

Emissão de dióxido de carbono de um Nitossolo sob adubação orgânica e sistemas de preparo do solo⁽¹⁾

Rodrigo da Silveira Nicoloso⁽²⁾; Roberto André Grave⁽³⁾; Paulo Cezar Cassol⁽⁴⁾; Juliano Corulli Corrêa⁽²⁾; Letícia Lopes dos Santos⁽⁴⁾; Jéssica Dalla Cort⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq (processo 477603/2011-4).

⁽²⁾ Pesquisador; Embrapa Suínos e Aves; Concórdia, SC, rodrigo.nicoloso@embrapa.br; ⁽³⁾ Doutorando; CAV-UDESC;

⁽⁴⁾ Professor, CAV-UDESC; ⁽⁴⁾ Analista, Embrapa Suínos e Aves; ⁽⁵⁾ Bolsista IC; Embrapa Suínos e Aves.

RESUMO: O preparo intensivo promove o decaimento dos estoques de C do solo, enquanto que o sistema plantio direto (PD) pode recuperar estes estoques. O objetivo deste trabalho foi avaliar as emissões de CO₂ de um Nitossolo submetido a sistemas de preparo do solo e fontes de fertilizantes nitrogenados. O experimento teve delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Nas parcelas principais foram avaliados: preparo convencional (PC) e plantio direto (PD). As subparcelas receberam: 140 kg N ha⁻¹ na forma de uréia (NMIN), dejetos líquidos de suínos (DLS), biofertilizante (BIOF) e composto orgânico (COMP), e um tratamento controle sem adubação (CTR). A maior emissão acumulada de CO₂ foi observada no tratamento PC DLS. O aumento das taxas de emissão de CO₂ do solo promovidas pelo PC (9%) foi limitado até 20 dias após o revolvimento do solo. O uso de COMP com elevado conteúdo de C recalitrante não aumenta a taxa de emissão de CO₂ do solo, indicando elevado potencial para acúmulo de C no solo.

Termos de indexação: dejetos líquidos de suínos, composto orgânico, biofertilizante.

INTRODUÇÃO

O solo agrícola pode ser dreno ou fonte de CO₂ para a atmosfera de acordo com o seu manejo. O preparo intensivo do solo promoveu o decaimento de até 75% dos estoques de C do solo (Lal, 2010), enquanto que a agricultura conservacionista e o sistema plantio direto (PD) podem recuperar estes estoques, abatendo entre 5-15% das emissões antropogênicas de gases de efeito estufa (Lal, 2004).

O revolvimento do solo sob preparo convencional (PC) reduz a estabilidade dos agregados e expõe o C ocluído intra-agregados à atividade microbiana, aumentando as taxas de emissão de CO₂ do solo (Nicoloso, 2009). No entanto, o aporte de C ao solo via resíduos vegetais ou fertilizantes orgânicos pode contribuir com até 80% das taxas de emissão de CO₂ verificadas em solos agrícolas (Pes et al., 2011).

A adição de dejetos líquidos de suínos (DLS) sobre resíduos vegetais pode estimular a emissão de CO₂ do solo sob PD (Denega, 2009). Apesar disto, pouco

se sabe sobre a dinâmica das emissões de CO₂ do solo quando outros fertilizantes orgânicos (dejetos de suínos tratados por biodigestão – biofertilizante (BIOF) ou compostagem – composto orgânico (COMP)) são utilizados em diferentes sistemas de preparo. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar as emissões de CO₂ de um Nitossolo submetido a diferentes sistemas de preparo do solo (preparo convencional e plantio direto) e fontes de fertilizantes nitrogenados (uréia, DLS, biofertilizante e composto orgânico).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Suínos e Aves em Concórdia-SC (27°18'53"S 51°59'25"O). O clima do local é o Cfa, conforme Köppen, e o solo é classificado como Nitossolo Vermelho distroférrico (Embrapa, 1999). No momento da implantação do experimento, o solo (0-10 cm) apresentava os seguintes teores de argila: 266,2 g kg⁻¹; pH-H₂O_(1:1): 5,3; pH-SMP: 5,8, MOS: 39,0 g kg⁻¹, P_{Mehlich-1}: 6,6 mg dm⁻³, K_{Mehlich-1}: 249,6 mg dm⁻³, Ca: 7,5 cmol_c dm⁻³, Mg: 3,3 cmol_c dm⁻³, CTC: 11,8 cmol_c dm⁻³ e V: 68,1%.

O experimento teve delineamento blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Em cada parcela foi adicionado resíduo de trigo equivalente a 4 Mg ha⁻¹ de matéria seca sob o solo descoberto. Nas parcelas principais (1x5 m) foram avaliados dois tratamentos: preparo convencional (PC) e plantio direto (PD). Nas parcelas PC, o solo foi mobilizado, incorporando a palha de trigo, com o auxílio de pá de corte até uma profundidade de aproximadamente 15 cm. Nas parcelas PD, a palha de trigo foi mantida na superfície do solo. As subparcelas (1x1 m) receberam cinco tratamentos: 140 kg N ha⁻¹ na forma de uréia (NMIN), dejetos líquidos de suínos (DLS), dejetos líquidos de suínos tratado por biodigestão – biofertilizante (BIOF), dejetos líquidos de suínos tratado por compostagem – composto orgânico (COMP), além de um tratamento controle sem adubação (CTR). A dose de 140 kg N ha⁻¹ aplicada via fertilizantes orgânicos foi calculada com base no teor de N total dos fertilizantes (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Teores de Matéria Seca, N-total, N-org, N-NH₄, e N-NO_x, e dose aplicada dos fertilizantes orgânicos utilizados no experimento.

Fertilizante	MS	N-total	N-org	N-NH ₄	N-NO _x	Dose
	%	kg m ⁻³				m ³ ha ⁻¹
DLS	7,38	4,41	1,67	2,74	-	31,72
BIOF	6,52	5,17	2,55	2,62	-	27,09
	%	g kg ⁻¹				Mg ha ⁻¹
COMP ^a	29,06	16,59	15,12	1,18	0,29	29,04

^aTeores de nutrientes expressos em base seca.

As emissões de C-CO₂ foram realizadas com adaptações da metodologia descrita por Nicoloso et al. (2013). Resumidamente, foram usadas câmaras estáticas medindo 40x80x30 cm (LxCxA). As amostras foram coletadas entre as 9-11h da manhã, aos 0, 15, 30 e 45 min após o fechamento das câmaras, usando um conjunto de seringas de 120 mL (duas seringas de 60 mL unidas por válvulas de três vias “Luer-lock”). As amostras foram então analisadas em um analisador de gases espectrômetro de infravermelho fotoacústico INNOVA 1412 (Lumasense Tech., Dinamarca). A avaliação das emissões de C-CO₂ foi realizada durante 64 dias (24/01-28/03/2013) após a aplicação dos tratamentos. Ainda, no primeiro mês de avaliação, as amostras foram coletadas diariamente e no período seguinte, as amostragens foram realizadas com intervalos máximos de dois dias, considerando as precipitações ocorridas. Os dados foram submetidos à análise de variância (SAS PROC MIXED) e comparação de médias pelo teste de Fisher (LSMEANS, p<0,05) (SAS Institute, 2009). A emissão de C-CO₂ também avaliada através de análise de regressão, ajustando o modelo proposto por La Scala et al. (2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos de CO₂ do solo foram mais intensos (67-319 mg C-CO₂ m⁻² h⁻¹) no primeiro mês após a aplicação dos tratamentos, decaindo no período subsequente (52-183 mg C-CO₂ m⁻² h⁻¹) (**Figura 1**). A maior emissão de CO₂ neste primeiro período foi observada no tratamento PC DLS. Os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas para fluxos de CO₂ do solo.

Na emissão acumulada de C-CO₂ do solo, considerando todo o período de avaliação (64 dias), não foram verificadas diferenças significativas entre sistemas de preparo do solo (**Tabela 2**). Na média dos tratamentos de adubação, a emissão acumulada de CO₂ sob PC foi de 1,80 Mg C-CO₂ ha⁻¹, enquanto que sob PD a média foi de 1,96 Mg C-CO₂ ha⁻¹. O incremento de 9% verificado na emissão

de CO₂ do solo induzida pelo PC foi menor do que o incremento de 20% verificado por Pes et al. (2011) em um Latossolo. Segundo aqueles autores, em solos com elevados teores de óxidos de alumínio e ferro, a interação química é o principal mecanismo de estabilização do C no solo. Desta maneira, a taxa de mineralização do C é pouco afetada pela rompimento dos agregados de solo (proteção física).

Tabela 2 – Emissão acumulada de dióxido de carbono de um Nitossolo sob adubação orgânica e sistemas de preparo de solo.

Adubação	PC	PD	p
	Mg C-CO ₂ ha ⁻¹		
CTR	1,71±0,04 b**	1,63±0,04	0,5513
NMIN	1,94±0,00 b	1,80±0,12	0,3439
DLS	2,33±0,24 a	2,03±0,09	0,0533
BIOF	1,93±0,06 b	1,70±0,11	0,1248
COMP	1,87±0,07 b	1,82±0,06	0,7253
p	0,0054	0,0988	-

*Valor p do teste F (ANOVA). **Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste XXXX (p<0,05).

Os tratamentos de adubação não diferiram quantos a emissão de CO₂ do solo sob PD. No entanto, sob PC, o tratamento PC DLS apresentou maior emissão acumulada de CO₂ do solo do que os demais tratamentos. A maior quantidade de C biodegradável aportado ao solo, associado ao N contido no DLS estimulou a mineralização do C oriundo da palha de trigo, DLS e solo naquele tratamento (Denega, 2009).

O aumento nas taxas de mineralização do C do solo e palha de trigo induzida pelo preparo do solo foi limitado aos primeiros 20 dias após o preparo do solo, conforme indicado pela diferença nas taxas de emissão de C-CO₂ do solo entre os tratamentos PC CTR e PD CTR (**Figura 2a**). O aumento no fluxo de C-CO₂ do solo neste período deve-se a mineralização da palha de trigo incorporada ao solo e a mineralização do C protegido em agregados de solo e exposto à atividade microbiana sob PC. A taxa de decaimento ajustada para o fluxo de C-CO₂ induzido pelo preparo do solo foi de 0,1632 dia⁻¹, similar a taxa de 0,1843 dia⁻¹ observada por Pes et al. (2011).

Sob o mesmo sistema de preparo do solo, a adubação mineral (NMIN) também aumentou temporariamente as taxas de emissão de CO₂ do solo em relação aos tratamentos sem adubação (CTR). Na comparação dos tratamentos PD NMIN e PD CTR a taxa de decaimento das emissões de C-CO₂ do solo foi de 0,0506 dia⁻¹, enquanto que sob PC, esta taxa foi de 0,0612 dia⁻¹. Embora com comportamento similar, nota-se nestas taxas de decaimento o estímulo a mineralização de C pela

associação do PC com a adubação mineral nos primeiros 20 dias após a aplicação dos tratamentos.

A adubação com DLS também aumentou as taxas de emissão de C em relação aos tratamentos sem adubação (CTR), tanto sob PC quanto sob PD (**Figura 2b**). Neste caso, as taxas de decaimento ajustadas foram de 0,0720 e 0,0411 dia⁻¹, para o contraste entre os tratamentos PD DLS-PD CTR e PC DLS-PC CTR, respectivamente. Sob PC, os fluxos de C-CO₂ do solo foram maiores e decaíram mais lentamente do que sob PD. Estes resultados parecem indicar que além da mineralização do C rapidamente biodegradável oriundo do DLS e palha de trigo, houve um estímulo a mineralização do C do solo exposto à atividade microbiana pelo rompimento dos agregados de solo sob PC.

Comparando-se o tratamento BIOF e CTR, obteve-se resultados contrastantes quanto as taxas de mineralização de C sob PD e PC. A taxa de decaimento ajustada para o tratamento PD BIOF-PD CTR foi de 0,7753 dia⁻¹, enquanto que sob PC, a taxa ajustada foi de 0,0648 dia⁻¹. Sob PD, observou-se um aumento nas taxas de emissão de C-CO₂ do solo somente nos três primeiros dias após a aplicação do BIOF. O menor aporte de C biodegradável associado ao BIOF pode ter limitado a taxa de emissão de C-CO₂ do solo neste tratamento. Ainda, a elevada diluição do BIOF pode ter carregado o N aportado para longe da zona ativa de decomposição da palha de trigo, limitando o fluxo de C-CO₂ neste tratamento sob PD. No entanto, sob PC e com a palha de trigo incorporada ao solo, o tratamento BIOF teve comportamento similar ao observado nos tratamentos com adubação mineral (NMIN).

Já o tratamento COMP teve efeito limitado sobre as taxas de emissão de C-CO₂ do solo, tanto sob PD quanto sob PC. Em contraste com os tratamentos CTR, a taxa de decaimento das emissões de C-CO₂ do solo adubado com COMP foi de 0,0159 dia⁻¹ sob PD, enquanto que sob PC, não houve aumento nas taxas de emissão de C-CO₂ do solo, apesar do elevado aporte de C associado ao COMP neste tratamento. Estes resultados demonstram que a adubação com fertilizante orgânico com elevado conteúdo de C recalcitrante (composto orgânico) pode ser uma alternativa para o acúmulo de C no solo (Nicoloso, 2009).

CONCLUSÕES

O uso de DLS associado ao PC aumenta a emissão de CO₂ do solo.

O aumento das taxas de emissão de CO₂ do solo promovidas pelo PC é limitado até os 20 dias após o revolvimento do solo.

O uso do BIOF sob PD tem efeito limitado aos primeiros três dias após a aplicação sob a emissão de CO₂ do solo.

O uso de fertilizante orgânicos com elevado conteúdo de C recalcitrante (COMP) não aumenta a taxa de emissão de CO₂ do solo sob PD e tem efeito limitado sob PC, o que indica elevado potencial para acúmulo de C no solo.

REFERÊNCIAS

DENEGA, G.L. Emissão de óxido nitroso e dióxido de carbono após aplicação de dejetos de suínos e bovinos em um argissolo. PPG em Ciência do Solo (Dissertação de Mestrado), UFSM, 2009, 93p.

LA SCALA JR., N.; LOPES, A.; SPOKAS, K. et al. Short-term temporal changes of soil carbon losses after tillage described by a first-order decay model. *Soil Till. Res.*, 99: 108-118, 2008.

LAL, R. Depletion and restoration of carbon in the Pedosphere. *Pedologist* 53:19-32, 2010.

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

NICOLOSO, R.S. Estoques e mecanismos de estabilização do carbono orgânico do solo em agroecossistemas de clima temperado e sub-tropical. PPG em Engenharia Agrícola (Tese de Doutorado), UFSM, 2009, 125p.

NICOLOSO, R.S.; BAYER, C.; DENEGA, G.L. et al. Gas chromatography and photoacoustic spectroscopy for the assessment of soil greenhouse gases emissions. *Ci. Rural*, 43:262-269, 2013.

PES, L.Z.; AMADO, T.J.C.; LA SCALA JR., N. et al. The primary sources of carbon loss during the crop-establishment period in a subtropical Oxisol under contrasting tillage systems. *Soil Till. Res.*, 117:163-171, 2011.

SAS Institute. SAS/STAT®9.2: User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2009. 8444p.

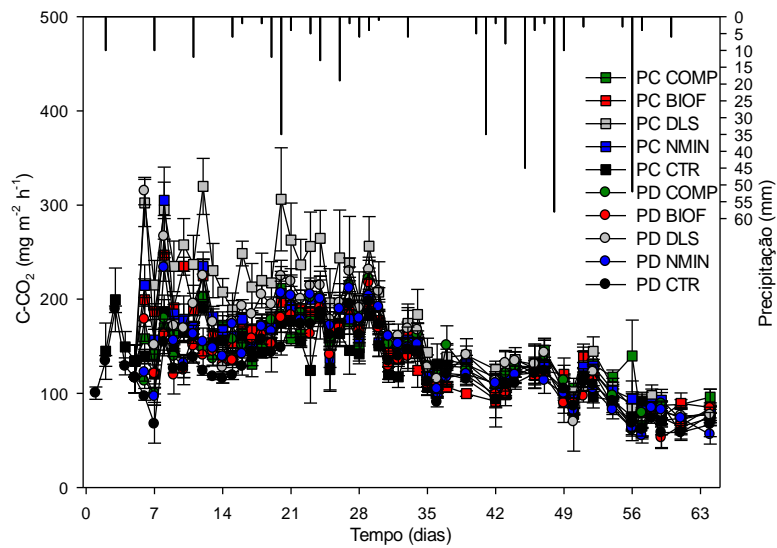


Figura 1 – Emissão diária de dióxido de carbono de um Nitossolo sob adubação orgânica e sistemas de preparo de solo. PC = preparo convencional; PD = plantio direto; CTR = controle sem adubação; NMIN = nitrogênio mineral (uréia); DLS = dejetos líquidos de suínos, BIOF = biofertilizante efluente de biodigestor; COMP = composto orgânico de dejetos de suínos.

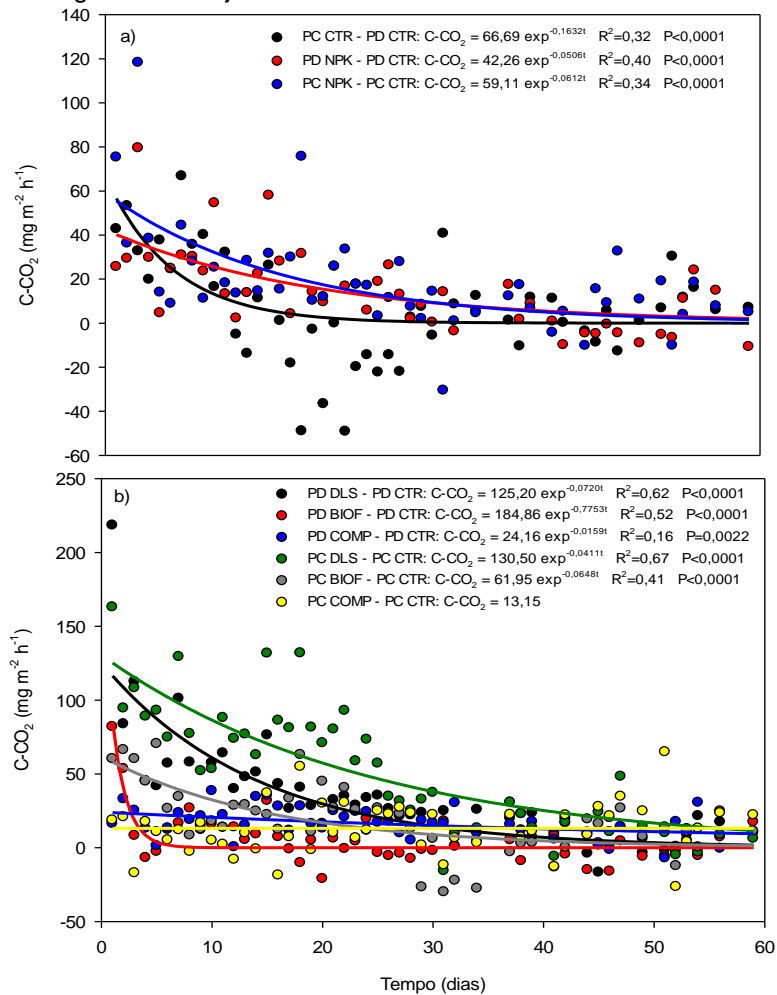


Figura 2 – Emissão de $C-CO_2$ de um Nitossolo induzida pela preparo do solo e adubação mineral (a) e por adubação orgânica (b) sob plantio direto (PD) e preparo convencional (PC) do solo. CTR = controle sem adubação; NMIN = nitrogênio mineral (uréia); DLS = dejetos líquidos de suínos, BIOF = biofertilizante efluente de biodigestor; COMP = composto orgânico de dejetos de suínos.