

ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO E SUA DINÂMICA AO LONGO DE QUATRO SAFRAS NO CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR

IGOR Q. M. VALENTE¹, ZIGOMAR M. DE SOUZA², GAMAL C. SOARES³, JEISON A. S. PARRA⁴, GUILERME B. FITTIPALDI⁵, NÁIADE P. RIBEIRO⁶

¹Eng. Agrícola, Doutorando em Eng. Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP. valente.igm@gmail.com.

²Eng. Agrônomo, Prof. Titular, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

³Eng. Agrônomo, Doutorando em Eng. Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

⁴Eng. Agrícola, Doutorando em Eng. Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

⁵Graduando em Eng. Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

⁶Eng. Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: O cultivo da cana-de-açúcar caminha em direção a uma produção sustentável. Todavia, a sustentabilidade ambiental está atraindo a atenção devido as preocupações envolvendo a qualidade do solo. Dito isso, a conversão do uso da terra é o fator mais dinâmico das mudanças de carbono orgânico do solo quando florestas ou pastagens foram convertidas em terras agricultáveis. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar se a dinâmica do carbono no solo é impactada ao longo de quatro safras posterior a conversão de pastagem no cultivo da cana-de-açúcar. O estudo foi realizado em área comercial de cana-de-açúcar da Usina Cerradão, Município de Frutal, estado de Minas Gerais. Foram avaliados quatro tratamentos com três repetições, correspondendo diferentes ciclos de colheita (cana planta, primeira soca, segunda soca e terceira soca). Após a colheita mecanizada, os estoques de carbono em cada sistema de manejo foram calculados e avaliados nas camadas de 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m nos locais correspondentes a linha do rodado (LR) e linha de plantio (LP). O ciclo da terceira cana soca apresentou maior estoque de carbono do solo, com destaque para a camada de 0,20-0,40 m e para a linha de plantio onde teve o maior acúmulo deste atributo em relação aos demais ciclos.

PALAVRAS-CHAVE: degradação do solo, conversão do uso da terra, número de colheitas

SOIL CARBON STOCK AND ITS DYNAMICS OVER FOUR AGRICULTURAL HARVESTS IN SUGARCANE CULTIVATION

ABSTRACT: Sugarcane cultivation is moving towards sustainable production. However, environmental sustainability is attracting attention due to concerns about soil quality. That said, land use conversion is the most dynamic factor in soil organic carbon changes when forests or pastures have been converted into arable land. With this in mind, the aim of this study was to assess whether soil carbon dynamics are impacted over the course of four agricultural seasons following the conversion of pastureland to sugarcane cultivation. The study was carried out in a commercial sugarcane area at Usina Cerradão, in the municipality of Frutal, in the state of Minas Gerais. Four treatments were evaluated (three repetitions), corresponding to different harvest cycles (plant cane, first ratoon, second ratoon and third ratoon). After mechanized harvesting, the carbon stocks in each management system were calculated and evaluated in the 0.00-0.05 m, 0.05-0.10 m, 0.10-0.20 m and 0.20-0.40 m layers at the sites corresponding to the wheel line (WL) and planting line (PL). The third ratoon cycle showed the highest soil carbon

stock, especially in the 0.20-0.40 m layer and in the LP, where there was the highest accumulation of this attribute compared to the other cycles.

KEYWORDS: soil degradation, land use conversion, number of harvests

INTRODUÇÃO: A cultura da cana-de-açúcar é de extrema importância para a economia mundial, pois é utilizada para a produção de açúcar e biocombustíveis (MARTÍNI et al., 2020). Na atualidade, o manejo da cultura da cana-de-açúcar caminha em direção a uma produção mais sustentável ao adotar a colheita verde (CHERUBIN et al., 2021) e, a expansão da cultura da cana-de-açúcar ao substituir pastagens degradadas, tem contribuído de forma benéfica para o meio ambiente (BORDONAL et al., 2018). No entanto, a sustentabilidade ambiental está atraindo a atenção devido as preocupações ambientais e globais principalmente na questão de como a qualidade do solo tem sido considerada no cultivo da cana-de-açúcar (MARTÍNI et al., 2020). Dito isso, a conversão do uso da terra é o fator mais dinâmico das mudanças de carbono orgânico do solo (SUN et al., 2022), sendo responsável pela diminuição de até 80% quando florestas ou pastagens foram convertidas em terras agricultáveis (WIESMEIER et al., 2013). Além disso, a intensidade do preparo do solo afeta diretamente as perdas de carbono orgânico do solo para a atmosfera (WEILER et al., 2019), reduzindo a concentração de carbono no solo por meio do preparo intensivo em certos sistemas de cultivo. O carbono do solo desempenha um papel significativo na manutenção da produtividade agrícola, aumentando sua produção e redução de insumos por meio de melhorias contínuas nos atributos físicos do solo (CONCEIÇÃO et al., 2017), sendo um dos principais indicadores da qualidade do solo. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar se a dinâmica do carbono no solo é impactada ao longo de quatro safras posterior a conversão de pastagem no cultivo da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em área comercial de cana-de-açúcar da Usina Cerradão, Município de Frutal, estado de Minas Gerais, região sudeste do país (19°47,7'20" de latitude sul e 49°25,5'80" de longitude oeste e 534 m de altitude). Foram avaliadas quatro áreas experimentais correspondentes a diferentes ciclos (anos) de colheita da cana-de-açúcar: T1 = após primeira colheita - cana planta (área 1); T2 = após segunda colheita - primeira cana soca (área 2); T3 = após terceira colheita - segunda cana soca (área 3); e T4 = após quarta colheita - terceira cana soca (área 4). Para todos os tratamentos, foi adotado um espaçamento simples de 1,50 m entre linhas. Após a colheita mecanizada dos quatro tratamentos, os estoques de carbono em cada sistema de manejo foram calculados e avaliados, nas camadas de 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m nos locais correspondentes a linha do rodado (LR) e linha de plantio (LP). As amostras de solo foram coletadas, secas ao ar em laboratório e depois moídas e tamizadas em peneiras com malha de 0,25 mm. O conteúdo de carbono foi determinado por combustão a seco conforme Nelson e Sommers (1996). Os valores de estoque de carbono encontrados foram corrigidos com base em massa equivalente (ELLERT; BETTANY, 1995). Para cada tratamento foram retiradas 40 amostras deformadas, totalizando 160 amostras para todos os tratamentos. O delineamento experimental utilizado é em blocos ao acaso com quatro tratamentos, cinco repetições, dois locais de amostragem e quatro profundidades, totalizando vinte parcelas experimentais. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R Studio®. Para avaliar os efeitos dos tratamentos no atributo e nos locais de amostragem, foi utilizada uma análise fatorial tripla com tratamentos (quatro ciclos diferentes), camadas (quatro profundidades), local de amostragem (linha de plantio e linha do rodado) e suas respectivas interações. Os dados foram submetidos a análise de variância ANOVA, e quando foi significativa, fez-se a comparação de médias pelo teste t a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Após a colheita mecanizada da cultura da cana-de-açúcar, a dinâmica do estoque de carbono do solo (ETC) apresentou distintas variações ao longo dos diferentes tratamentos, locais de avaliação e camadas do solo (Figura 1). Para as camadas superficiais de 0,00-0,05 m e 0,05-0,10 m, independente dos tratamentos, ambas não tiveram diferenças estatísticas significativas (Figura 1a). Para a camada de 0,10-0,20 m, diferenças significativas ($p < 0,05$) foi encontrada somente para a quarta colheita (T4). Por outro lado, a camada de 0,20-0,40 m apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) na maioria dos tratamentos, com exceção da terceira (T3) e quarta (T4) colheita. Para a primeira (T1), segunda (T2), terceira (T3) e quarta (T4) colheita, as camadas superficiais de 0,00-0,05 m e 0,05-0,10 m não apresentaram diferenças significativas, porém diferenças significativas ($p < 0,05$) foram encontradas para as camadas de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, respectivamente.

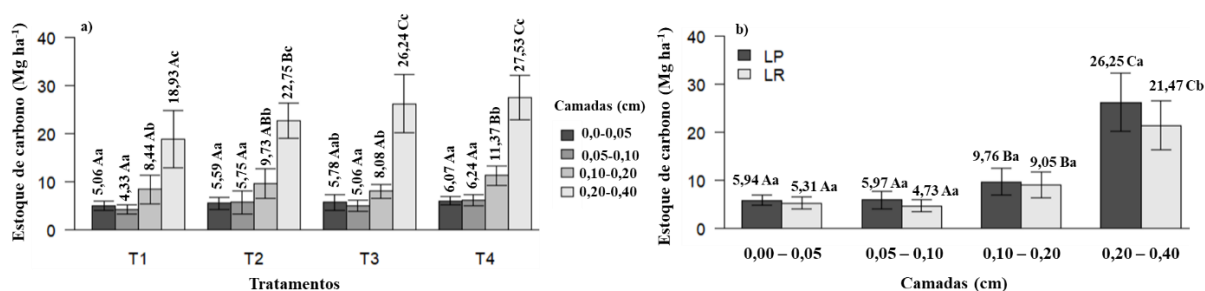


FIGURA 1. Estoque de carbono orgânico (ETC) do solo após colheita mecanizada para os quatros ciclos da cultura de cana-de-açúcar. Para as interações duplas: (a) tratamento vs. camadas, valores seguidos pela mesma letra maiúscula (comparando os tratamentos na mesma camada), minúscula (comparando as camadas no mesmo tratamento); e (b) camadas vs. local, valores seguidos pela mesma letra maiúscula (comparando as camadas no mesmo local), minúscula (comparando os locais na mesma camada) não diferem entre si (teste t, $p < 0,05$). LR = linha do rodado; LP = linha de plantio. Barras de erro indicam o desvio padrão amostral.

A mudança no uso da terra causou alterações relevantes nos estoques de carbono nos solos de áreas em expansão da cana-de-açúcar. A mudança de pastagem para cana-de-açúcar induziu a menores valores de estoque de carbono orgânico no T1 comparado aos demais tratamentos e em diferentes profundidades (Figura 1a). De acordo com Bordonal et al. (2018), ao converter o cultivo da pastagem em cana-de-açúcar, uma menor humificação da matéria orgânica do solo foi observada nas camadas superficiais devido ao preparo intensivo associado ao plantio da cultura. Além disso, tal resultado pode ser ocasionado pela perda decorrente do manejo e exposição do solo na produção da cana-de-açúcar, quanto ao armazenamento do carbono nos solos sob pastagem no formato de biomassa de raízes (BAI; COTRUFO, 2022). Outro fator preponderante, foi o aumento do estoque de carbono ao longo do tempo, principalmente nas camadas subsuperficiais (Figuras 1a e 1b). De acordo com Souza Junior et al. (2018), solos cultivados com cana-de-açúcar, considerados em cronosequência, acumularam quantidades consideráveis de estoques de carbono ao longo do perfil do solo. Além disso, a colheita mecanizada da cana-de-açúcar (colheita sem queima) propiciou o incremento dos estoques de carbono no solo (MOITINHO et al., 2021).

CONCLUSÕES: Os estoques de carbono do solo apresentaram distintas variações ao longo dos diferentes tratamentos, locais de avaliação e camadas do solo. O ciclo da terceira cana soca

apresentou maior estoque de carbono do solo, com destaque para a camada de 0,20-0,40 m e para a linha de plantio onde teve o maior acúmulo deste atributo em relação aos demais ciclos.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (processo 2021/09077-2), a Fundação Agrisus (processo 3054/21) pelo apoio financeiro e a Usina Cerradão pela disponibilidade do espaço para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

- BAI, Y.; COTRUFO, M. F. Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. **Science**, v.377, p.603-608, 2022.
- BORDONAL, R. O.; CARVALHO, J. L. N.; LAL, R.; FIGUEIREDO, E. B.; OLIVEIRA, B. G.; LA SCALA JÚNIOR, N. Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.38, n.13, p.1-23, 2018.
- CHERUBIN, M. R.; CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; NOGUEIRA, L. A. H.; SOUZA, G. M.; CANTARELLA, H. Land use and management effects on sustainable sugarcane-derived bioenergy. **Land**, v.10, n.1, p.1-24, 2021.
- CONCEIÇÃO, M. G.; MATOS, E. S.; BIDONE, E. D.; RODRIGUES, R. A. R.; CORDEIRO, R. C. Changes in soil carbon stocks under integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Amazon Region. **Agricultural Sciences**, v.8, p.904-913, 2017.
- ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v.75, n.1, p.529-538, 1995.
- MARTÍNI, A. F.; VALANI, G. P.; BOSCHI, R. S.; BOVI, R. C.; SILVA, L. F. S.; COOPER, M. Is soil quality a concern in sugarcane cultivation? A bibliometric review. **Soil and Tillage Research**, v.204, p.1-8, 2020.
- MOITINHO, M. R.; FERRAUDO, A. S.; PANOSSO, A. R.; BICALHO, E. S.; TEIXEIRA, D. B.; BARBOSA, M. A.; TSAI, S. M.; BORGES, B. M. F.; CANNAPAN, F. S.; SOUZA, J. A. M.; LA SCALA JÚNIOR, N. Effects of burned and unburned sugarcane harvesting systems on soil CO₂ emission and soil physical, chemical, and microbiological attributes. **Catena**, v.196, p.1-13, 2021.
- NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. **Total carbon, organic carbon and organic matter**. In: Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods-SSSA Book Series n° 5. Madison: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, p.963-1010, 1996.
- SOUZA JUNIOR, J. G. D. A.; CHERUBIM, M. R.; OLIVEIRA, B. G.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J. Three-year soil carbon and nitrogen responses to sugarcane straw management. **Bioenergy Research**, v.11, n.2, p.249-261, 2018.
- SUN, T.; TONG, W.; CHANG, N.; DENG, A.; LIN, Z.; FENG, X.; LI, J.; SONG, Z. Estimation of soil organic carbon stock and its controlling factors in cropland of Yunnan Province, China. **Journal of Integrative Agriculture**, v.21, n.5, p.1475-1487, 2022.
- WEILER, D. A.; MORO, V. J.; AWE, G. O.; OLIVEIRA, D. M. S.; CERRI, C. P. P.; REICHERT, J. M.; GIACOMINI, S. J. Carbon balance in sugarcane areas under different tillage systems. **Bioenergy Research**, v.12, n.4, p.778-788, 2019.
- WIESMEIER, M.; HÜBNER, R.; BARTHOLD, F.; SPÖRLEIN, P.; GEUB, U.; HANGEN, E.; REISCHL, A.; SCHILLING, B.; VON LÜTZOW, M.; KÖGEL-KNABNER, I. Amount, distribution and driving factors of soil organic carbon and nitrogen in cropland and grassland soils of southeast Germany (Bavaria). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.176, p.39-52, 2013.