calculado pelo método da correção por massa equivalente de solo (Sisti et al., 2004).

A densidade do solo foi determinada em todas as camadas, com cilindros volumétricos.

Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) no programa estatístico ASSISTAT Versão 7.7 beta, e quando significativos, foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de COT (Figura 1a) diminuiu significativamente com a conversão de MN para pinus (P29 e P37), com as maiores alterações ocorrendo na camada superficial até 45 cm. Para o NT (Figura 1b), as alterações foram observadas até a profundidade de 20 cm.

Embora não significativo, o aumento da idade do povoamento (P37) apresentou tendência de aumento de COT na camada 0-5 cm, e perda nas camadas subsuperficiais. A perda de NT foi observada em todas as camadas.

Os comportamentos observados corroboram com os resultados de Dick et al. (2011). Quando comparado ao plantio de pinus com 8 anos, o povoamento de 30 anos apresentou incremento de 5,6% até 10 cm, porém, os teores de NT diminuíram gradativamente, em média 52,4%,

desde a conversão de PN. Os autores relatam que a diminuição dos teores de COT e NT nos plantios de pinus está relacionada à composição química recalcitrante do resíduo vegetal, de modo que a decomposição microbiana e a ciclagem do C e N tornam-se lentas, ocorrendo a acumulação do resíduo em superfície.

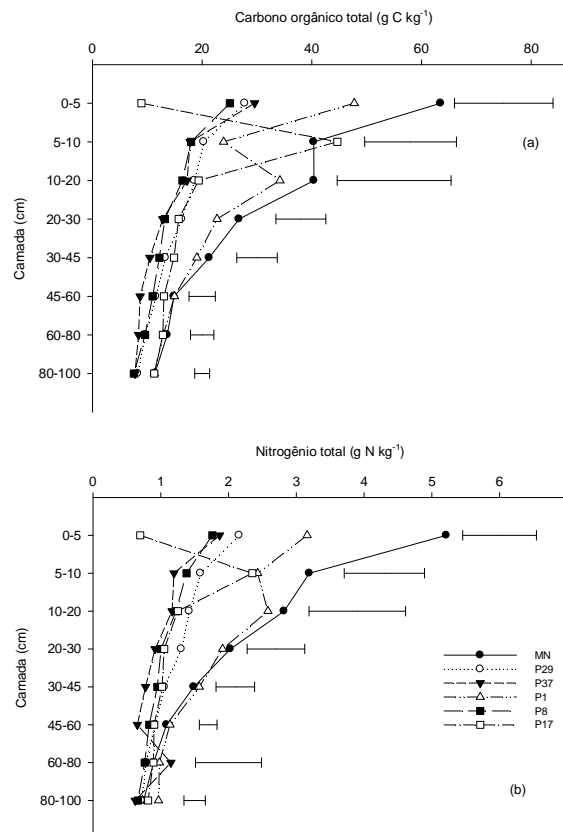


Figura 1. Teores de carbono orgânico total (a) e nitrogênio total (b) em mata nativa (MN), plantações de *Pinus taeda* com 29 (P29) e 37 anos (P37) em primeira rotação e plantações de *Pinus taeda* com 1 (P1), 8 (P8) e 17 anos (P17) em segunda rotação. Barras horizontais indicam a diferença mínima significativa ($P < 0,05$).

O tratamento P1 apresentou os maiores teores de COT e NT em todas as camadas. A melhor condição química do solo deste tratamento (dados não publicados) favoreceu a produção e aporte de resíduo vegetal, ciclagem do carbono e nitrogênio e o incremento destes no solo. Outra hipótese para este comportamento pode ser relacionada à recente colheita da primeira rotação. Considerando a substancial contribuição das raízes para o aumento de carbono em profundidade (Rasse et al., 2005), o resíduo radicular da primeira rotação pode estar contribuindo com o incremento dos teores de



carbono e nitrogênio do solo.

No entanto, com o aumento da idade em segunda rotação (P8), observou-se a tendência de diminuição dos teores de COT e NT em todas as camadas. No P17, a camada 0-5 cm apresentou os menores teores, 8,9 e 0,7 g kg⁻¹ para COT e NT, respectivamente, enquanto que em subsuperfície, as concentrações se mantiveram ou mesmo aumentaram.

A retirada do resíduo vegetal pós-colheita para a produção de bioenergia poder estar relacionado a tais comportamentos. Maier et al. (2012), ao avaliarem formas de manejo do resíduo da colheita florestal de *Pinus taeda* em quatro anos consecutivos, observaram que a remoção do resíduo vegetal diminuiu em até 17% o teor de COT, quando comparado com a permanência de resíduo.

Considerando que o aumento de COT depende da intensidade de perturbação do solo na colheita (Jandl et al., 2007), e que as mudanças nos teores de COT e NT são refletidas a longo prazo, principalmente em solos com maiores teores de argila, a decomposição das raízes e aumento dos teores em profundidade, assim como a diminuição destas em superfície, foi observada somente 17 anos após a colheita da primeira rotação (P17).

Os estoques acumulados de COT e NT (Figuras 2a e 2b) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

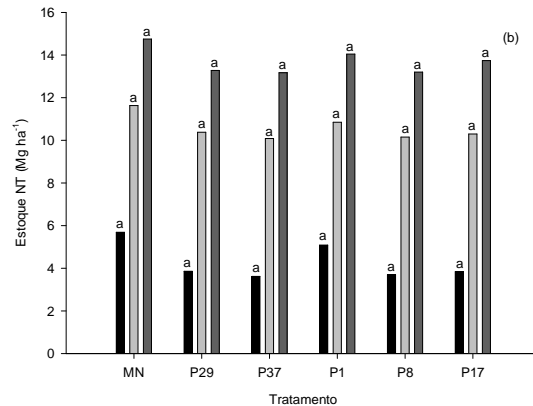
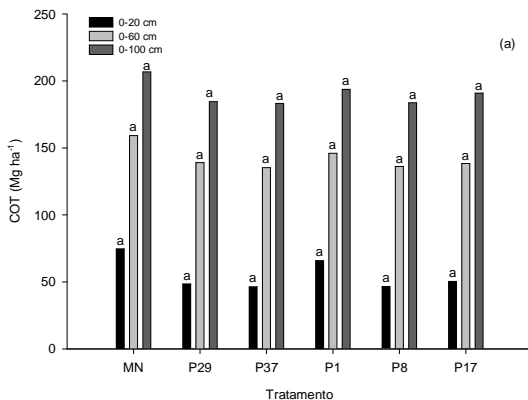


Figura 2. Estoques de carbono orgânico total (COT) (a) e nitrogênio total (NT) (b) em mata nativa (MN), plantações de *Pinus taeda* com 29 (P29) e 37 anos (P37) em primeira rotação e plantações de *Pinus taeda* com 1 (P1), 8 (P8) e 17 anos (P17) em segunda rotação. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os estoques de COT e NT das camadas 0-20, 0-60 e 0-100 cm apresentaram tendência de diminuição com o aumento da idade das rotações, mas aumentando entre uma e outra. Os estoques de COT diminuíram 32, 13 e 7,7% nas respectivas camadas ao longo do tempo. O comportamento dos resultados obtidos por Peichl & Arain (2006) são similares aos deste trabalho. Os autores avaliaram o estoque de C do solo em uma cronosequência de plantio de *Pinus strobus* L. com 2, 15, 30 e 65 anos. O estoque de COT na camada 0-55 cm diminuiu cerca 1,5% ao longo do tempo.

Considerando a conversão de floresta para qualquer tipo de uso do solo, a manutenção dos estoques de COT e NT dificilmente será similar ao de um sistema complexo como a floresta. Embora os estoques tenham diminuído ao longo do tempo, os resultados obtidos neste trabalho são importantes para reavaliar o manejo de solo dos plantios florestais a fim de reverter os processos de perda da matéria orgânica do solo.

CONCLUSÕES

A idade e o ciclo de cultivo das florestas plantadas afetaram os teores de C e N do solo, no entanto, sem efeitos percebidos até o presente momento nos estoques destes elementos nas camadas 0-20, 0-60 e 0-100 cm.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a concessão da bolsa de estudos CAPES e a Embrapa Florestas pelo apoio na condução da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário Estatístico ABRAF 2013: ano base 2012. Brasília: ABRAF, 2013. 148p.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Brasília, 2013. 81p.

CERRI, C.C. Práticas de gestão para redução da emissão de gases de efeito estufa e remoção de carbono na agricultura, pecuária e engenharia florestal brasileira. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS. p.1-28, 2009. Disponível em: <<http://fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-496.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2015.

DERAL - DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL. Valor bruto da produção rural paranaense 2012. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento, 2014. 42p.

DICK, D.P.; LEITE, S.B.; DALMOLIN, R.S.D.; ALMEIDA, H.C.; KNICKER, H. *Pinus* afforestation in South Brazilian highlands: soil chemical attributes and organic matter composition. *Scientia Agricola*, 68:175-181, 2011.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2007: the physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996p.

JANDL, R.; LINDNER, M.; VESTERDAL, J.; BAUWENS, B.; BARITZ, R.; HAGEDORN, F.; JOHNSON, D.W.; MINKKINEN, K.; BYRNE, K.A. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, 137:253-268, 2007.

MAIER, C.A.; JOHNSEN, K.H.; DOUGHERTY, P.; McINNIS, D.; ANDERSON, P.; PATTERSON, S. Effect of harvest residue management on tree productivity and carbon pools during early stand development in a loblolly pine plantation. *Forest Science*, 58:430-445, 2012.

PEICHL, M.; ARAIN, M.A. Above- and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-

sequence of temperate pine plantation forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 140:51-62, 2006.

RASSE, D.P.; RUMPEL, C.; DIGNAC, M. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilization. *Plant and Soil*, 269:341-356, 2005.

SISTI, C.P.J.; SANTOS, H.P.; KOHHANN, 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.