

## **EMISSIONS OF CO<sub>2</sub> DO SOLO ASSOCIADAS Á DOIS CICLOS COMPLETOS DO PLANTIO CANA-DE-AÇUCAR COM SETE VARIEDADES NO ESTADO DE SÃO PAULO**

**FREDERICO LUIZ SIANSI <sup>1</sup>, ARIANIS IBETH SANTOS NICOLELLA <sup>2,3</sup>, KLEVE FREDDY FERREIRA CANTERAL <sup>4</sup>, WANDERSON BENERVAL DE LUCENA <sup>5</sup>, JOÃO CARLOS DOS SANTOS DUARTE <sup>6</sup>, NEWTON LA SCALA JR. <sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, estudante de doutorado Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do solo), FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP. [frederico.siansi@unesp.br](mailto:frederico.siansi@unesp.br)

<sup>2</sup> Eng. Manejo de Bacias Hidrográficas e Ambiente, estudante de doutorado Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do solo), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

<sup>3</sup> Eng. Manejo de Bacias Hidrográficas e Ambiente, Professora Assistente, Depto. de Suelo y Agua, Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Chiriquí – Panamá.

<sup>4</sup> Eng. Ambiental, estudante de doutorado Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do solo), FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, estudante de doutorado Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do solo), FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

<sup>6</sup> Eng. Agrônomo, estudante de doutorado Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do solo), FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

<sup>7</sup> Bachelor em Física, Prof. Doutor, Depto. De Ciências Exatas, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

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

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar as emissões de CO<sub>2</sub> do solo (FCO<sub>2</sub>) associados a dois ciclos completos do plantio de cana-de-açúcar com sete variedades e sua interação com atributos do solo. O estudo foi desenvolvido no município de Barrinha -SP. Foi instalado um experimento de cana-de-açúcar em novembro de 2021, e outro em fevereiro de 2022. Em cada experimento se estabeleceram três blocos casualizados, com sete tratamentos (variedades) cada (CTC2994, CTC4, CTC9006, IACCTC07-7207, RB005014, RB855156 e RB985476). Foram estabelecidos três pontos amostrais por tratamento, identificados com anéis de PVC inseridos no solo para a avaliação das emissões de CO<sub>2</sub>, umidade e temperatura do solo. Houve diferenças significativas das emissões de CO<sub>2</sub> entre tratamentos, tanto para o plantio de novembro ( $p < 0,0001$ ) como o plantio de fevereiro ( $p < 0,0001$ ). De igual forma na temperatura do solo ( $p < 0,0001$ ). No entanto, a umidade do solo apenas indicou diferenças significativas no plantio de fevereiro ( $p < 0,0001$ ). Por tanto as variedades de cana-de-açúcar podem influenciar nas emissões de CO<sub>2</sub> do solo, permitindo gerar estratégias de mercado que viessem a reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gases de efeito estufa, mitigação as mudanças climáticas, produtividade.

**SOIL CO<sub>2</sub> EMISSIONS ASSOCIATED WITH TWO COMPLETE CYCLES OF SUGARCANE PLANTING WITH SEVEN VARIETIES IN THE STATE OF SÃO PAULO**

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate soil CO<sub>2</sub> emissions (FCO<sub>2</sub>) associated with two complete sugarcane planting cycles with seven varieties and their interaction with soil attributes. The study was developed in the municipality of Barrinha -SP. A sugarcane experiment was installed in November 2021, and another in February 2022. In each experiment, three randomized blocks were established, with seven treatments (varieties) each (CTC2994, CTC4, CTC9006, IACCTC07-7207, RB005014, RB855156 and RB985476). Three sampling points per treatment were established, identified with PVC rings inserted into the soil to evaluate CO<sub>2</sub> emissions, soil humidity and temperature. There were significant differences in CO<sub>2</sub> emissions between treatments, both for the November planting ( $p < 0.0001$ ) and the February planting ( $p < 0.0001$ ). Likewise in soil temperature ( $p < 0.0001$ ). However, soil moisture only indicated significant differences in February planting ( $p < 0.0001$ ). Therefore, sugarcane varieties can influence CO<sub>2</sub> emissions from the soil, allowing the creation of market strategies that could reduce CO<sub>2</sub> emissions.

**KEYWORDS:** Greenhouse gases, climate change mitigation, productivity.

**INTRODUÇÃO:** O uso e mudança no uso da terra (AFOLU), que inclui a agricultura, é a segunda atividade econômica que mais contribui as emissões de Gases de Efeito Estufa (CO<sub>2</sub>) (entre 13% e 21% das emissões globais), no entanto representa um grande potencial como sumidouro de carbono segundo o manejo dos solos implementados nas atividades de AFOLU (IPCC, 2022). Segundo a CONAB (2023), no Brasil, a área de colheita para o período 2023/2024 estimasse alcance 8.352,1 mil hectares de cana-de-açúcar, com um rendimento médio de 81.129 kg há<sup>-1</sup>, entanto que para a região Sudeste, a maior produtora da cultura, esperasse incrementos de 12,2% em comparação com a colheita de 2022/2023 (434,98 milhões de toneladas). Existem estudos que indicam que dependendo do manejo do solo na cultura de cana-de-açúcar existem menores emissões de CO<sub>2</sub> do solo (MOITINHO et al., 2013). Outros fatores como a temperatura e umidade do solo regem os fluxos de CO<sub>2</sub> (MOITINHO ET AL., 2021). No entanto, existem poucos relatos sobre a variabilidade temporal das emissões de CO<sub>2</sub> ao longo da cultura de cana-de-açúcar (ciclo completo) e se as variedades de cana-de-açúcar influenciam em menores ou maiores emissões. Por tanto, objetivou-se avaliar as emissões de CO<sub>2</sub> do solo (FCO<sub>2</sub>) associados a ciclos completos do plantio de cana-de-açúcar com sete variedades e sua interação com atributos do solo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área de estudo localiza-se no nordeste do Estado de São Paulo, município de Barrinha (21°11'38'' de latitude sul e 48°09'50'' de longitude oeste). O clima da região é megatérmico (Aw), com precipitação média de 1.400 mm, concentrada no período de novembro a fevereiro (THORNTHWAITE, 1948). Foram instalados dois experimentos de ciclo completo de cana de açúcar (o primeiro plantado em novembro de 2021, e o segundo plantado em fevereiro de 2022), com sete variedades (CTC2994, CTC4, CTC9006, IACCTC07-7207, RB005014, RB855156 e RB985476). Foi realizado preparo reduzido nos dois plantios e estabeleceu-se um delineamento experimental de blocos casualizados, sendo três blocos para cada época de plantio e sete tratamentos (variedades) por bloco. Foram estabelecidos três pontos amostrais por variedade, identificados com anéis de PVC inseridos no solo (total = 63) para a avaliação das emissões de CO<sub>2</sub>, umidade e temperatura do solo. A emissão de CO<sub>2</sub> do solo foi medida com um espectrofotômetro portátil (LI-COR Environmental) da série LI-8100 (Nebraska, USA). A umidade do solo foi avaliada por meio de um sensor de umidade TDR portátil da Campbell (Hydrosense TM, Campbell Scientific, Australia) na camada de 0,00 a 0,12 m, e a temperatura do solo foi avaliada com

um termômetro digital a profundidade de 0,05 m. A captura de O<sub>2</sub> do solo foi feita apenas em um (01) dos anéis de PVC (total = 21), por médio de um sensor portátil de Flux UV no ambiente (CO2Meter, Inc.). Os dados foram avaliados mediante a análise de variância usando-se a comparação das médias ao longo do tempo para os diferentes tratamentos pelo teste de LSD (Least Significant Difference), ao nível de 5% de probabilidade.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Tanto para o plantio de novembro como o plantio de fevereiro, a análise de variância de medidas repetidas no tempo para FCO<sub>2</sub>, em função das variedades de cana-de-açúcar indicou significância ( $p < 0,0001$ ). No plantio de novembro, as maiores emissões de FCO<sub>2</sub> foram observadas nas variedades CTC4 ( $4,03 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \pm 0,14$ ), IACCTC07-7207 ( $3,92 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \pm 0,12$ ) e RB005014 ( $3,91 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \pm 0,11$ ), entanto que, no plantio de fevereiro as maiores emissões de FCO<sub>2</sub> observaram-se nas variedades RB005014 ( $4,44 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \pm 0,10$ ) e RB985476 ( $4,39 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \pm 0,10$ ) (TABELA 1). Na umidade do solo foram identificadas diferenças significativas apenas entre as variedades do plantio de fevereiro, sendo que os maiores valores médios de umidades foram nas variedades RB855156 ( $21,92\% \pm 0,72$ ), RB985476 ( $21,54\% \pm 0,65$ ) e CTC2994 ( $20,45\% \pm 0,66$ ). Para os dados de temperatura do solo houve diferenças entre variedades RB985476 ( $22,29 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,19$ ) e RB855156 ( $22,1 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,19$ ), no plantio de novembro e para RB005014 ( $23,00 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,14$ ), RB855156 ( $22,98 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,13$ ) e CTC9006 ( $22,95 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,13$ ), no plantio de fevereiro. Observar-se coeficientes de variação mais baixos nas variáveis analisadas para o plantio feito em fevereiro.

TABELA 1. Desdobramento da interação entre as variedades de cana-de-açúcar para emissão de CO<sub>2</sub> do solo, temperatura e umidade do solo.

Novembro		FCO <sub>2</sub> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			Us (%)			Ts ( $^\circ\text{C}$ )		
Variedade	Média	EPM	CV	Média	EPM	CV	Média	EPM	CV	
2994	3,85b	0,14	51,57	19,43a	0,72	52,00	22,12d	0,18	11,57	
CTC4	4,03a	0,14	47,91	18,82a	0,69	51,88	22,23bc	0,19	11,73	
9006	3,85b	0,13	48,22	19,05a	0,67	49,43	22,05d	0,21	13,42	
7207	3,92a	0,12	42,84	18,24a	0,71	54,42	22,03d	0,19	11,82	
5014	3,91a	0,11	39,98	19,15a	0,72	53,17	22,16ab	0,20	12,65	
5156	3,69b	0,11	42,48	19,16a	0,74	54,12	22,13c	0,19	12,34	
5476	3,42c	0,10	43,14	19,02a	0,70	51,97	22,29a	0,19	12,15	
Fevereiro		FCO <sub>2</sub> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			Us (%)			Ts ( $^\circ\text{C}$ )		
Variedade	Média	EPM	CV	Média	EPM	CV	Média	EPM	CV	
2994	4,17b	0,09	31,21	21,40a	0,66	43,32	22,90c	0,13	8,16	
CTC4	4,07b	0,10	33,06	20,45bc	0,70	48,05	22,91bc	0,12	7,42	
9006	3,81c	0,07	27,12	20,03c	0,62	43,57	22,95abc	0,13	7,79	
7207	3,83c	0,09	33,31	20,88b	0,66	44,36	22,90c	0,13	7,78	
5014	4,44a	0,10	32,19	20,72b	0,68	46,10	23,00a	0,14	8,78	
5156	3,61d	0,07	28,55	21,92a	0,72	45,95	22,98ab	0,13	7,87	
5476	4,39a	0,10	32,18	21,54a	0,65	42,66	22,87c	0,13	7,84	

N=198 amostragens por variedade em cada época; FCO<sub>2</sub>, Fluxo de CO<sub>2</sub> ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Us, umidade do solo (%); Ts, temperatura do solo ( $^\circ\text{C}$ ); EPM, erro padrão da média ( $\pm$ ); CV, coeficiente de variação (%); 2994, CTC2994; 9006, CTC9006; 7207, IACCTC07-7207; 5014, RB005014; 5156, RB855156; 5476, RB985476. Médias seguidas de letras diferentes representam diferenças significativas entre si, pelo teste LSD, ao nível de 5% de probabilidade.

Nossos resultados condizem com CHI ET AL. (2021), que indicam que fatores ambientais como a temperatura e a umidade do solo afetam as taxas de emissão de CO<sub>2</sub>. Neste sentido, também MOITINHO ET AL. (2013), observaram diferenças de emissões de CO<sub>2</sub>, em solos sob condições de umidades diferentes em variedades de cana-de-açúcar com manejo de preparos e resíduos da colheita, no entanto os autores não avaliaram o efeito das variedades na variação dos FCO<sub>2</sub>.

**CONCLUSÕES:** Comprovasse que existe variação das emissões de CO<sub>2</sub> do solo em função das variedades de cana-de-açúcar. Sendo as mais recentes, como IACCTC07-7202, CTC9006 e CTC2994, que emitiram menos CO<sub>2</sub> durante o ciclo de plantio, quando comparadas com variedades como CTC4, RB855156, RB005014 e RB985476, já consolidadas no mercado. Isto poderia permitir gerar estratégias de mercado com variedades de cana-de-açúcar com o intuito de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>. Entre tanto, as emissões de CO<sub>2</sub> de todas as variedades durante o ciclo do plantio estão sujeitas as variações climáticas de temperatura e umidade do solo, relacionados com as épocas do ano, posto que no verão pode se observar aumento da emissão e no verão diminuições.

**AGRADECIMENTOS:** Usina São Martinho, CAPES, FAPESP, SENACYT-Panamá.

## **REFERÊNCIAS:**

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTCIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, Brasília, DF, v. 11, n. 3, novembro 2023.

CHI NTL, ANTO S, AHAMED TS, KUMAR SS, SHANMUGAM S, SAMUEL MS, MATHIMANI T, BRINDHADEVI K, PUGAZHENDHI A. A review on biochar production techniques and biochar based catalyst for biofuel production from algae. Fuel 287: 1-9, 2021.

IPCC. Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, NY, USA. Shukla PR, Skea J, et al. (Eds.). Cambridge University Press. 2022. doi: 10.1017/9781009157926

MOITINHO MR, PADOVAN MP, PANOSSO AR, LA SCALA JR N. Efeito do preparo do solo e resíduos da colheita de cana-de-açúcar sobre a emissão de CO<sub>2</sub>. Revista Brasileira Ciência do Solo 37: 1720–1728, 2013.

MOITINHO MR, FERRAUDO AS, ET AL. Effects of burned and unburned sugarcane harvesting systems on soil CO<sub>2</sub> emission and soil physical, chemical, and microbiological attributes. CATENA 196:104903, 2021.

THORNTHWAITE CW, MATHER JR. Instruções e tabelas para a computação a evapotranspiração potencial e do Balanço Hídrico. Drexel Institute of Technology 10: p.311, 1957.