

CORRELAÇÃO DE DIFERENTES VARIÁVEIS COM FLUXO DE CO₂ EM SOLO IRRIGADO COM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO

Aline Azevedo Nazário¹; Eduardo Augusto Agnellos Barbosa²; Ivo Zution Gonçalves³,
Leonardo Nazário Silva dos Santos⁴; Edson Eiji Matsura⁵

¹Prof. DSc. no Centro Universitário Adventista de São Paulo / Pós-doutoranda FEAGRI/UNICAMP - aline.a.n@hotmail.com

²Prof. DSc. na Universidade Federal de Ponta Grossa - eduardo.agnellos@gmail.com

³Post Doctoral Research Associate of Water for Food. University Nebraska; ivo.zution@gmail.com

⁴Prof. DSc. No Instituto Federal Goiano; nazarioss.leonardo@gmail.com

⁵Prof. DSc. na Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, matsura@feagri.unicamp.br

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: Objetivou-se avaliar a correlação entre as variáveis: Temperatura do solo, Temperatura do ar, pressão atmosférica e umidade do solo com a emissão de carbono do solo submetido à aplicação de esgoto doméstico tratado e água de reservatório por gotejamento subsuperficial na 2ª soca de cultivo da cana-de-açúcar. Os tratamentos foram distribuídos de acordo com o tipo de água a ser utilizada na irrigação (água de reservatório superficial - ARS ou de esgoto doméstico tratado - EDT), e a profundidade de instalação do sistema de irrigação subsuperficial (0,2 ou 0,4 m de profundidade). O fluxo C-CO₂ do solo foi determinada por analisador de gás no infravermelho (IRGA). A análise conjunta do fluxo de CO₂ do solo com a temperatura do solo e do ar, umidade do solo e pressão atmosférica, revelou que não houve diferenças rigorosas no nível de dependência do FCO₂ em relação aos fatores estudados. Neste sentido, o uso da irrigação com EDT e ARS mostrou relação positiva para o balanço de carbono no solo, portanto, o uso de EDT pode ser uma fonte hídrica e um recurso ao uso dos nutrientes presentes nesta qualidade de água.

PALAVRAS-CHAVE: Água residuária; Efeito estufa; Cana-de-açúcar.

CORRELATION OF DIFFERENT VARIABLES WITH CO₂ FLOW IN SOIL IRRIGATED WITH TREATED DOMESTIC SEWAGE

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the correlation between the following variables: Soil temperature, air temperature, atmospheric pressure and soil moisture with soil carbon emission from the treated sewage and surface water from drip cultivation of sugarcane. The treatments were distributed according to the type of water to be used in the irrigation (surface reservoir water - SRW or treated domestic sewage - TDS), and the depth of installation of the subsurface irrigation system (0.2 or 0.4 m depth). The C-CO₂ flux of the soil was determined by infrared gas analyzer (IRGA). The joint analysis of soil CO₂ flux with soil and air temperature, soil moisture and atmospheric pressure, revealed that there were no strict differences in the level of FCO₂ dependence in relation to the factors studied. In this sense, the use of irrigation with TSD and SRW showed a positive relation to the carbon

balance in the soil, therefore, the use of TSD can be a water source and a resource to the use of the nutrients present in this water quality.

KEYWORDS: Wastewater; Greenhouse effect; Sugar cane.

INTRODUÇÃO

A produção de cana-de-açúcar tem se expandido nos últimos anos, estimulada principalmente pelo incentivo ao consumo de combustíveis menos poluentes como o álcool, produção de bioenergia e, conseqüentemente, redução da poluição atmosférica.

No sistema de produção, o manejo da colheita da cana crua é o método adotado em várias regiões produtoras, visando reduções das emissões de gases do efeito estufa, por meio da eliminação das queimadas e do acréscimo de carbono e manutenção de matéria orgânica e microrganismos ao solo pela manutenção da palhada sobre o solo.

Estimativas têm apontado que a respiração do solo emite 75 bilhões de toneladas de carbono no mundo por ano e a atividade agrícola é a segunda maior fonte de emissão de CO₂ para a atmosfera, sendo responsável por 20% das emissões totais de CO₂ e no Brasil por 75% da emissão de CO₂ (IPCC, 2013). Nos últimos 11 anos a produção nacional de cana-de-açúcar duplicou, porém, o aumento foi devido à expansão das áreas de cultivo, pois a produtividade permaneceu estável neste período, que é atualmente de 74 Mg ha⁻¹.

O aumento da produtividade de cana-de-açúcar pode ser obtido com o uso da irrigação. Barbosa et al. (2012) alcançaram produtividades acima de 200 Mg ha⁻¹, quando empregaram a irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS) na cana-de-açúcar. Na IGS a água é aplicada diretamente na zona radicular, proporcionando economia de água e apresenta elevada uniformidade de aplicação, beneficiando o uso da fertirrigação e águas residuárias, como o esgoto doméstico tratado.

Considerando que grande parte da área de cultivo de cana-de-açúcar é de sequeiro, o manejo irrigado representa uma prática promissora. Dessa forma, a prática da irrigação evitaria os efeitos da distribuição sazonal das chuvas, garantindo elevada produtividade por hectare. Entretanto, conflitos pelos usos múltiplos da água são cada vez mais evidentes, até mesmo em regiões com considerável disponibilidade hídrica, como o Sudeste do Brasil e para um setor, como o agrícola, em que o consumo de água atinge valores próximos a 70% de toda água utilizada pela sociedade (FAO, 2013), logo, a busca por métodos de irrigação eficientes no uso da água, juntamente com a utilização de fontes alternativas, como o efluente de esgoto doméstico tratado (EDT), será fundamental para o desenvolvimento sustentável da agricultura.

O processo de conversão de florestas em áreas agrícolas é responsável por 10 a 30% das emissões de CO₂ para atmosfera (IPCC, 2013). Essa emissão é resultado de processos físicos e biológicos, que interferem na produção e transporte de CO₂ do solo para atmosfera, sendo que sua variação pode ocorrer no tempo e no espaço dependendo das condições edafoclimáticas e de manejo agrícola (PANOSSO et al., 2009). O CO₂ emitido pelo solo é produzido pela respiração das raízes das plantas e pela ação dos microrganismos durante o processo de decomposição da matéria orgânica do solo (BRITO et al., 2009).

Em trabalho de Vargas et al. (2013) sobre emissões de N₂O e CO₂ sobre solo coberto com palhada e diferentes concentrações de umidade os autores observaram que a emissão de CO₂ foi linearmente estimulado com o aumento da umidade do solo, independentemente da aplicação de resíduo (palha) da colheita. No entanto, a taxa de emissão de CO₂ foi maior com o resíduo, mostrando que os efeitos do resíduo da cultura sobre as emissões de gases de efeito estufa são acentuados em períodos com alta umidade do solo.

Portanto, associar altas produtividades e manejo agrícola leva a preocupação com o aumento da concentração dos GEE na atmosfera, nesse sentido estudar as atividades agrícolas como fontes de emissão de CO₂ têm exigido pesquisas com maior precisão para as estimativas realizadas a campo, e o aparelho LI-COR (LI-8100A), tem obtido adequada sensibilidade de detecção de emissão de CO₂ do solo (JENSEN et al., 1996) e, também apropriada correlação em função da influência da câmara sobre fatores como temperatura do ar e do solo, umidade do solo (LA SCALA et al., 2001).

Sabendo-se que no funcionamento do ecossistema, o solo pode atuar tanto como emissor de CO₂ ou como sequestrador, dependendo do manejo aplicado e a fim de assegurar as medições de emissão de CO₂ o objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento do fluxo de CO₂ do solo com a temperatura do solo e do ar, umidade do solo e pressão atmosférica em função da correlação entre os parâmetros.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas - FEAGRI / UNICAMP, com Latitude de 22°53'S e Longitude de 47°05'W e altitude média de 664 m. O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico (SANTOS et al. 2006). O clima, segundo a classificação de Köppen, é uma transição entre Cwa e Cfa, isto é, subtropical de altitude, seco no inverno e chuvoso e quente no verão, com precipitação média anual em torno de 1425 mm, temperatura média anual de 22,4°C e umidade relativa do ar de 62%.

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB86-7515. O experimento teve como base um conjunto de tratamentos em delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 2 + 1 (duas profundidades de instalação da fita gotejadora; duas qualidades de água e a testemunha sem irrigação). Os tratamentos foram distribuídos da seguinte maneira: SI - Sem irrigação; E20 - Esgoto doméstico tratado aplicado a 0,20 m; E40 - Esgoto doméstico tratado aplicado a 0,40 m; A20 - água de reservatório superficial aplicado a 0,20 m; A40 - água de reservatório superficial aplicado a 0,40 m.

Para o manejo da irrigação foi utilizado balanço de água no solo através do monitoramento do seu teor através da técnica do TDR (Reflectometria no domínio do tempo) calibrado com as características do solo (SOUZA et al. 2001).

Para determinação do fluxo de carbono (FCO₂) na superfície do solo (outubro/2013 – setembro/2014) ao longo do ciclo de cultivo, foram realizadas duas coletas, a cada 15 dias (FIGURA 1) utilizando a metodologia de avaliação da respiração microbiana realizada diretamente em campo. O método baseia-se na leitura da emissão de CO₂ liberado pelo solo em determinada faixa de tempo, realizada com um analisador de gás por infravermelho portátil.

A câmara do equipamento apresenta volume interno de 835,2 cm³ com área de contato de 78,5cm³. As câmaras foram sobrepostas em tubos de PVC com 5 cm de altura, em forma de colares, previamente inseridos no solo a uma profundidade de 2 cm, desta forma 3 cm ficaram expostos para acoplamento da câmara do IRGA. Os colares de PVC foram inseridos na menor entrelinha de plantio (0,40 m), com 2 câmaras por parcela experimental.

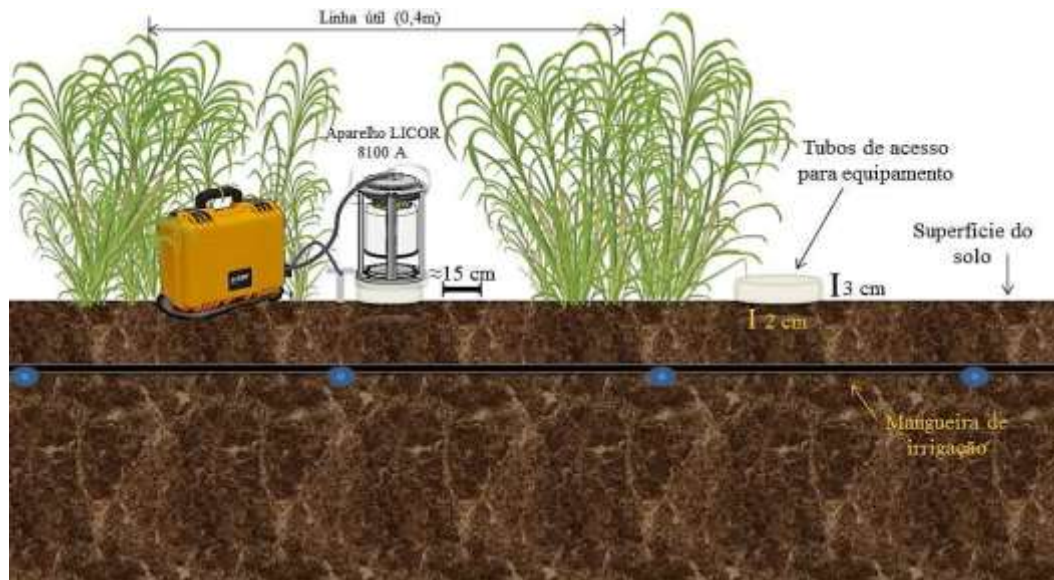


FIGURA 1. Detalhe do equipamento e metodologia para determinação da emissão de CO₂ em cultivo de cana-de-açúcar.

Neste sistema, o equipamento realiza o ajuste da pressão dentro da câmara, evitando a influência da pressão no aumento da concentração de CO₂ no interior desta, e consequentemente, evitando valores superestimados de influxo deste gás. Outras interferências como a presença do vapor de água dentro da câmara, também são contabilizados para medida de fluxo do CO₂, o que aumenta ainda mais a sensibilidade e precisão do aparelho. No momento de cada leitura também foi medido a temperatura do solo, sensor este já acoplado ao LICOR, umidade do solo (EMBRAPA, 2006) e pressão atmosférica, dados fornecidos pela estação meteorológica do Cepagri/Embrapa. O conjunto de dados foi analisado independente dos tratamentos estudados, o que permitiu trabalhar com conjunto maior de observações, justifica-se o uso dos dados independente dos tratamentos, pois em análise prévia para cada tratamento a correlação permaneceu como apresentado para conjunto total dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que se refere ao fluxo de CO₂ emitido não houve correlação significativa ($r = 0,011$) para umidade do solo (FIGURA 2), os parâmetros de temperatura do ar ($r = 0,33$) (FIGURA 3) e temperatura do solo ($r = 0,29$) (FIGURA 4) há correlação positiva (muito fraca) e significativa para emissão de CO₂ e para pressão atmosférica (FIGURA 5) ocorreu correlação negativa moderada ($r = -0,40$) e significativa para emissão de CO₂. Para Sotta (1998) e Schwendenmann et al., (2003), a taxa de transferência de CO₂ (emissão de CO₂ para a atmosfera por intermédio do solo, microrganismos, fauna e processos químicos) é controlada por: taxa de produção no solo, gradientes de temperatura no solo e na atmosfera; concentração na interface solo-atmosfera, propriedades físicas do solo, e flutuações da pressão atmosférica do ambiente que está sendo analisado, além da quantidade e qualidade da serapilheira, sendo que a composição química do material residual adicionado ou da matéria orgânica do solo também afetam as taxa de produção de CO₂.

A não correlação de dados de umidade de solo com FCO₂ também foi encontrada por D'Andrea et. al, (2010), em pesquisa desenvolvida em área de mata nativa LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico. Já em trabalho de Jabro et al. (2008), verificaram que a respiração do solo mostra relação linear com a umidade do solo e atribuiu efeito que o teor de umidade do solo adequada estimula a atividade microbiana e a respiração das raízes, assim, a

emissão de CO₂ da superfície do solo foi aumentada. Em termos de valores absolutos a umidade sofreu variação 11,39 – 34,70%, valores estes dentro das médias encontrados em pesquisa de Tavares et. al (2015) para cana queimada (11,5%), cana crua 5 anos (24,5%) e cana crua 10 anos (20,3%), onde a umidade afetou a emissão de CO₂ indiretamente.

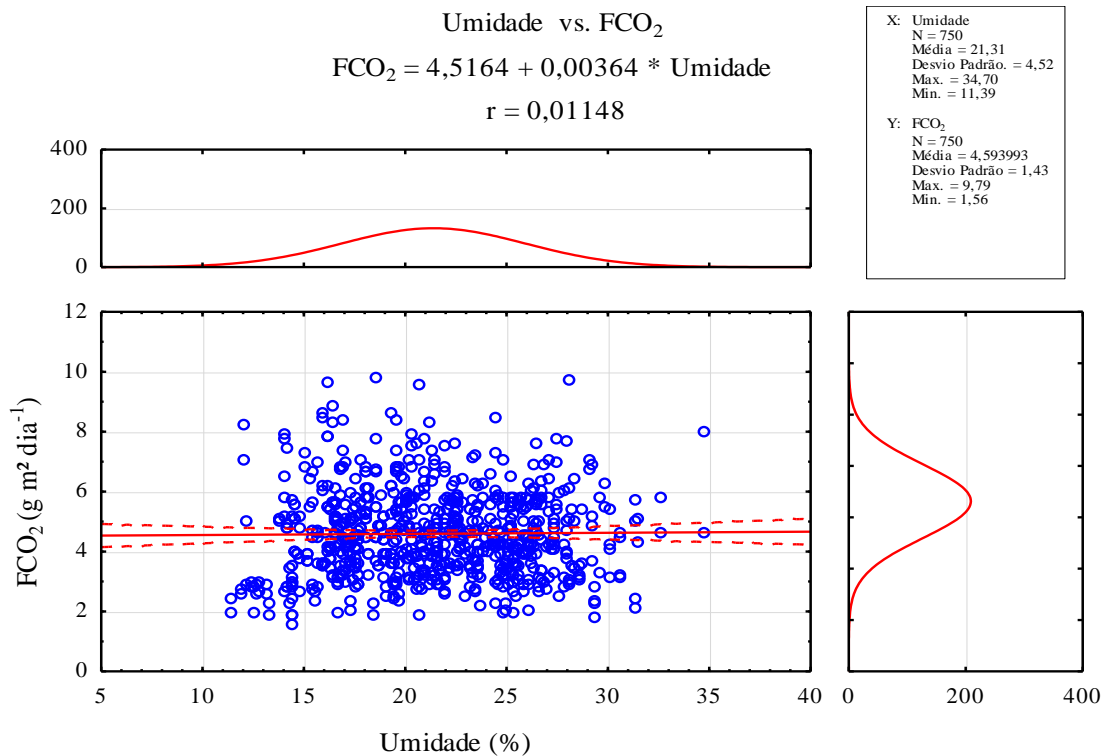


FIGURA 2. Análise de correlação para todos os dados de FCO₂ e umidade do solo durante 2ª soca de cultivo de cana-de-açúcar irrigada com EDT.

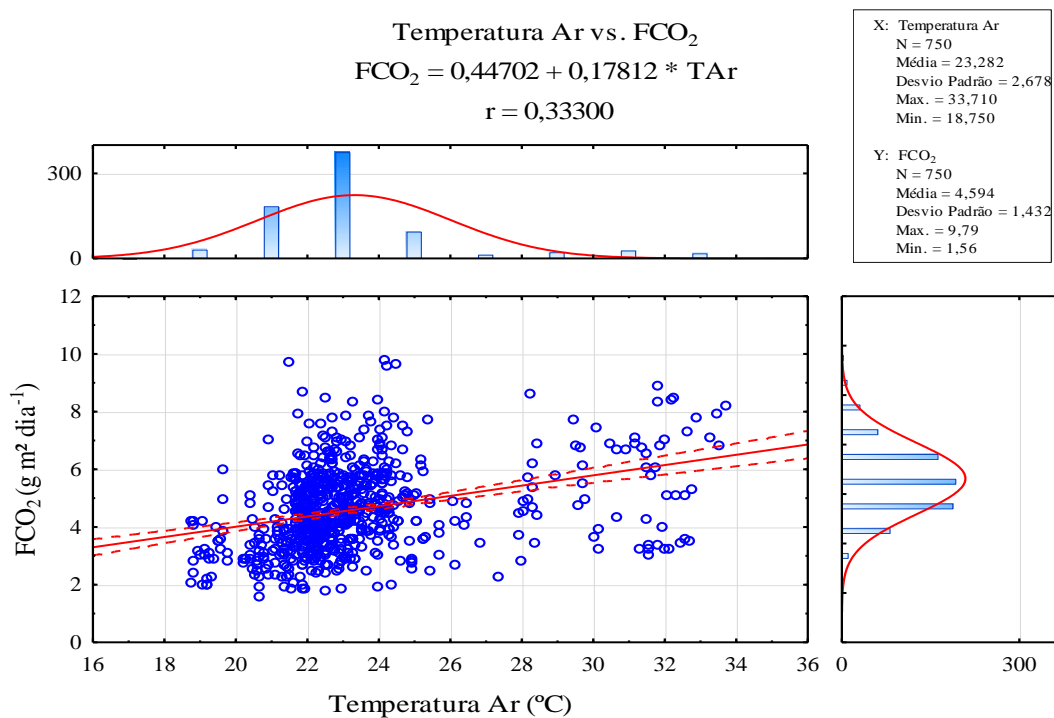


FIGURA 3. Análise de correlação para todos os dados de FCO₂ e temperatura do ar durante 2ª soca de cultivo de cana-de-açúcar irrigada com EDT.

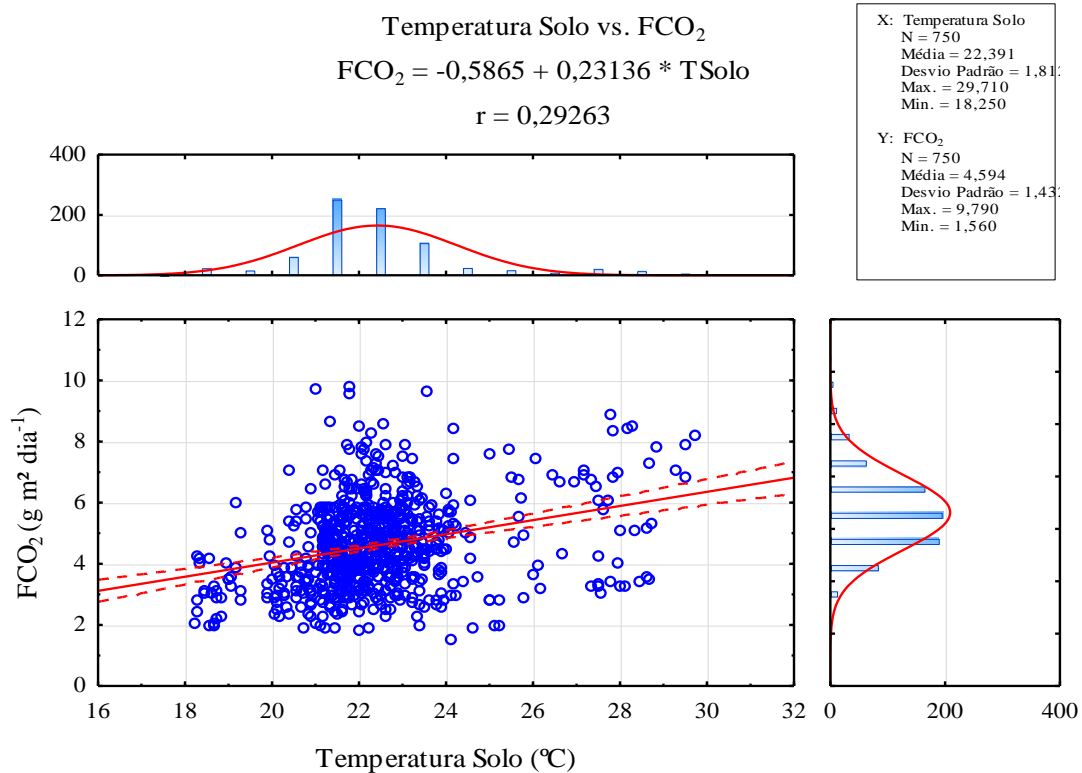


FIGURA 4. Análise de correlação para todos os dados de FCO₂ e temperatura do solo durante 2ª soca de cultivo de cana-de-açúcar irrigada com EDT.

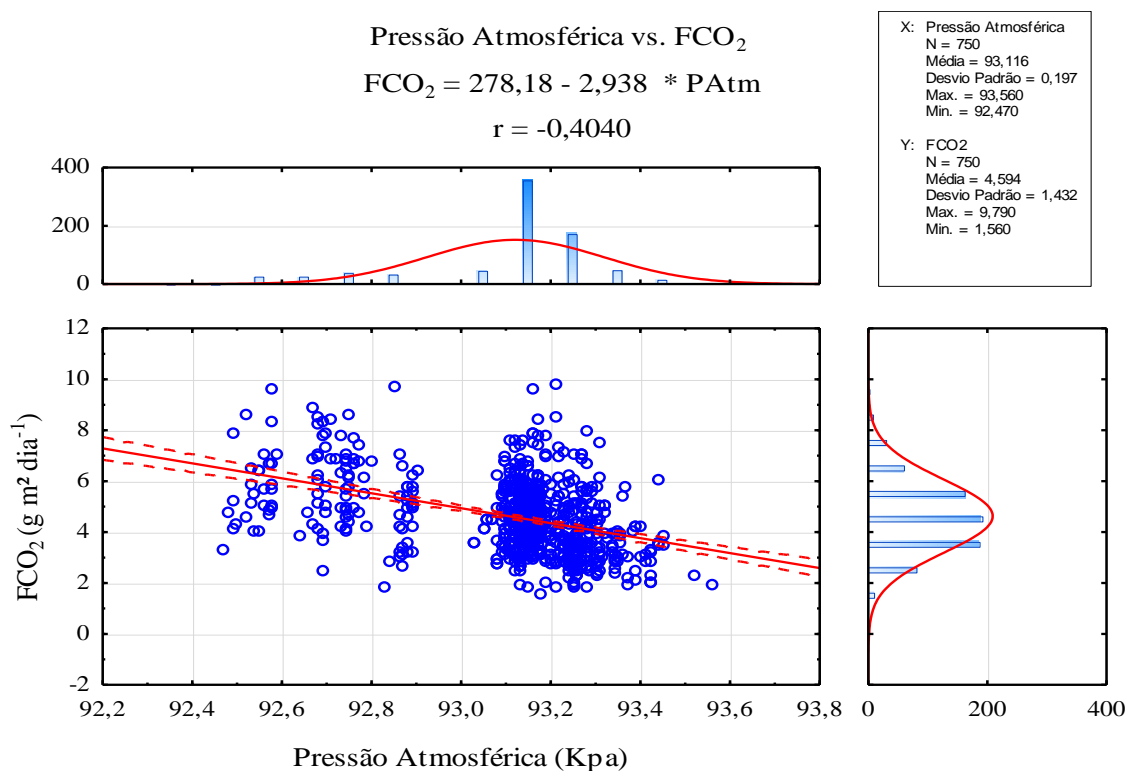


FIGURA 5. Análise de correlação para todos os dados de FCO₂ e pressão atmosférica durante 2ª soca de cultivo de cana-de-açúcar irrigada com EDT.

Para parâmetros de temperatura, Rech et al. (2005), concluiu que a temperatura do solo apresentou uma baixa relação com FCO_2 ($r = 0,31$), com variação da temperatura de 11,5 - 20,9 °C. Fang & Moncrieff (2001) avaliando a FCO_2 no solo com variação da temperatura do solo cerca de 10 e 40 ° C verificaram que a respiração do solo mostrou uma relação exponencial com a temperatura do solo, no presente estudo a variação ficou entre 18,25 – 29,71 °C demonstrando que menores amplitudes de variação tendem a menor correlação entre os fatores estudados.

Os resultados de temperatura deste trabalho demonstram relação oposta aos trabalhos realizados por Yim et. al (2002) que encontraram correlação exponencial entre temperatura e taxas de respiração do solo, assim como Janssens et. al (2001) verificaram que até 80% das variações temporais nas emissões de CO_2 foram explicadas por variações na temperatura, em situação de baixo estresse hídrico. Longdoz et. al (2000) observaram que 73% e Duiker & Lal (2000) média de 60% da variação nos fluxos de CO_2 ocorreu em função da temperatura. Por outro lado, La Scala et. al (2000) não verificaram correlações significativas da temperatura e umidade do solo com as emissões do CO_2 .

A pressão atmosférica com baixa e inversa correlação entre fatores também foi observada por Rastogi et. al (2002) e Klan et ai . (2011) na cultura do arroz (Bangladesh), onde encontraram $r = 0,51$ (fraca relação) entre dois parâmetros. O estabelecimento de baixas correlações entre o FCO_2 com os fatores estudados pode ser justificado devido às pequenas alterações destes, especialmente para fatores de umidade e temperatura do solo, uma vez que durante todo o experimento o manejo de irrigação proporcionava que solo permanece na capacidade de campo. Em regiões tropicais como Floresta Amazônica as relações entre temperatura e umidade do solo com FCO_2 são fracas devido à baixa variação durante o ano (DAVIDSON et al, 2000; SALIMON et al, 2004).

De acordo com D 'Andrea et al, (2010), a dificuldade na obtenção de parâmetros físicos e FCO_2 é porque o fenômeno tem uma configuração complexa de modo que as operações devem ser feitas por um longo período de tempo para permitir a obtenção de valores extremos, que ocorre no estudo no meio ambiente, assim como observados por Tavares et. al (2015) que observou influência entre alguns parâmetros físicos e químicos mas em ambientes, manejos e condições climáticas extremas.

CONCLUSÃO

A análise conjunta do balanço de CO_2 do solo com a temperatura do solo e do ar, umidade do solo e pressão atmosférica, revelou que não houve diferenças rigorosas no nível de dependência do FCO_2 em relação aos fatores estudados. Neste sentido, indiretamente pode-se inferir que o uso da irrigação com diferentes qualidades água (EDT e ARS) mostrou relação positiva para o balanço de carbono no solo, portanto, o uso de EDT pode ser uma fonte hídrica e um recurso ao uso dos nutrientes presentes nesta qualidade de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, Eduardo A. A. et al . Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: ciclo da cana-planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 952-958, Sept. 2012

BRITO, L. F.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M.; LA SCALA, N. J. Soil CO_2 emission of sugarcane fields as affected by topography. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.66, n 1, p.77-83, 2009.

D'ANDREA, A. F. D.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Rev. Br. Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 913-923, 2002.

DAVIDSON, E.A., VERCHOT, L.V., CATTÂNIO, J.H., ACKERMAN, I.L., CARVALHO, J.E.M. Effects of soil water content on soil respiration in forests and cattle pastures of eastern Amazonia. **Biogeochemistry**. 48, 53–69. 2000.

DUIKER, S. W., LAL, R. Carbon budget study using CO₂ flux measurements from a no till system in central Ohio. **Soil an Tillage Research**. v. 54, n. 1-2, p. 21-30, Marc. 2000.

FANG, C., MONCRIEFF, J.B. The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. **Soil Biology & Biochemistry**, 33, 155-165. 2001.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate. **Climate change 2007**: technical summary: a report accepted by working group i of the intergovernmental: panel on climate change. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2013.

JABRO, J.D., SAINJU, U., STEVENS, W.B., EVANS, R.G. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. **Journal of Environment Management**, 88, 1478-1484. 2008.

JANSSENS, I, A., KOWALSKI, A. S.; CELEUMANS, R. Florest florr CO₂ fluxes estimated by eddy covariance and chamber-based model. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 106, n. 1, p. 61-69, Jan. 2001.

JENSEN, I.S. et al. Soil surface CO₂ flux as na index of soil respiration in situ: a comparison of two chamber methods. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.28, p.1297-1306, 1996.

KHAN, M.B., BOULT, S., DUY, P., SHARMIN, E., BATEN, M.A. Methane and Carbon Dioxide Flux from Rice Field: Contribution of Environmental Controls. **J. Journal of Environmental Science and Natural Resourcess**, 4 (2), 1-6. 2011.

LA SCALA Jr. et al. Carbon dioxide emissions after application of tillage systems for a dark red latosol in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.62, p.163-166, 2001.

LA SCALA Jr., LA SCALA N., MARQUES JÚNIOR, J., PEREIRA G.T., AND CORÁ J.E. Carbon dioxide emission related to chemical properties of a tropical bare soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.32, p.1469-1473, 2000.

LONGDOZ, B., YERNAUX, M., AUBINET, M. Soil CO₂ efflux measurements in a mixed forest: impact of chamber disturbances, spatial variability and seasonal evolution. **Global Change Biology**, Oxford, v. 6, n. 11, p. 907-917, Nov. 2000.

PANOSSO, A. R.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA, N. Spatial and temporal variability of soil CO₂ emission in a sugarcane area under green and slash-and-burn managements. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.105, p.275-282, 2009.

RASTOGI, M., SINGH S., PATHAK H. Emission of carbon dioxide from soil, **Current Science**, 82 (5), 510-517. 2002.

RETH, S., REICHSTEIN, M., FALGE, E., The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO₂ efflux – A modified model. **Plant and Soil**, 286, 21-33. 2005.

SALIMON, C.I., DAVIDSON, E.A., VICTORIA, R.L., MELO, A.W.F., CO₂ flux from soil in pastures and forests in southwestern Amazonia. **Global Change Biology**, 10, 2004.

SCHWENDENMANN, L.; VELDKAMP, E.; BRENES, T.; O'BRIEN, J. J.; MACKENSEN, J. Spatial and temporal variation in soil CO₂ efflux in an old-growth neotropical rain forest, La Selva, Costa Rica. **Biogeochemistry**, v. 64, p. 111-128, 2003.

SOTTA, E. D.; MEIER, P.; MALHI, Y.; NOBRE, A. D.; HODNET, M.; GRACE, J. Soil CO₂ efflux in a tropical forest in the central Amazon. **Global Change Biology**, Oxon, v. 10, n. 5, p. 601-617, 2004.

TAVARES, R. L. M., SOUZA, Z. M., SIQUEIRA, D. S., LA SCALA, N. J., PANOSSO, A. R., CAMPOS, M. C. C. Soil CO₂ emission in sugarcane management systems. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science**. Vol. 65, Iss. 8, 2015.

VARGAS, V. P.; CANTARELLA, H; MARTINS, A. A; SOARES, J. R.; CARMO, J. B.; ANDRADE, C. A. Sugarcane Crop Residue Increases N₂O and CO₂ Emissions Under High Soil Moisture Conditions. **Sugar Technology**, Springer Índia. v. 16, p. 1, 2013.