

## **AValiação DO EFEITO DO PLANTIO DIRETO DE SOJA NOS EFLUXOS DE CO<sub>2</sub> E ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO**

**ARIANIS IBETH SANTOS NICOLELLA<sup>1</sup>, KLEVE FREDDY FERREIRA CANTERAL<sup>2</sup>, RAFAEL MONTANARI<sup>3</sup>, MÁRIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES<sup>4</sup> NEWTON LA SCALA JR.<sup>5</sup>, ALAN RODRIGO PANOSSO<sup>6</sup>.**

<sup>1</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, santos.nicolella@unesp.br

<sup>2</sup> Eng. Ambiental, estudante de doutorado no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do solo), FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Solos e Adubos, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto de Fitotecnia Tecnologia de Alimentos e Socio Economia, Faculdade de Engenharia/UNESP, Ilha Solteira – SP.

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

<sup>6</sup> Físico, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** Neste estudo objetivou-se avaliar o efeito do plantio direto de soja nos efluxos de dióxido de carbono do solo (FCO<sub>2</sub>) e atributos físicos e químicos do solo. A parcela experimental de soja estava localizada no Município de Selvíria – Mato Grosso do Sul. Foram avaliados os FCO<sub>2</sub>, umidade do solo e temperatura do solo, densidade do solo, macroporosidade e microporosidade e porosidade livre de água. Também foi avaliado o pH, matéria orgânica do solo, fósforo, acidez potencial, soma de bases e capacidade de troca catiônica. Uma matriz de correlação de Pearson ( $p < 0,10$ ) entre todas as variáveis, indicou que os FCO<sub>2</sub> tiveram correlação somente com a umidade do solo. Houve maior interação entre as variáveis químicas principalmente com a matéria orgânica do solo e capacidade de troca catiônica. Entanto, nas variáveis físicas foram observadas correlações principalmente com a porosidade livre de água. Os resultados sugerem que os FCO<sub>2</sub> no sistema de plantio direto de soja, estão influenciados pela umidade do solo. No entanto, a porosidade livre de água tem um papel importante na transferência de gases e água neste sistema. As interações entre variáveis químicas são favorecidas provavelmente pelo aporte de compostos orgânicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** agricultura de conservação, mudança climática, gases de efeito estufa.

### **EVALUATION OF THE EFFECT OF SOYBEAN NO-TILLAGE ON CO<sub>2</sub> EFFLUX AND SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES**

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the effect of soybean no-tillage on soil CO<sub>2</sub> efflux (FCO<sub>2</sub>) and soil physical and chemical attributes. The experimental plot of soybean was in the municipality of Selvíria – Mato Grosso do Sul. FCO<sub>2</sub>, soil moisture and soil temperature were evaluated, as well as soil density, macroporosity and microporosity and free water porosity. The pH, soil organic matter, phosphorus, potential acids, sum of bases and cation exchange capacity were also evaluated. A Pearson correlation matrix ( $p < 10$ ) between all variables indicated that the FCO<sub>2</sub> had a positive correlation only with soil water

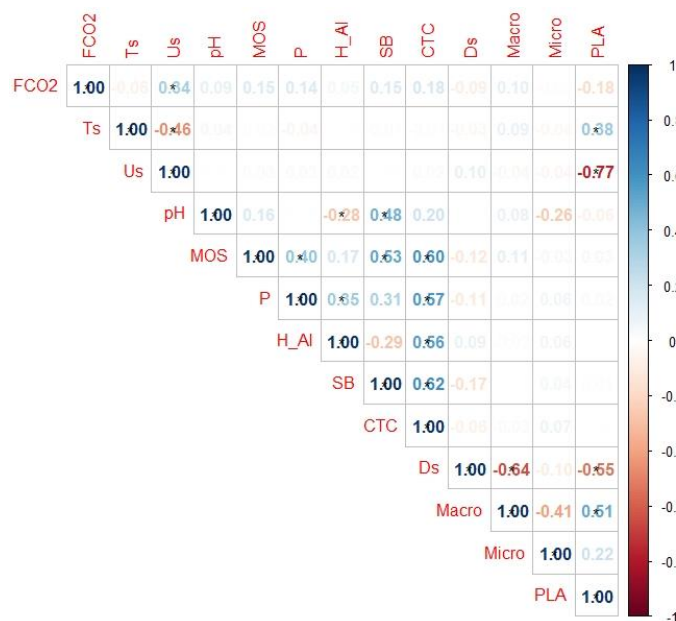
content. There was greater interaction between chemical variables, mainly with soil organic matter and cation exchange capacity. However, of the physical variables, correlations were observed mainly with free water porosity. The results suggest that  $\text{FCO}_2$  in the soybean no-tillage system are influenced by soil water content. However, free water porosity plays an important role in the transfer of gases and water in this system. Interactions between chemical variables are probably favored by the contribution of organic compounds.

**KEYWORDS:** conservation agriculture, climate change, greenhouse gases.

**INTRODUÇÃO:** A agricultura junto com a silvicultura e outros usos da terra (AFOLU), na década entre 2010 e 2019 contribuíram entre 13 % e 21 % das emissões mundiais de gases de efeito estufa (GEE) (IPCC, 2022). A soja é a principal cultura de grãos do Brasil, com 38,47 milhões de hectares cultivadas entre 2020 e 2021; recentemente o Programa Soja Baixo Carbono fomenta o uso de tecnologias como o plantio direto para reduzir as emissões de GEE, que foram atribuídas em 223,46 milhões de toneladas de  $\text{CO}_2$  equivalente, entre 2010 e 2015 produto da exportação (NEPOMUCENO et al., 2023). AFOLU são consideradas com um alto potencial para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, por sua capacidade de remoção de dióxido de carbono em grande escala e curto prazo (IPCC, 2022). As práticas de manejo convencionais, levam a uma desestruturação do solo, deixando a matéria orgânica do solo (MOS) desprotegida para os microrganismos, acelerando as perdas de carbono orgânico do solo (COS) em forma de dióxido de carbono [efluxos de  $\text{CO}_2$  do solo ( $\text{FCO}_2$ )] (SOUZA et al., 2017). Tem-se estudado que o plantio direto favorece as reduções dos  $\text{FCO}_2$  e aumentos nas reservas de carbono do solo (SANTOS et al., 2019), assim como induzir melhorias na fertilidade do solo (SOUZA et al., 2021; SALIM et al., 2022). Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito do plantio direto de soja nos efluxos de  $\text{CO}_2$  e atributos físicos e químicos do solo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi desenvolvido numa parcela experimental localizada no Município de Selvíria – MS (20° 20' 53.41" Sul e 51° 23' 55.50" Oeste, 354 m sobre o nível do mar), o solo do local foi caracterizado como Latossolo Vermelho, o clima regional é tropical úmido (AW) (Koppen) com precipitação média anual de 1370 mm, temperatura média de 23,5 °C e umidade relativa entre 70 % e 80% (CANTERLAL et al., 2023). Um plantio de soja foi estabelecido por plantio direto em novembro de 2003, o solo do local estava coberto com palha de soja. Se estabeleceram 120 pontos amostrais identificados com anéis de PVC de 0,1 m de diâmetro e 0,04 m de altura. As variáveis  $\text{FCO}_2$ , temperatura do solo (Ts), umidade do solo (Us), foram avaliadas por sete dias ao longo de 21 dias, entre novembro e dezembro de 2013 (época chuvosa). Os efluxos de  $\text{CO}_2$  do solo ( $\text{FCO}_2$ ), foram avaliados por meio de um espectrofotômetro portátil da série LI-COR Environmental (LI-8100). A Ts e Us foram avaliadas do lado de cada ponto amostral utilizando um termômetro digital e um reflectômetro no domínio do tempo (TDR), respectivamente. Para a análise das variáveis físicas [densidade (Ds), macroporosidade e microporosidade (macro e micro, respectivamente)] e químicas [pH, matéria orgânica do solo (MOS), fósforo (P), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC)] se coletaram amostras do solo do lado de cada ponto amostral a 0,10 m de profundidade. A porosidade livre de água (PLA) foi determinada subtraindo a umidade do solo do volume total de poros. Os dados foram analisados mediante uma matriz de correlação de Pearson entre as variáveis, com nível de significância de 90%.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os FCO<sub>2</sub> somente mostraram correlação com Us ( $r = 0,34$ ;  $p < 0,10$ ), no entanto foram observadas correlações de Us com Ts ( $r = -0,46$ ;  $p < 0,10$ ) e PLA ( $r = 0,38$ ;  $p < 0,10$ ), este último apresentou correlações negativas entre variáveis físicas como a Ds ( $r = -0,55$ ;  $p < 0,10$ ) e a macroporosidade ( $r = -0,55$ ;  $p < 0,10$ ) (FIGURA 1).



**FIGURA 1.** Matriz de correlação de Pearson (90% de confiança) entre efluxo de CO<sub>2</sub> (FCO<sub>2</sub> em  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), umidade do solo (Us em %), temperatura do solo (Ts em °C), matéria orgânica do solo (MOS), fosforo (P), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), densidade (Ds), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), porosidade livre de água (PLA). A escala de azul indica correlações positivas e em vermelho correlações negativas; (\*) significam diferenças significativas.

Os resíduos de cultura promovem a retenção da umidade do solo influenciando na produção dos FCO<sub>2</sub>, no entanto estudos de teor de carbono orgânico do solo são necessários (SANTOS et al., 2019). O efeito da Us sobre os FCO<sub>2</sub> poderia ser explicado por sua influência na ativação da atividade microbiana (SANTOS et al., 2019). A Us e Ts, por sua vez são covariáveis nos modelos de FCO<sub>2</sub>, e são variáveis inversamente proporcionais (MOITINHO et al., 2021). De acordo com as correlações entre variáveis físicas do nosso estudo, em solos argilosos é comum altas densidades quando se tem elevados teores de umidade (MOITINHO et al., 2021). Entanto, a porosidade do solo por sua vez é relevante para a dinâmica do fluxo de gases e de água; a macroporosidade está relacionada com o espaço poroso livre de água (TAVARES et al., 2015), e a microporosidade relacionasse com a retenção da umidade do solo (SANTOS et al., 2019). Entre as variáveis químicas foram observadas correlações entre o pH e H+Al ( $r = -0,28$ ;  $p < 0,10$ ), assim como entre o pH e SB ( $r = 0,48$ ;  $p < 0,10$ ). A MOS correlacionou-se com o P ( $r = 0,40$ ;  $p < 0,10$ ) e SB ( $r = 0,53$ ;  $p < 0,10$ ). A CTC, se correlacionou positiva e significativamente ( $p < 0,10$ ) com a MOS ( $r = 0,60$ ), P ( $r = 0,57$ ) e a SB ( $r = 0,62$ ). Neste sentido o sistema de plantio direto reflete na proteção dos conteúdos de MOS, por causa da baixa desestruturação do solo (SOUZA et al., 2021). Os resíduos de cultura incrementam os compostos orgânicos que resultam em liberação de P (TAVARES et al., 2015) e aumentos da saturação de bases ao aumentar os conteúdos de MOS (SOUZA et al., 2021) que consequentemente tem influência nos aumentos da CTC (SALIM et al., 2022).

**CONCLUSÕES:** Os efluxos de CO<sub>2</sub> do solo estão influenciados pela umidade nas condições deste estudo. A temperatura do solo poderia influenciar os efluxos de CO<sub>2</sub> ao ser diretamente proporcional com a porosidade livre de água do solo. O plantio direto e a cobertura do solo, provêm proteção e aporte de matéria orgânica do solo contribuindo positivamente nas propriedades químicas do solo.

## **REFERÊNCIAS:**

CANTERL, K. F. F.; VICENTINI, M. E.; DE LUCENA, W. B.; DE MORAES, M. L. T.; MONTANARI, R.; FERRAUDO, A. S.; PERUZZI, N. J.; LA SCALA, N.; PANOSSO, A. R. Machine learning for prediction of soil CO<sub>2</sub> emission in tropical forests in the Brazilian Cerrado. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 21, p. 61052–61071, 2023.

IPCC. Climate Change. 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, M. R.; FERRAUDO, A. S.; PANOSSO, A. R.; BICALHO, E. da S.; TEIXEIRA, D. D. B.; BARBOSA, M. de A.; TSAI, S. M.; BORGES, B. M. F.; CANNAVAN, F. de S.; SOUZA, J. A. M. De; LA SCALA, N. Effects of burned and unburned sugarcane harvesting systems on soil CO<sub>2</sub> emission and soil physical, chemical, and microbiological attributes. *CATENA*, v. 196, p. 104903, 2021.

NEPOMUCENO, A. L.; BALBINOT JR., A. A.; RUFINO, C. F. G.; DEBIASI, H.; NOGUEIRA, M. A.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, F. V.; CARNEVALLI, R. A.; ALMEIDA, R. G.; BUNGENSTAB, D. J.; DALL'AGNOL, F. V. Programa SBC-Soja Baixo Carbono: um novo conceito de soja sustentável. 2023.

SALIM, I. S. H.; REIS, A. F. S.; WELKER, C. A. D.; SCOTTI, M. R. Fire shifts the soil fertility and the vegetation composition in a natural high-altitude grassland in Brazil. *Environmental Challenges*, v. 9, p. 100638, 2022.

SANTOS, G. A.; MOITINHO, M. R.; DE OLIVEIRA SILVA, B.; XAVIER, C. V.; TEIXEIRA, D. D. B.; CORÁ, J. E.; JÚNIOR, N. L. S. Effects of long-term no-tillage systems with different succession cropping strategies on the variation of soil CO<sub>2</sub> emission. *Science of The Total Environment*, v. 686, p. 413–424, 2019.

SOUZA, L. C.; FERNANDES, C.; NOGUEIRA, D. C. S.; MOITINHO, M. R.; BICALHO, E. da S.; LA SCALA, N. Can Partial Cultivation of Only The Sugarcane Row Reduce Carbon Dioxide Emissions in an Oxisol and Ultisol? *Agronomy Journal*, v. 109, n. 3, p. 1113–1121, 2017.

SOUZA, M.; MÜLLER JÚNIOR, V.; KURTZ, C.; DOS SANTOS VENTURA, B.; LOURENZI, C. R.; LAZZARI, C. J. R.; FERREIRA, G. W.; BRUNETTO, G.; LOSS, A.; COMIN, J. J. Soil chemical properties and yield of onion crops grown for eight years under no-tillage system with cover crops. *Soil and Tillage Research*, v. 208, p. 104897, 2022.

TAVARES, R. L. M; FARHATE, C. V. V; SOUZA, Z. M; LA SCALA JÚNIOR, N; TORRES, J. L. R; CAMPOS, M. C. C. Emission of CO<sub>2</sub> and soil microbial activity in sugarcane management systems. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, n. 9, p. 975-982, 2015.