



## Efeito da Palha sobre a Emissão de CO<sub>2</sub> do Solo em Áreas de Cana-de-açúcar

*The effect of straw on soil CO<sub>2</sub> emission in sugarcane areas*

MOITINHO, Mara Regina<sup>1</sup>; BICALHO, Elton da Silva<sup>1</sup>; TEIXEIRA, Daniel De Bortoli<sup>1</sup>; PADOVAN, Milton Parron<sup>2</sup>; LA SCALA JR., Newton<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (FCAV-UNESP), Jaboticabal, SP, E-mail: maramoitinho@gmail.com; bicalho.elton@gmail.com; daniel.dbt@hotmail.com; lascala@fcav.unesp.br. <sup>2</sup>Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, E-mail: milton.padovan@embrapa.br

**Resumo:** Dentre as estratégias consideradas mais eficientes para redução das emissões de CO<sub>2</sub> do solo (FCO<sub>2</sub>) em áreas agrícolas, encontram-se a adoção de práticas de manejo mais adequadas do solo. Neste estudo objetivou-se caracterizar o processo de emissão de CO<sub>2</sub> do solo em áreas de cana-de-açúcar nos sistemas de colheita mecanizada crua e manual com queima, bem como investigar a relação entre a emissão e a temperatura e umidade do solo em ambos os sistemas. Para o estudo foram utilizadas duas áreas vizinhas, apresentando sistemas de manejo da cana-de-açúcar: cana crua com grande quantidade de resíduos da cultura deixados sobre a superfície do solo após a colheita mecanizada, e cana queimada com queima do canavial e colheita manual. A FCO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo foram conduzidas em 20 pontos amostrais em cada sistema, sendo determinadas em 9 dias de avaliações compreendidos em um período total de 28 dias. A FCO<sub>2</sub> no sistema de cana queimada (2,63 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) foi em média 37% superior à emissão no sistema de cana crua (1,92 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). A umidade do solo foi maior no sistema de cana crua (25,30%) diferindo da cana queimada (16,02%), efeito contrário foi observado para a temperatura do solo, sendo esta 2,5 °C mais elevada no sistema de cana queimada (21,54 °C) quando comparada à cana crua (19,08 °C). A FCO<sub>2</sub> foi correlacionada à umidade do solo, nos sistema de cana crua (R<sup>2</sup><sub>adj</sub> = 0,90; p<0,001) e cana queimada (R<sup>2</sup><sub>adj</sub> = 0,70; p<0,001).

**Palavras-chave:** respiração do solo, manejo da cana-de-açúcar, palha, temperatura, umidade.

**Abstract:** Among the strategies considered most effective in reducing soil CO<sub>2</sub> emissions (FCO<sub>2</sub>) in agricultural areas are the adoption of more appropriate soil management practices. This study aimed to characterize the soil CO<sub>2</sub> emission process in areas of sugarcane under the mechanized and manual harvest after burning systems, as well as investigate the relationship between FCO<sub>2</sub> and soil temperature and soil moisture. For the study, two neighboring areas were used with different sugarcane management systems: green harvest, with large amounts of crop residues left on the soil surface after mechanized harvest, and manual harvest after sugarcane burning. FCO<sub>2</sub>, soil temperature and soil moisture assessments were conducted in 20 sampling points at each system with 9 days of assessments over a total period of 28 days. The FCO<sub>2</sub> in the manual harvest system (2.63 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) was on average 37% higher than the emission observed in the green harvest system (1.92 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Soil moisture was higher in the green harvest system (25.30%), differing from the pre-harvest burning system (16.02%). On the other hand, soil temperature



showed values 2.5 °C higher in the pre-harvest burning system (21.54 °C) when compared to the green harvest (19.08 °C). FCO<sub>2</sub> was correlated with soil moisture in the systems green harvest ( $R^2_{adj} = 0.90$ ;  $p < 0.001$ ) and pre-harvest burning ( $R^2_{adj} = 0.70$ ;  $p < 0.001$ ).

**Keywords:** soil respiration, sugarcane management, straw, temperature, moisture.

## Introdução

No Brasil, a agricultura é apontada como uma grande fonte emissora de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, destacando-se, as mudanças do uso e manejo do solo com a conversão de vegetação natural para a agricultura e pecuária (CERRI et al., 2013). O país é o maior produtor mundial da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). A cultura da cana-de-açúcar, é a segunda cultura mais cultivada no país, atrás apenas da soja, destacando-se pelo alto seu potencial bioenergético. A área cultivada que será destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2015/2016 é estimada em 9.070,4 mil hectares, distribuídas em todos os estados produtores. O Estado de São Paulo é o maior produtor, respondendo por 51,7%, com 4.687,6 mil hectares de área plantada (CONAB, 2016).

Mudanças no sistema de manejo da cana-de-açúcar podem ter um significativo impacto nas emissões de gases de efeito estufa em áreas agrícolas. A queima dos canaviais previamente à operação de colheita manual da cultura ainda é uma prática adotada em várias regiões canavieiras do país, com o objetivo de diminuir a quantidade de palha e facilitar as operações de corte e o carregamento mecânico. Entretanto, essa prática causa grandes emissões dos principais gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub>), e de outras partículas nocivas para a atmosfera (CO e NO<sub>x</sub>) (LIMA, 1999). No Estado de São Paulo, a Lei 11.241, de 19/09/2002, regulamentada pelo Decreto Estadual 47.700, de 11/03/2003, estipulou um cronograma para a eliminação em 100% da queima nos canaviais, a partir do mesmo ano da criação da Lei, com prazo final em 2021 para áreas mecanizáveis e em 2031 para áreas não mecanizáveis.

Durante a queima da palha, 9 kg de CO<sub>2</sub> por tonelada de cana são emitidos para a atmosfera. Em contrapartida, na fotossíntese a cana-de-açúcar retira cerca 15 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectare (ANTUNES et al., 2010). A eficiência desta cultura na utilização e resgate do CO<sub>2</sub> atmosférico deve-se a seu metabolismo fotossintético C<sub>4</sub>, apresentando taxas fotossintéticas calculadas de até 100 mg de CO<sub>2</sub> fixado por dm<sup>2</sup> de área foliar por hora (CASTRO; CHRISTOFFOLETI, 2005). Em adição, o sistema aumenta sua eficiência se parte desse carbono fixado voltar ao solo por meio do aporte residual da cultura (RONQUIM, 2007).

Neste contexto, a conversão do sistema com queima para o sistema de colheita mecanizada (cana crua), torna-se tão importante quanto a própria expansão agrícola da cultura. O carbono que seria emitido imediatamente para a atmosfera durante a



queima do canavial permanece no sistema incorporado ao solo contribuindo para a mitigação do CO<sub>2</sub> atmosférico e redução da contribuição do setor agrícola para o efeito estufa adicional (GALDOS et al., 2009).

Embora o sistema agrícola possa contribuir para a mitigação do CO<sub>2</sub> atmosférico, os atributos do solo aliados às condições climáticas controlam o potencial de emissão de CO<sub>2</sub> dos solos agrícolas. Sabe-se que dentre os atributos do solo relacionados aos processos de produção e transporte do CO<sub>2</sub> do interior do solo à atmosfera, a temperatura e a umidade do solo estão diretamente envolvidas, controlando tais processos em intensidade e frequência (EPRON et al., 2006; LAL, 2009). Na etapa de transporte do gás, além do teor de umidade, a textura e a estrutura do solo apresentam grande influência (BALL; SIMTH, 1991; KANG et al., 2003).

Neste trabalho objetivou-se caracterizar o processo de emissão de CO<sub>2</sub> do solo em áreas de cana-de-açúcar nos sistemas de colheita mecanizada crua e queimada, bem como investigar a relação entre a emissão, a temperatura e a umidade do solo.

## **Metodologia**

O estudo foi conduzido em áreas agrícolas adjacentes destinadas à produção de cana-de-açúcar por mais de 35 anos. As áreas localizam-se nas coordenadas geográficas de 21°14'S e 48°05'O, no município de Barrinha, Estado de São Paulo, Brasil.

O solo das áreas é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (SANTOS et al., 2013), apresentando as seguintes texturas: 68%; 21% e 11% de argila, silte e areia, respectivamente, na camada de 0-0,20 m.

O relevo apresenta declividade menor que 0,5%. O clima local pode ser definido como B<sub>1r</sub>B'<sub>4a</sub>, Tipo Mesotérmico Úmido, com pequena deficiência hídrica, segundo a classificação de Thornthwaite, sendo a evapotranspiração de verão menor que 70% da evapotranspiração anual.

As áreas adjacentes apresentam distintos sistemas de manejo da cana-de-açúcar: cana crua (CC) com histórico de oito anos sem queima do canavial e grande quantidade de resíduos da cultura deixados sobre a superfície do solo após a colheita mecanizada (em média 13 t ha<sup>-1</sup>), e cana queimada (CQ) com histórico de cultivo de cana desde 1992, com queima do canavial e colheita manual.

As avaliações da temperatura e umidade do solo foram realizadas concomitantemente às avaliações da emissão de CO<sub>2</sub> do solo (FCO<sub>2</sub>), a qual foi avaliada em 20 pontos amostrais separados com distância mínima de 20 m. Nestes



locais foram instalados anéis de PVC (0,10 m de diâmetro) em cada um dos pontos a uma profundidade de 3 cm.

As avaliações foram feitas nos estágios iniciais do crescimento da cultura, com 9 coletas realizadas num período de 28 dias (25 e 27 de setembro de 2013 e, 01; 04; 09; 11; 15; 17 e 22 de outubro de 2013). Utilizando-se da denominação do dia Juliano, as datas das coletas correspondem aos dias 268, 270, 274, 277, 282, 284, 288, 290 e 295 de 2013.

Para as avaliações da emissão de CO<sub>2</sub> do solo foi utilizado o sistema portátil LI-COR, modelo LI-8100, que monitora as variações da concentração de CO<sub>2</sub> no interior da câmara de solos por meio de espectroscopia de absorção óptica na região espectral do infravermelho.

A câmara de solos é um sistema fechado com volume interno de 854,2 cm<sup>3</sup> e área de contato circular de 83,7 cm<sup>2</sup>, sendo acoplada sobre os colares de PVC que foram previamente inseridos no solo, tal procedimento decorre do fato que, a inserção direta da câmara sobre o solo pode causar distúrbios ocasionando emissões adicionais de CO<sub>2</sub> do solo.

A emissão de CO<sub>2</sub> do solo foi avaliada em cada ponto por um ajuste da concentração de CO<sub>2</sub> do ar dentro da câmara em função de uma regressão parabólica no tempo após o seu fechamento. O modo de medida para a determinação da emissão de CO<sub>2</sub> do solo levou 90 segundos em cada um dos pontos amostrais e a concentração de CO<sub>2</sub> dentro da câmara foi determinada a cada 2,5 segundos, aproximadamente.

A temperatura do solo (Ts) foi monitorada por meio de um sensor de temperatura integrante do sistema LI-8100. Este, consiste em uma haste de 0,20 m a qual é inserida no solo a uma distância de 10 cm dos pontos de avaliação da FCO<sub>2</sub>.

Da mesma forma, a umidade do solo (Us) foi registrada utilizando-se um aparelho TDR – Time Domain Reflectometry (Hydrosense TM, Campbell Scientific, Austrália), constituído por uma sonda com duas hastes de 12 cm as quais são inseridas no solo, também distanciadas à 10 cm dos colares de PVC. O valor da umidade do solo é derivado a partir do tempo que a corrente elétrica leva para percorrer a distância de 32 mm de uma haste a outra.

O trabalho seguiu um delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo as observações repetidas ao longo do tempo. Inicialmente, foi realizado o teste de esfericidade da matriz de variâncias e covariâncias entre tempos. A hipótese de esfericidade das matrizes de variância e covariância não foi rejeitada para todas as variáveis estudadas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias diárias das variáveis foi realizada pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% de probabilidade. As análises de variância e de regressão entre as variáveis foram realizadas utilizando o programa SAS (SAS versão 9, SAS institute, Cary, NC, USA).

## Resultados e discussões

A análise de variância de medidas repetidas no tempo para FCO<sub>2</sub> não indicou significância (F=0,74; p=0,6642) para a interação entre os sistemas de manejo e o tempo (dias de avaliação). Portanto, a FCO<sub>2</sub> apresentou padrão similar de variabilidade temporal quando os sistemas CC e CQ são comparados. Contudo houve diferença significativa entre as emissões dos sistemas de manejo (F=45,58; p<0,0001) e entre os dias avaliados (F=9,94; p<0,0001).

O manejo CQ apresentou maior emissão média (2,63  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), 37% superior à emissão observada no manejo de CC (1,92  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (Tabela 1). Entretanto, tanto no manejo CC quando no CQ é possível observar valores mais elevados da FCO<sub>2</sub> entre os dias 277 a 284 e uma queda a partir do dia 288 que se seguiu até o final do experimento (Tabela 1).

**Tabela 1.** Desdobramento da interação entre os sistemas de manejo e o tempo (dias) para emissão de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo.

Dias Julianos	Emissão de CO <sub>2</sub> do solo ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )			Temperatura do solo (°C)			Umidade do solo (%)		
	CC	CQ	Média	CC	CQ	Média	CC	CQ	Média
268	1,79	2,73	2,26 bc	19,31 Bbc	22,40 Aa	20,86	19,95	10,85	15,4 e
270	1,64	1,83	1,74 c	18,50 Bc	22,00 Aab	20,25	18,80	10,70	14,7 e
274	1,59	1,92	1,75 c	20,34 Ba	22,80 Aa	21,57	20,65	11,50	16,0 de
277	2,88	3,98	3,43 a	18,80 Bc	20,64 Acd	19,72	32,20	23,20	27,7 a
282	2,63	3,24	2,93 ab	18,95 Bbc	20,40 Ad	19,68	31,80	21,35	26,5 a
284	1,97	3,08	2,53 bc	18,68 Bc	21,40 Abc	20,04	30,15	20,35	25,2 a
288	1,61	2,27	1,94 c	18,84 Bc	21,50 Ab	20,17	27,35	16,80	22,0 b
290	1,78	2,46	2,11 bc	19,71 Bab	22,40 Aa	21,06	22,70	13,90	18,30 cd
295	1,46	2,20	1,83 c	18,68 Bc	20,10 Ad	19,39	24,10	15,50	19,8 bc
Média	1,92 B	2,63 A		19,08	21,54		25,3 A	16,0 B	

N = 20. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Diversos estudos realizados em curtos períodos em áreas de cana-de-açúcar têm reportado menores valores de FCO<sub>2</sub> em áreas de cana crua, principalmente em virtude da cobertura vegetal remanescente após a colheita da cultura (LA SCALA et al., 2006; PANOSSO et al., 2011; SILVA-OLAYA et al., 2013).

Em adição, estudos realizados a longo prazo estimam que a manutenção em torno de 15 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de massa seca dos resíduos da cana-de-açúcar resultam em



acúmulo de carbono nas camadas mais superficiais do solo (RAZAFIMBELO et al., 2006; GALDOS et al., 2009; CANELLAS et al., 2010; CERRI et al., 2013). Além de favorecer certos atributos do solo, como, por exemplo, redução da temperatura e manutenção do teor de água do solo, uma vez que, os resíduos proporcionam um isolamento térmico (USSIRI; LAL, 2009).

Para a Us, a análise de medidas repetidas no tempo não indicou significância da interação entre os fatores sistema de manejo e tempo ( $F=0,52$ ;  $p=0,8461$ ) (Tabela 1). Entretanto, foram observados valores significativos para os sistemas de manejo ( $F=587,40$ ;  $p<0,0001$ ) e o tempo de avaliação ( $F=73,13$   $p<0,0001$ ). A Ts foi a única das variáveis que apresentou efeito significativo para a interação entre os sistemas de manejos e o tempo ( $F=7,14$ ;  $p<0,0001$ ). Portanto, a temperatura do solo não apresentou o mesmo padrão de variabilidade temporal quando os dois sistemas de manejo são comparados (Tabela 1).

A Us média foi superior na área de cana crua (25,30%) diferindo significativamente da área de cana queimada (16,02%). Por outro lado, para a Ts os valores médios ao longo do tempo foram de 19,08 °C para a área de cana crua e 21,54 °C para a área de cana queimada (Tabela 1).

Semelhante à  $FCO_2$ , em todos os dias avaliados os menores valores da Ts foram observados na área de cana crua (Tabela 1), variando de 18,5 °C (dia 270) a 19,7 °C (dia 290), apresentando assim uma variação média de 1,2 °C ao longo do período. Em relação a Ts no sistema de cana queimada esta variou de 20,1 °C (dia 295) a 22,8 °C (dia 274), apresentando variação média de 2,7 °C neste sistema de colheita. Além deste efeito sobre a Ts, a palha na superfície preserva a umidade do solo, conforme observado por meio dos elevados valores observados para Us na área de cana crua quando comparado a cana queimada, principalmente após as precipitações ocorridas nos dias 277 a 284 e, se mantendo elevadas até o final do experimento.

Durante o experimento a Us variou de 18,80% a 32,20% nos dias 270 e 277 respectivamente, no manejo de cana crua. Na área de cana queimada a variação de Us nesse período foi de 10,70% a 23,20%. Quando observado o valor médio ao longo dos dias avaliados, a Us foi 58% maior na área de cana crua (25,30%) em relação à área de cana queimada (16,00%) (Tabela 1).

Nota-se também, similaridades nos padrões de variabilidade temporal da  $FCO_2$  e da Us (Tabela 1), indicando uma possível relação entre as variáveis. Para testar esta hipótese foi realizada a análise de regressão (Tabela 2), na qual constatou-se que a  $FCO_2$  está associada à Us tanto no manejo de cana crua ( $R^2_{adj}=0,85$ ;  $p<0,01$ ) quanto no manejo de cana queimada ( $R^2_{adj}=0,79$ ;  $p<0,05$ ).

**Tabela 2.** Parâmetros da regressão quadrática entre a emissão de CO<sub>2</sub> (FCO<sub>2</sub>) e umidade do solo (Us) para ambos os manejos.

Manejos	Regressão quadrática FCO <sub>2</sub> = a + b1 × Us + b2 × Us**2				
	A	b1	b2	#R <sup>2</sup>	p
Cana crua	10,23±2,62	-0,75±0,21	0,02±0002	0,85	0,001
Cana queimada	4,98±1,90	-0,44±0,24	0,02±0,01	0,79	0,042

#R<sup>2</sup> ajustado.

Na área de cana crua o modelo quadrático ajustado explicou 85% da variabilidade temporal da FCO<sub>2</sub>, enquanto na área de cana queimada o modelo ajustado foi capaz de explicar 79% da variabilidade da FCO<sub>2</sub>, indicando que ao longo do tempo, a FCO<sub>2</sub> foi controlada pela variação do conteúdo de água do solo, sugerindo uma não limitação da atividade microbiana por falta de oxigênio durante o experimento, nesses sistemas de colheita.

Por outro lado, não foram encontrados modelos lineares e quadráticos significativos (p>0,05) entre a FCO<sub>2</sub> e a Ts, para os sistemas avaliados, possivelmente devido à baixa variação de Ts ao longo do experimento, conforme observado pelo coeficiente de variação (CV = 5,5 e 5,8).

Dependendo da quantidade e da distribuição da cobertura vegetal no solo, a temperatura da superfície pode ser reduzida em até 4 °C; e, com uma cobertura de aproximadamente 70%, a taxa de evaporação do solo se reduz para cerca de 25% (TOMINAGA et al., 2002). Quando comparada com a temperatura ambiente a temperatura superficial do solo abaixo da palhada diminui até 5 °C (ABRAMO FILHO et al., 1993). A temperatura do solo apresenta variações diárias e sazonais, com marcada influência nos horizontes superficiais, ou seja, na região onde concentra-se a maior taxa de atividade microbiana.

Assim, a temperatura do solo é um dos fatores mais importantes no processo de emissão de CO<sub>2</sub> do solo, durante e entre os dias, pois seu incremento acelera a decomposição da matéria orgânica, a atividade microbiana e das raízes (SILVA-OLAYA et al., 2013) influenciando, portanto na FCO<sub>2</sub>, que responde linearmente a elevações na temperatura do solo (ACRECHE et al., 2013; KARHU et al., 2014).

Embora neste estudo a FCO<sub>2</sub> não foi correlacionada temporalmente à temperatura do solo, vários outros autores, têm observado a existência de uma estreita correlação entre a atividade biológica medida pela respiração ou liberação de CO<sub>2</sub> e a temperatura do solo medida “*in situ*” (TSAI et al., 1992; LICHT; AL-KAISI, 2005; USSIRI; LAL, 2009). Fang e Moncrieff (2001) observaram que a respiração do solo foi intensificada quando a Ts apresentava valores até 32 °C com a temperatura ambiente próxima de 40 °C, enquanto em temperaturas mais elevadas a respiração era reduzida.

O conteúdo de umidade presente no solo também é outro fator de suma importância quando da avaliação da FCO<sub>2</sub>. A umidade do solo governa os processos de produção (EPRON et al., 2006; CARBONELL-BOJOLLO et al., 2012), transporte (BALL; SIMTH, 1991; KANG et al., 2003) e emissão de CO<sub>2</sub> do solo para a atmosfera (LINN; DORAN, 1984; LA SCALA et al., 2006; SCHWARTZ et al., 2010). Dependendo do seu conteúdo tais processos podem ser favorecidos ou inibidos, uma vez que afeta a atividade microbiana e a difusão de gases. Esses efeitos são decorrentes principalmente da interação do conteúdo de umidade e do espaço poroso do solo (ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ et al., 2008).

A aeração e a umidade estão inversamente relacionadas, pelo movimento de substituição do ar e da água (LINN; DORAN, 1984). As alterações na constituição do ar do solo governam o crescimento e a atividade da microbiota, uma vez que o CO<sub>2</sub> e o O<sub>2</sub> são necessários ao seu crescimento (TSAI et al., 1992).

No presente estudo, elevações no teor de umidade do solo favoreceram aumentos na FCO<sub>2</sub> em ambos os manejos avaliados. Contudo, o manejo onde os resíduos são mantidos sobre a superfície do solo apresentou os valores mais elevados em relação ao conteúdo de umidade presente no solo, além do fato que, os valores assim se mantiveram até o final do experimento. Outros autores também observaram correlação positiva entre a emissão de CO<sub>2</sub> e a umidade do solo (LA SCALA et al., 2006; PANOSSO et al., 2011; CARBONELL-BOJOLLO et al., 2012; VARGAS et al., 2014; MOITINHO et al., 2015).

## Conclusões

O sistema de manejo em áreas de cana-de-açúcar com colheita da cana crua mantendo a palha residual sobre o solo sem preparo contribui para a menor emissão de CO<sub>2</sub> do solo, favorecendo maior teor de umidade e consequente redução da temperatura do solo.

Estratégias que visam reduzir a emissão de gases de efeito estufa na agricultura, a exemplo do manejo mais conservacionista do solo em áreas de cana-de-açúcar proporcionam menores emissões de CO<sub>2</sub> do solo sendo indispensáveis para mitigar os efeitos do aquecimento global.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (UNESP, Câmpus de Jaboticabal), à Fundação de Apoio à Pesquisa Estado de São Paulo (FAPESP – Processo 2014/03634-3) pelo apoio financeiro e ao Grupo São Martinho pela disponibilização da área para o nosso estudo.



## Referências bibliográficas

ABRAMO FILHO, J.; MATSUOKA, S.; SPERANDIO, M. L.; RODRIGUES, R. C. D.; MARCHETTI, L. L. Resíduo da colheita mecanizada de cana crua. **Álcool & Açúcar**, n. 67, p. 23–25, 1993.

ACRECHE, M. M.; PORTOCARRERO, R.; CHALCO VERA, J.; DANERT, C.; VALEIRO, A. H. Greenhouse gas emissions from green-harvested sugarcane with and without post-harvest burning in Tucumán. **Sugar Tech**, v. 16, n. 2, p. 195–199, 2014.

ANTUNES, J. F. G.; AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M. Impactos ambientais das queimadas de cana-de-açúcar. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, p. 1-8, 2010.

BALL, B. C.; SMITH, K. A. Gas movement. In: SMITH, K.; MULLINS, C. (Eds.). **Soil analysis: physical methods**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 511–549.

CANELLAS, L. P.; BUSATO, J. G.; DOBBS, L. B.; BALDOTTO, M. A.; RUMJANEK, V. M.; OLIVARES, F. L. Soil organic matter and nutrient pools under long-term non-burning management of sugar cane. **European Journal of Soil Science**, v. 61, n. 3, p. 375–383, 2010.

CARBONELL-BOJOLLO, R. M.; REPULLO-RUIBÉRRIZ, M. A.; RODRÍGUEZ-LIZANA, A.; ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ, R. Influence of soil and climate conditions on CO<sub>2</sub> emissions from agricultural Soils. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 223, n. 6, p. 3425–3435, 2012.

CASTRO, P. R. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A. F. **Cigarrinhas da cana-de-açúcar: Controle biológico**. 1. ed. Maceió: Insecta, 2005. p. 3-48.

CERRI, C. E. P.; GALDOS, M. V.; CARVALHO, J. L. N.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Quantifying soil carbon stocks and greenhouse gas fluxes in the sugarcane agrosystem: point of view. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 5, p. 361–366, 2013.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, 2016/17**. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Conab. Disponível: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_04\\_13\\_09\\_39\\_02\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_1o\\_lev\\_-\\_15-16.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_09_39_02_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_15-16.pdf)>. Acesso em: 07 jul. 2016.



EPRON, D.; BOSCH, A.; BONAL, D.; FREYCON, V. Spatial variation of soil respiration across a topographic gradient in a tropical rain forest in French Guiana. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, n. 5, p. 565–574, 2006.

GALDOS, M. V.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. **Geoderma**, v. 153, p. 347–352, 2009.

KANG, S.; DOH, S.; LEE, D.; LEE, D.; JIN, V. L.; KIMBALL, J. Topographic and climatic controls on soil respiration in six temperate mixed-hardwood forest slopes, Korea. **Global Change Biology**, v. 9, p. 1427–1437, 2003.

KARHU, K.; AUFFRET, M. D.; DUNGAIT, J. A. J.; HOPKINS, D. W.; PROSSER, J. I.; SINGH, B. K.; SUBKE, J.; WOOKEY, P. A.; ÅGREN, G. I.; SEBASTIA, M.; GOURIVEAU, F.; BERGKVIST, G.; MEIR, P.; NOTTINGHAM, A. T.; SALINAS, N.; HARTLEY, I. P. Temperature sensitivity of soil respiration rates enhanced by microbial community response. **Nature**, v. 513, p. 81–84, 2014.

LA SCALA, N.; BOLONHEZI, D.; PEREIRA, G. T. Short-term soil CO<sub>2</sub> emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 91, n. 1–2, p. 244–248, 2006.

LAL, R. Challenges and opportunities in soil organic matter research. **European Journal of Soil Science**, v. 60, n. 2, p. 158–169, 2009.

LICHT, M. A.; AL-KAISI, M. Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. **Soil & Tillage Research**, v. 80, p. 233–249, 2005.

LIMA, M. A.; LIGO, M. A.; CABRAL, M. R.; BOEIRA, R. C.; PESSOA, M. C. P. Y.; NEVES, M. C. **Emissão de gases do efeito estufa provenientes da queima de resíduos agrícolas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 60 p. (Documentos, 7).

LINN, D. M.; DORAN, J. W. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils. **Soil Science Society of American Journal**, v. 48, n. 6, p. 1267–1272, 1984.

MOITINHO, M. R.; PADOVAN, M. P.; PANOSSO, A. R.; TEIXEIRA, D. D. B.; FERRAUDO, A. S.; LA SCALA, N. On the spatial and temporal dependence of CO<sub>2</sub> emission on soil properties in sugarcane (*Saccharum* spp.) production. **Soil & Tillage Research**, v. 148, p. 127–132, 2015.

ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ, R.; CARBONELL BOJOLLO, R.; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, P.; PEREA TORRES, F. Influencia de la climatología y el manejo del



suelo en las emisiones de CO<sub>2</sub> en un suelo arcilloso de la vega de Carmona. **Carell**, 6:2339-2354, 2008.

PANOSSO, A. R.; MARQUES JR., J.; MILORI, D. M. B. P.; FERRAUDO, A. S.; BARBIERI, D. M.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA, N. Soil CO<sub>2</sub> emission and its relation to soil properties in sugarcane areas under Slash-and-burn and Green harvest. **Soil & Tillage Research**, v. 111, n. 2, p. 190–196, 2011.

RAZAFIMBELO, T.; BARTHÈS, B.; LARRE´-LARROUY, M. C.; DE LUCA, E. F.; LAURENT, J. Y.; CERRI, C. C.; FELLER, C. Effect of sugarcane residue management (mulching versus burning) on organic matter in a clayey Oxisol from southern Brazil. **Agriculture Ecosystems Environment**, v. 115, n. 1–4, p. 285–289, 2006.

RONQUIM, C. C. **Dinâmica espaço temporal do carbono aprisionado na fitomassa dos agroecossistemas no nordeste do Estado de São Paulo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2007, 52 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SCHWARTZ, R. C.; BAUMHARDT, R. L.; EVETT, S. R. Tillage effects on soil water redistribution and bare soil evaporation throughout a season. **Soil & Tillage Research**, v. 110; p. 221–229, 2010.

SILVA-OLAYA, A. M.; CERRI, C. E. P.; LA SCALA JR., N.; DIAS, C. T. S.; CERRI, C. C. Carbon dioxide emissions under different soil tillage systems in mechanically harvested sugarcane. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 1, p. 1–8, 2013.

TOMINAGA, T. T.; CÁSSARO, F. A. M.; BACCHI, O. O. S.; REICHARDT, K.; OLIVEIRA, J. C. M.; TIMM, L. C. Variability of soil water content and bulk density in a sugarcane field. **Australian Journal of Soil Research**, v. 40, n. 4, p. 605–614, 2002.

TSAI, S. M.; BARAIBAR, A. V. L.; ROMANI, V. L. M. Efeitos de fatores físicos e químicos sobre os microrganismos do solo umidade e aeração. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Eds.). **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p. 60–89.

USSIRI, A. N.; LAL, R. Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio. **Soil & Tillage Research**, v. 104, n. 1, p. 39–47. 2009.



- 2º Seminário de Agroecologia da América do Sul
- 1ª Jornada Internacional de Educação do Campo
- 6º Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do Sul
- 5º Encontro de Produtores Agroecológicos de Mato Grosso do Sul
- 2º Seminário de Sistemas Agroflorestais em Bases Agroecológicas de Mato Grosso do Sul

VARGAS, V. P.; CANTARELLA, H.; MARTINS, A. A.; SOARES, J. R.; CARMO, J. B.; ANDRADE, C. A. Sugarcane crop residue increases N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> emissions under high soil moisture conditions. **Sugar Tech**, v. 16, n. 2, p. 174–179, 2014.