



Emissões de CO₂ influenciadas pelo preparo do solo e rotação de culturas em Latossolo Vermelho-Amarelo⁽¹⁾

Camila Viana Vieira Farhate⁽²⁾; Zigomar Menezes de Souza⁽³⁾; Allan Charlles Mendes de Sousa⁽²⁾; Ana Paula Guimarães Santos⁽²⁾; Lucas Bueno Brunetti⁽⁴⁾; João Luís Nunes de Carvalho⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

⁽²⁾ Doutorandos em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Campinas; Campinas, São Paulo; camila.vieira@feagri.unicamp.br; ⁽³⁾ Professor Associado da Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas; ⁽⁴⁾ Graduando em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Campinas; ⁽⁵⁾ Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais, Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Biotanol.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do preparo do solo e da rotação de culturas no fluxo de CO₂ em um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. O trabalho foi conduzido em condições de campo na usina Santa Fé. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso com esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. A parcela envolveu área com e sem rotação e a subparcela as condições de preparo de solo (preparo convencional e cultivo mínimo). Foram realizadas avaliações periódicas nas áreas visando acompanhar modificações no fluxo de CO₂ após a rotação de culturas e preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar com o auxílio de uma câmara de solo fabricada pela companhia LI-COR, Nebraska, EUA. A temperatura do solo foi avaliada em todos os pontos estudados, utilizando o sensor de temperatura, que é parte integrante do sistema do LI-COR. O teor de água no solo foi avaliado simultaneamente com a medição da concentração de CO₂ por meio de um aparelho TDR. As operações de preparo do solo influenciaram as emissões de CO₂ principalmente nos primeiros dias após o preparo do solo. Não houve diferença entre os sistemas de preparo estudados, com destaque para a rotação de culturas sobre a emissão de CO₂.

Termos de indexação: manejo conservacionista, carbono do solo, mobilização do solo.

INTRODUÇÃO

A deposição de palha gerada pela colheita mecanizada da cana-de-açúcar aumentam os estoques de carbono do solo, proporcionam reduções significativas nas emissões totais de gases do efeito estufa, permitem a cobertura do solo, protegendo contra a erosão, melhoram a qualidade física e química do solo (Canellas et al., 2003), aumenta a estabilidade de agregados, aumenta a infiltração da água no solo e atuam ainda na proteção do solo contra o efeito dos raios solares, reduzindo a evaporação, a temperatura e a

amplitude térmica do solo (Canellas et al., 2003; Galdos et al., 2010; Silva et al., 2011).

Entretanto, tão importante como manter o solo coberto durante o ciclo é fazer o manejo adequado durante a reforma do canavial, pois, a utilização de sistemas de preparo do solo que se caracterizam pelo revolvimento excessivo das camadas superficiais promove a aceleração dos processos de decomposição impedindo obtenção de todos os benefícios gerados pela palha da cana-de-açúcar oriunda da colheita mecanizada (Souza et al., 2012; Evangelista et al., 2013).

A utilização de práticas de manejo conservacionistas pode promover a mitigação das emissões de CO₂ influenciadas pelo preparo do solo e ao mesmo tempo melhorar a qualidade do solo e a produtividade da cultura (Lal, 2004; Johnson et al., 2007). Dessa forma, estudos sobre adoção de manejos adequados nas atividades agrícolas visando à diminuição das emissões de CO₂ são fundamentais, pois acredita-se que a adoção de sistemas de manejo conservacionistas, que preservem o carbono no solo protegendo por meio do contínuo aporte de resíduos orgânicos e mínima mobilização do solo, possam contribuir para mitigação das emissões de CO₂ do solo e conservação do carbono.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do preparo do solo e da rotação de culturas no fluxo de CO₂ em um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em condições de campo na usina Santa Fé, localizada no município de Nova Europa, São Paulo. O clima da região é classificado como tropical com estação seca (Aw) segundo a classificação climática de Köppen apresentando inverno frio e seco, com verão quente e chuvoso.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso no esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. Sendo considerada a parcela a área com e sem rotação e a subparcela as duas



condições de preparo de solo (preparo convencional e cultivo mínimo). Tratamentos que foram implantados: Rotação de culturas: i) área sem rotação de culturas; ii) área com rotação de culturas com *Crotalaria juncea* durante a reforma do canavial. Sistemas de preparo do solo: i) preparo convencional (PC) – subsolagem, gradagens e sulcação; ii) Cultivo mínimo (CM) – subsolagem e sulcação. Cada parcela foi composta por 15 linhas de cana-de-açúcar, com espaçamento de 1,5 m e 34 m de comprimento.

A implantação do experimento foi realizada inicialmente pela eliminação mecânica da soqueira e subsolagem a 0,40 m de profundidade, devido à detecção nas duas áreas de uma camada compactada que poderia limitar o crescimento de raízes no ciclo subsequente.

Para o plantio *Crotalaria juncea* foram distribuídos em cada área 25 kg ha⁻¹ de sementes em linha com espaçamento de 0,5 m no período recomendado de plantio da leguminosa. Ao final do ciclo da cultura foram lançados ao acaso 4 molduras metálicas contendo 1 m² para avaliar a produção de matéria seca da crotalaria. Foram produzidas 14 t ha⁻¹ de matéria seca de crotalaria.

Nas parcelas onde o preparo convencional foi implantado, foram realizadas duas gradagens e sulcação e, nas parcelas em que o cultivo mínimo foi realizado apenas a sulcação. As parcelas com o sistema convencional foram preparadas por meio de duas gradagens utilizando uma grade aradora intermediária Santa Izabel de 44 discos e um trator Valtra BT 210 cv 4x4 e sulcação a 0,30 m de profundidade com sulcador de duas linhas. Nas parcelas em que o cultivo mínimo foi instalado ocorreu apenas a sulcação utilizando o mesmo equipamento do preparo convencional.

Para avaliação da emissão de CO₂ foram feitas avaliações no período da manhã por meio de 5 colares de PVC (diâmetro = 10 cm e altura = 7 cm) distribuídos em cada uma das 16 parcelas (total de 80 colares) e inseridos 2 cm no solo. A emissão foi avaliada com auxílio de uma câmara de solo fabricada pela companhia LI-COR, Nebraska, EUA. O equipamento é um sistema fechado com volume interno de 991 cm³, com área de contato com o solo de 71,6 cm² e colocado sobre os colares de PVC, para realização das leituras evitando, assim, possíveis distúrbios mecânicos no perfil do solo, que poderiam superestimar os valores das emissões.

As avaliações da emissão de CO₂ foram iniciadas 24 horas após as operações dos preparos do e foram realizadas no horário entre 8 e 10 h da manhã com duração de 1 minuto e 30 segundo para cada leitura. As leituras foram conduzidas até a estabilização da emissão de CO₂. Após a

estabilização, as leituras passaram a ser realizadas semanalmente, até se confirmar a constância do fluxo.

As emissões de CO₂ acumuladas durante todo período de estudo foram estimadas pelo método da integral da área abaixo da curva de emissão versus o tempo. As medições dos cinco colares de cada parcela (2 linha e 3 entrelinha) foram agregadas em uma única medida por meio da média ponderada (levando em consideração uma área de 27% para a linha e 73% para entrelinha).

A temperatura do solo foi avaliada utilizando o sensor de temperatura, que é parte integrante do sistema do LI-6400. A umidade do solo foi avaliada simultaneamente a medição das emissões de CO₂ por meio de um aparelho TDR.

Os dados foram inicialmente avaliados em relação à hipótese de normalidade pelo teste de Kolmogorov Smirnov. Quando essa condição foi respeitada, realizou-se a análise de variância ao nível de 5% de probabilidade por meio software SISVAR, e apresentando significância para as interações, os dados foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura mínima variou de 17 a 16 °C entre os tratamentos e a temperatura máxima do solo variou de 26 a 29 °C (Figura 1A). A umidade máxima do solo foi de 0,13, 0,09, 0,15 e 0,11 kg¹ kg⁻¹ nos tratamentos PCCR, PCSR, CMCR e CMSR, respectivamente (Figura 1B). Os dados médios de umidade do solo foram semelhantes entre os tratamentos variando de 0,06 a 0,07 kg¹ kg⁻¹.

Os FCO₂ diário foi maior logo nos primeiros dias após o preparo, se comportando de maneira semelhante a temperatura e umidade do solo (Figura 2A). No entanto, por volta do 40º dia após o preparo do solo, observou-se que o FCO₂ se estabilizou, a partir de então mudanças significativas no teor de água no solo não provocaram alterações no FCO₂.

Avaliando o comportamento da emissão de CO₂ após as práticas de preparo do solo convencional e reduzido, Panosso et al. (2006), verificaram que o houve grandes variações nas emissões de CO₂, ocorrendo uma tendência geral de queda ao longo dos dias após o preparo. La Scala et al. (2006), quantificaram a emissão de CO₂ influenciada pelo preparo do solo e, observaram redução alguns dias após o plantio, mesmo com a ocorrência de precipitação.

A ação conjunta da temperatura do solo, o teor de água no solo e a exposição da matéria orgânica,



ocasionada pelo revolvimento do solo, influenciam na emissão de CO₂, nos primeiros dias após o preparo. Segundo Panosso et al. (2006) centenas de quilogramas de carbono por hectare podem ser transferidos para a atmosfera na forma de CO₂, nas primeiras semanas após as operações de preparo do solo.

Os tratamentos com rotação de cultura apresentaram maior emissão de CO₂ acumulada que as áreas sem rotação de culturas (Figura 2B). Possivelmente, os resíduos culturais com baixa relação C/N adicionados pela rotação de culturas, foram usados como fonte de energia pela biomassa microbiana proporcionando uma maior emissão de CO₂ nessas áreas. Corroborando com essa hipótese, Campos et al. (2011), verificaram que a adição de carbono lábil proporcionado pelos resíduos culturais provenientes da rotação de culturas, são usados como fonte de energia pela biomassa microbiana, onde a maior parte deste carbono é perdido na forma de CO₂ durante o processo de decomposição.

As áreas sem rotação de culturas, tanto de preparo convencional como de cultivo mínimo, apresentaram os menores valores de FCO₂ acumulado de 4,0 e 3,9 t ha⁻¹, respectivamente (Figura 2B). As áreas com rotação de culturas apresentaram os maiores valores, sendo de 5,3 t ha⁻¹ para o preparo convencional e 4,9 t ha⁻¹ para o cultivo mínimo. Em médias as emissões de CO₂ foram 21,7% superiores nas áreas com rotação de culturas efeito não significativo (p < 0,05).

Analisando apenas o efeito do preparo do solo entre os tratamentos, observa-se que não houve efeito dos diferentes sistemas de preparo do solo empregados na emissão de CO₂ acumulada (Figura 2 B). Essa mesma observação tem sido relatada por diversos autores, onde valores muito semelhantes de CO₂ emitido são observados em áreas sob diferentes tipos de preparo do solo, indicando que o preparo do solo como fator isolado não influenciou em maiores taxas de emissão de CO₂ (La Scala et al., 2006; Panosso et al., 2006; Campos et al., 2011; Moitinho et al., 2013).

CONCLUSÕES

As operações de preparo do solo influenciaram o as emissões de CO₂ principalmente nos primeiros dias após o preparo do solo. No entanto, não houve diferença entre os sistemas de preparo estudados, tendo mais destaque a rotação de culturas sobre a emissão de CO₂.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e a Fundação AGRISUS - Agricultura Sustentável pelo apoio financeiro concedido e a Usina Santa Fé pelo fornecimento da área de estudo.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, B.C. et al. Long-term C-CO₂ emissions and carbon crop residue mineralization in an oxisol under different tillage and crop rotation systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:819-832, 2011.

CANELLAS, L.P. et al. Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, 27:935-944, 2003.

EVANGELISTA, C.R. et al. Atributos microbiológicos do solo na cultura da cana-de-açúcar sob manejo orgânico e convencional. *Semina: Ciências Agrárias*, 34:1549-1562, 2013.

GALDOS, M.V. et al. Net greenhouse gas fluxes in Brazilian ethanol production systems. *Global Change Biology Bioenergy*, 2:37-44, 2010.

JOHNSON, J.M. et al. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environmental Pollution*, 150:107-124, 2007.

LAL, R. soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304:1623-1627, 2004

LA SCALA JR., N.; BOLONHEZI, D. & PEREIRA, G.T. Short-term soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, 91:244-248, 2006.

MOITINHO, M. R. et al. Efeito do preparo do solo e resíduo da colheita de cana-de-açúcar sobre a emissão de CO₂. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37:1720-1728, 2013.

PANOSSO, A.R. et al. Emissão de CO₂ em um latossolo após preparo convencional e reduzido em períodos seco e chuvoso. *Científica*, 34:257-262, 2006.

SILVA, J.C. et al. Análise comparativa entre os sistemas de preparo do solo: aspectos técnicos e econômicos. *Enciclopédia Biosfera*, 7:1-11, 2011.

SOUZA, G.S. et al. Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47:603-612, 2012.

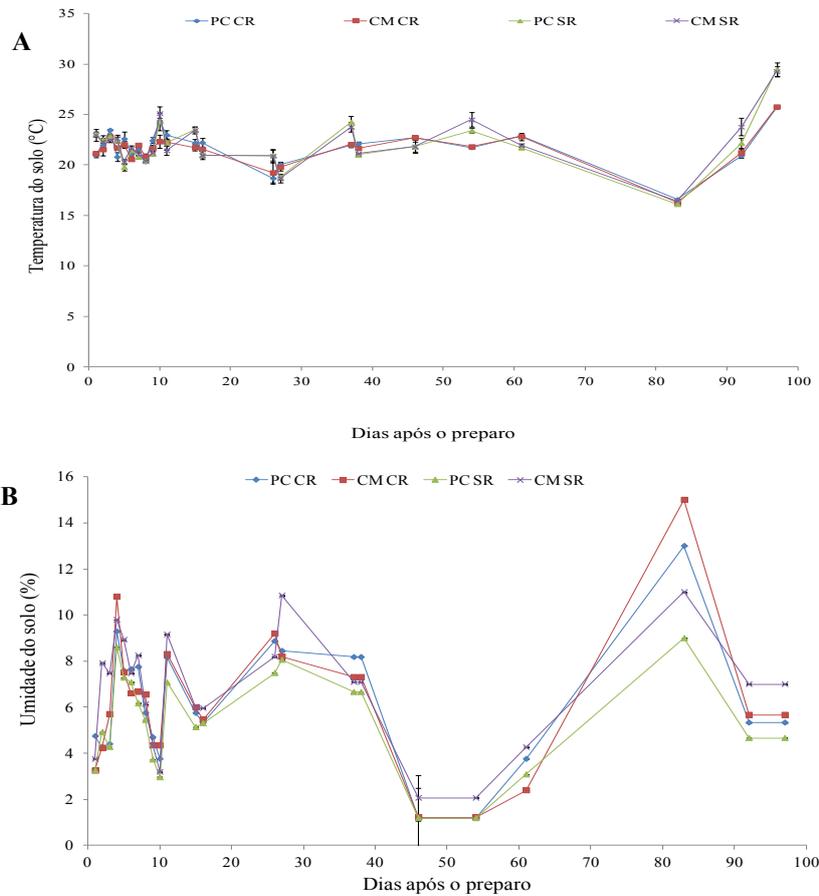


Figura 1 – Temperatura (A) e umidade do solo (B), diária nos tratamentos avaliados e seus respectivos desvios padrão. PCCR = preparo convencional com rotação de cultura; PCSR = preparo convencional sem rotação de culturas; CMCR = cultivo mínimo com rotação de culturas; CMSR = cultivo mínimo sem rotação de culturas.

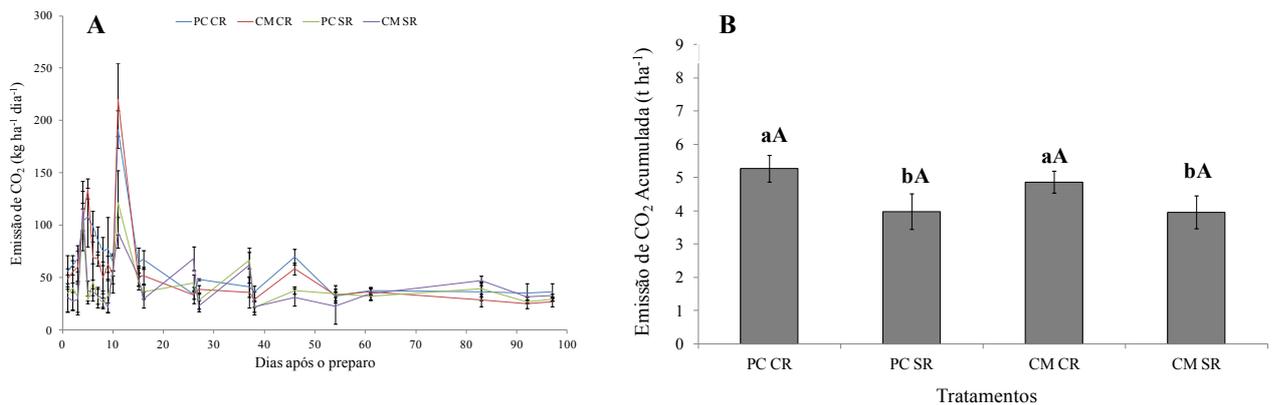


Figura 2 – Emissão diária (A) e acumulada (B) de CO₂ e seus respectivos desvios padrão nos diferentes manejos avaliados. PCCR = preparo convencional com rotação; PCSR = preparo convencional sem rotação; CMCR = cultivo mínimo com rotação; CMSR = cultivo mínimo sem rotação. Letras minúsculas comparam a utilização da rotação de culturas, dentro de cada sistema de preparo do solo e maiúscula os sistemas de preparo do solo, dentro da utilização de rotação de culturas, para cada tratamento estudado, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.