



## Teores de carbono em áreas de cana-de-açúcar com diferentes plantas de cobertura e sistemas de preparos de solo

Camila Viana Vieira Farhate<sup>(1)</sup>; Zigomar Menezes de Souza<sup>(1\*)</sup>; Ingrid Nehmi de Oliveira<sup>(1)</sup>; Lenon Henrique Lovera<sup>(1)</sup>; Euriana Maria Guimarães<sup>(1)</sup>; Icaro Sadao Matsuda Tamashiro<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Faculdade de Engenharia Agrícola (Feagri) – Av. Cândido Rondon, 501, Barão Geraldo, Campinas, São Paulo, Brasil, 13.083-875. (\*zigomarms@feagri.unicamp.br).

**RESUMO:** Dada a influência de práticas agrícolas no armazenamento de carbono no solo, o objetivo desse estudo foi determinar o carbono total em áreas de cana-de-açúcar com diferentes configurações de plantas de cobertura e sistemas de preparos de solo, bem como avaliar suas relações com atributos físico e químicos do solo. O estudo foi conduzido em condições de campo nas dependências da usina Santa Fé, localizada no município de Ibitinga, São Paulo, Brasil. O delineamento experimental ocorreu em faixas em esquema de parcelas subdivididas. Foram utilizadas quatro plantas de cobertura (crotalária, milho, amendoim e sorgo) nas faixas horizontais e três sistemas de preparo de solo (plantio direto, cultivo mínimo e cultivo mínimo com subsolagem profunda) nas faixas verticais. Adicionalmente, foi implantado como referência um tratamento testemunha, com o preparo convencional e ausência de planta de cobertura. Concluiu-se que o uso de milho associado ao plantio direto proporciona maiores teores de carbono total durante o ciclo de cana planta, sendo os valores encontrados na entrelinha de plantio direto superiores ao tratamento testemunha.

**Termos de indexação:** Matéria orgânica do solo, milho, plantio direto.

### INTRODUÇÃO

O sequestro de carbono (C) contribui para o aumento da matéria orgânica do solo, que por sua vez desempenha um papel importante na manutenção da produtividade agrícola (CONCEIÇÃO et al., 2017). Entretanto, o carbono orgânico (CO) do solo é extremamente dinâmico, pois é uma fonte de energia para todos os microrganismos e outros organismos pertencente à biota do solo e, altamente suscetível a processos erosivos, uma vez que é preferencialmente removido por ter baixa densidade e, por estar

localizado nas proximidades da superfície do solo (LAL et al., 2015).

Em contrapartida, a utilização de plantas de cobertura associadas, a sistemas de preparo do solo conservacionistas, tende a favorecer o armazenamento de carbono no solo, uma vez que a implantação da cultura é feita sobre restos de culturas anteriores e a movimentação do solo é mínima e/ou restrita à linha de plantio (BHAN e BEHERA, 2014).

Porém, estudos que avaliem diferentes configurações de manejo (plantas de cobertura vs preparo do solo), ainda são insipientes em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar. Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi determinar os teores de carbono total (CT) em áreas de cana-de-açúcar com diferentes configurações de plantas de cobertura e sistemas de preparos de solo, bem como avaliar suas relações com atributos físico-químicos do solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### *Descrição da área de estudo*

O estudo foi conduzido em condições de campo, na usina Santa Fé, em uma área experimental no município de Ibitinga-SP, localizado a 491 metros acima do nível do mar. O clima da região é classificado como tropical com estação seca (Aw) segundo a classificação climática de Köppen.

#### *Tratamentos e amostragens*

O experimento ocorreu em faixas com quatro plantas de cobertura (crotalária, milho, amendoim e sorgo) alocadas nas faixas horizontais e três sistemas de preparo do solo (plantio direto, cultivo mínimo e cultivo mínimo com subsolagem profunda), nas faixas verticais, com três repetições cada. Além disso, um tratamento testemunha, com o preparo convencional e ausência de planta de cobertura foi usado como referência.

As amostragens de solo foram realizadas durante o ciclo de produção da cana planta e



primeiro ciclo de cultivo da cana soca, na linha e entrelinha de plantio, na camada de 0,00-0,05 m.

### **Atributos físicos, químicos e teor de carbono total**

As frações granulométricas (areia, silte e argila) foram determinadas conforme estabelecido por Camargo et al. (1986). A determinação da macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e densidade do solo (Ds) ocorreu de acordo com a metodologia da Embrapa (2017). O diâmetro médio dos agregados (DMP) foi determinado de acordo com Kemper e Chepil (1965). O cálculo da resistência à tensão do agregado (RT) foi realizado como descrito por Dexter e Kroesbergen (1985). A resistência à penetração (RP) foi obtida por meio de um penetrômetro eletrônico de bancada.

A determinação do pH do solo, cátions trocáveis (Ca, Mg e K), fósforo disponível em resina (P), matéria orgânica (MO) (oxidação úmida), potencial de acidez (H+Al), ocorreu de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001). O carbono total (CT) foi obtido por combustão com auxílio de um analisador elementar.

### **Análise estatística**

Diferenças significativas entre os tratamentos foram avaliadas por meio de análise de variância (ANOVA) utilizando o teste t em parcelas subdivididas, que ao apresentar significância foram submetidos a um teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em seguida, foi realizado um teste de blocos utilizando o teste de Dunnett (5% de probabilidade) ao acaso incluindo o tratamento testemunha. As análises de correlação de Pearson foram realizadas com o auxílio do programa R (R CORE TEAM, 2018).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Observa-se maiores teores de carbono total para o ciclo de produção de cana soca em relação à cana planta (Tabela 1). Contudo, verifica-se uma maior diferenciação entre os tratamentos para o ciclo de produção da cana planta quando comparada a cana soca.

Para ambos os ciclos de produção, cana planta e cana soca, tanto na linha como na entrelinha de plantio (Tabela 1), o uso de plantas de cobertura não apresentou efeito significativo para o sistema de cultivo mínimo com preparo profundo (CMSP), para o carbono total.

Entretanto, para cana planta, houve maiores teores de carbono total (CT) na linha de plantio

quando o amendoim e cultivo mínimo foram utilizados (Tabela 1). A crotalaria e o milheto em sistema de plantio direto proporcionaram maiores teores de CT na linha de plantio. Com destaque para o milheto que proporcionou maiores teores de CT na entrelinha, sendo o único tratamento a se diferenciar da testemunha, com valores 103% superiores. Para o ciclo de produção da cana soca, apenas o uso do milheto no sistema com cultivo mínimo se diferenciaram dos demais tratamentos.

Em estudo de Rosolem et al. (2016), os autores avaliaram o carbono afetado por plantas de cobertura sob plantio direto em clima tropical e ressaltaram que embora os ganhos de carbono nas frações lábeis tenham sido maiores após o cultivo de gramíneas de cobertura (milheto e híbrido Cober Crop), eles podem ser temporários porque esse carbono lábil é facilmente consumido por microorganismos.

Em relação a análise de correlação, observa-se na Figura 1, que as interações entre o teor de CT e os atributos físicos do solo foram maiores e mais intensas para o ciclo de cana planta do que para o ciclo de cana soca, enquanto o oposto ocorreu para os atributos químicos do solo (Figura 2).

Provavelmente esses resultados ocorreram em função da degradação dos atributos físicos do solo ocasionada pelo excessivo tráfego de máquinas durante a colheita da cana-de-açúcar que tende a homogeneizar os resultados entre os tratamentos, diminuindo o efeito desses atributos sob o CT. O tráfego em canaviais é caracterizado por maquinários e implementos pesados, que realizam operações agrícolas, tais como, preparo do solo, adubação, controle de pragas e ervas daninha, e a colheita da cultura e ocasionam acelerado processo de degradação do solo, principalmente devido a severa compactação do solo (WHITE e JOHNSON, 2018).

Simultaneamente, a decomposição da palha da cana-de-açúcar tende a aumentar o nível de interações entre os atributos químicos por meio da ciclagem de nutrientes. Em estudo sobre o acúmulo de macronutrientes na parte aérea da cana-de-açúcar (cana-planta), Franco et al. (2013) observaram a seguinte ordem: K>N>Ca>S>Mg>P, indicando elevado potencial de ciclagem para o K, N e Ca.

## **CONCLUSÕES**

O uso de milheto associado ao plantio direto proporciona maiores teores de carbono total durante o ciclo de cana planta, tanto na linha como na



entrelinha, sendo os teores de carbono na entrelinha de plantio superiores ao tratamento testemunha.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Agrisus (PA Nº 1439/15) pelo apoio financeiro e, ao Grupo Itaquerê por ter fornecido a área de estudo.

### REFERÊNCIAS

BHAN, S.; BEHERA, U.K. Conservation agriculture in India – Problems, prospects and policy issues. *International Soil and Water Conservation Research*. Dongcheng, v.2: 1-12, 2014.

CAMARGO, O.A. et al. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico, 2009. 77 p.

CONCEIÇÃO, M.G. et al. Changes in soil carbon stocks under integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Amazon Region. *Agricultural Sciences*, 8: 904-913, 2017.

DEXTER, A.R.; KROESBERGEN, B. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 31: 139-147, 1985.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solos. 3ª edição revista e ampliada, Brasília: Embrapa, 2017. 573p.

FRANCO, H.C.J. et al. Assessment of sugarcane trash for agronomic and energy purposes in Brazil. *Scientia Agricola*, 70: 305-312, 2013.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society Agronomy, 1965. p.499-510.

LAL, R. et al. Carbon sequestration in soil. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 15: 79-86, 2015.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>> Acesso em 17 mai. 2018.

RAIJ, B.V. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

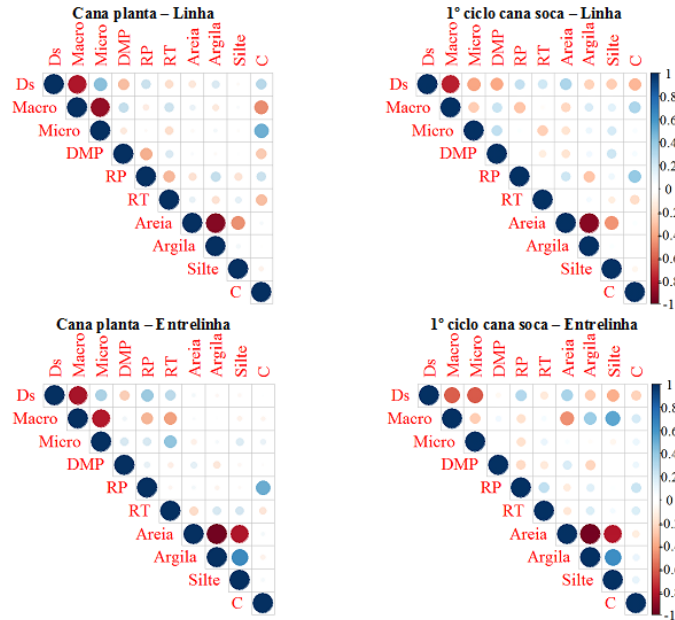
ROSOLEM, et al. Soil carbon as affected by cover crops under no-till under tropical climate. *Soil Use and Management*, 32: 495-50, 2016.

WHITE, P.; JOHNSON, R. Improving soil management in sugarcane cultivation. In: ROTT, P. (Ed.). *Achieving sustainable cultivation of sugarcane*. London: Burleigh Dodds Science Publishing, 2018. p.97-109.

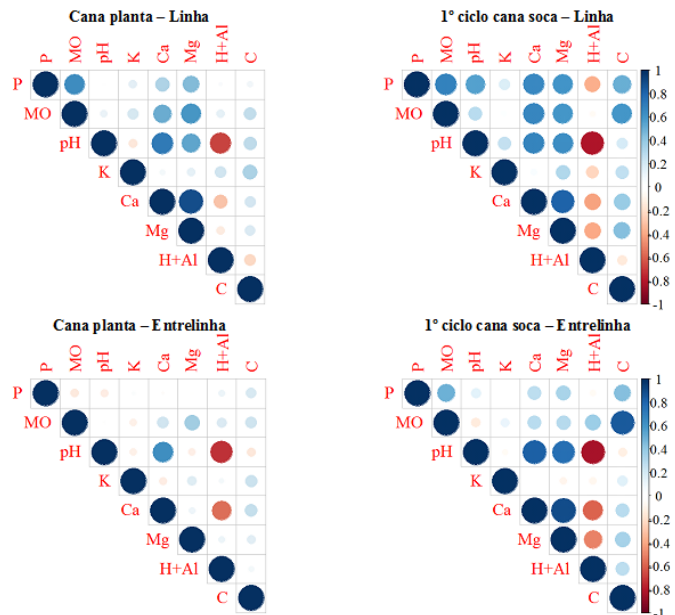
**Tabela 1.** Teor de carbono orgânico total ( $\text{g kg}^{-1}$ ) para a camada de 0,00-0,05 m, na linha e entrelinha de plantio, em área de cana-de-açúcar cultivada com diferentes plantas de cobertura e sistemas de preparos de solo.

Planta de cobertura	Sistema de preparo do solo					
	CM	PD	CMSP	CM	PD	CMSP
	<b>Cana planta – Linha</b>			<b>Cana soca – Linha</b>		
Amendoim	6,24 aA	3,18 bB	5,30 aA	9,02 aB	7,39 aA	10,09 aA
Crotalária	5,24 aAB	5,33 aA	5,31 aA	6,49 aB	8,51 aA	11,04 aA
Milheto	5,31 abAB	4,80 bA	6,18 aA	15,15 aA	9,27 bA	8,25 bA
Sorgo	4,44 abB	4,33 bAB	5,63 aA	9,41 aB	9,98 aA	10,24 aA
Testemunha		4,75			8,80	
	<b>Cana planta – Entrelinha</b>			<b>Cana soca – Entrelinha</b>		
Amendoim	6,44 aA	5,49 aB	4,82 aA	9,23 aA	7,48 aA	9,19 aA
Crotalária	5,45 aA	6,19 aAB	5,56 aA	6,28 aA	8,81 aA	7,20 aA
Milheto	4,27 bA	9,12 aA*	5,98 bA	7,18 aA	9,75 aA	7,19 aA
Sorgo	4,12 aA	4,93 aB	6,38 aA	6,87 aA	7,41aA	10,89 aA
Testemunha		4,50			6,43	

CM = cultivo mínimo; PD = plantio direto; SP = cultivo mínimo com subsolagem profunda; Testemunha = sem planta de cobertura e com preparo convencional do solo. Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si ( $P < 0,05$ ), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. \*Significativo pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.



**Figura 1** – Coeficientes de correlação de Pearson para os atributos físicos e teor de carbono orgânico total do solo, para a camada de 0,00-0,05 m, na linha e entrelinha de plantio, em área de cana-de-açúcar cultivada com diferentes plantas de cobertura e sistemas de preparos de solo. Ds = densidade do solo ( $\text{kg dm}^{-3}$ ); Macro = macroporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ); micro = Microporosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), DMP= diâmetro médio ponderado (mm); RP = resistência do solo à penetração (Mpa); RT= resistência tênsil do agregado (kPa); C = carbono total ( $\text{g kg}^{-1}$ ).



**Figura 2** – Coeficientes de correlação de Pearson para os atributos químicos e teor de carbono orgânico total do solo, para a camada de 0,00-0,05 m, na linha e entrelinha de plantio, em área de cana-de-açúcar cultivada com diferentes plantas de cobertura e sistemas de preparos de solo. P = fósforo (Resina) ( $\text{mg dm}^{-3}$ ); MO = matéria orgânica do solo ( $\text{g dm}^{-3}$ ); pH = potencial hidrogeniônico; K = potássio ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ); Ca = cálcio ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ); Mg = magnésio ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ); H+Al = acidez potencial ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ); C = carbono total ( $\text{g kg}^{-1}$ ).