



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbge



Emissão de CO₂ em culturas de soja e arroz irrigado - Safra 2013/2014 - RS

Gustavo Colepícolo Monteiro¹, Graciela Redies Fischer², Leonardo José Gonçalves Aguiar³, Walkyria Bueno Scivittaro⁴, Lucas Fernando Carvalho da Conceição⁵

¹ Aluno de graduação em Meteorologia, Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Campus Capão do Leão, Caixa Postal 354, CEP: 96001-970. (53) 3275-7328. gu.colepicolo@hotmail.com (autor correspondente). ² Professora Adjunta, Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Campus Capão do Leão, Caixa Postal 354, CEP: 96001-970. (53) 3275-7328. graciela.fischer@ufpel.edu.br. ³ Pós-Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Campus Capão do Leão, Caixa Postal 354, CEP: 96001-970. (53) 3275-7328, veraneiro@yahoo.com. ⁴ Engenheira Agrônoma, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Rodovia BR-392, Km 78, 9º Distrito, Monte Bonito, Caixa Postal 403, CEP: 96010-971. (53) 3275-8100 walkyria.scivittaro@embrapa.br. ⁵ Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Avenida Engenheiro Ildelfonso Simões Lopes, 2751, Bairro: Arco-Íris CEP: 96060-290. (53) 3277-6690. luucascarvalho93@gmail.com.

Artigo recebido em 10/04/2017 e aceito em 19/08/2017

RESUMO

A liberação de dióxido de carbono (CO₂) do solo para a atmosfera é denominado “efluxo de CO₂ do solo”, sendo uma fonte importante para o aumento de gases do efeito estufa. O principal objetivo desse trabalho é avaliar as diferentes emissões de CO₂ para um sistema de rotação de cultura soja/arroz alagado, em cinco tratamentos distintos de manejo do solo realizado na Região agroecológica das Grandes Lagoas do Rio Grande do Sul, no campo experimental da Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperadas, a fim de quantificar essas emissões sobre diferentes condições de temperatura do solo e temperatura do ar. Para realizar este trabalho, foram utilizados dados de cinco tratamentos em cultura de arroz alagado para se determinar a concentração de CO₂ emitidos pelo solo e pela cultura de arroz irrigado em sistema de rotação de cultura. Os dados de concentração de CO₂ foram coletados sempre da mesma maneira para os anos de 2013-2014, através do método da câmara estática fechada. A emissão de CO₂ da cultura de arroz irrigado apresentou uma relação bem definida com a temperatura do solo e a temperatura do ar, sendo provavelmente as principais controladoras da emissão de CO₂ da cultura. O manejo do solo mostrou-se forte influenciador das emissões de CO₂ da cultura de arroz, porém são necessários mais estudos para verificar a real influência dessa prática.

Palavras-chave: efeito estufa; manejo do solo; rotação de cultura.

CO₂ emission in soybean cultures and irrigated rice – Crop 2013/2014 - RS

ABSTRACT

The release of carbon dioxide (CO₂) from the soil to the atmosphere is called "soil CO₂ efflux", being an important source for the increase in greenhouse gases. The aim of this study is to evaluate the difference of CO₂ emissions for a soybean / rice paddy rotation system in five different soil management treatments. These treatments were performed at the agro-ecological region of the Grandes Lagoas of Rio Grande do Sul, in the experimental field of the Experimental Station of Embrapa Clima Temperado, in order to quantify these emissions on different conditions, such as soil and air temperatures. To accomplish this work, data were used in five different treatments of flooded rice culture to determine the concentration of CO₂ emitted by the soybean / rice paddy rotation system. The CO₂ concentration data were collected in the same way for the year 2013- 2014, through the method of static closed chamber. The release of CO₂ from the flooded rice crop had a well-defined relation with the soil and air temperature, being probably the main controller of the CO₂ emission of the crop. Soil management has been showing a very well influence on the CO₂ emissions of the rice crop, but more studies need to be done to verify the real influence of this practice.

Keywords: greenhouse effect; soil management; culture rotation.

Introdução

O dióxido de carbono (CO₂) na natureza é produzido no solo decorrente da respiração radicular, microrganismos, e decomposição química dos compostos de carbono (Lundegardh, 1927). O processo de emissão de CO₂ proveniente do solo para a atmosfera é conhecido como efluxo de CO₂ do solo, e estabelece uma relação moderada pela produtividade do terreno, variações de temperaturas, estrutura do solo, e gradiente de pressão, de acordo com Raich e Shlesinger (1992).

Conhecendo que a produtividade agrícola tende a acrescentar uma maior disponibilidade de resíduos orgânicos a serem decompostos, há também uma tendência de aumentar o efluxo de CO₂ do solo (Ferreira et al., 2005). Como o agronegócio representa uma parte importante da economia no Brasil, torna-se imprescindível o avanço em recursos menos poluentes quanto às práticas de gerenciamento do solo, principalmente com relação ao regime contínuo de cultivo de arroz irrigado e da soja, segundo Cerri et al. (2009).

Alterações na temperatura e umidade refletem no funcionamento das atividades microbiana, em seus processos de decomposição, e conseqüentemente na taxa de emissão de CO₂ do solo para a atmosfera (Bekku et al., 2003).

Assim sendo, esse trabalho tem como principal objetivo analisar as emissões de CO₂ sobre culturas de soja e arroz irrigado por alagamento em terras baixas do bioma pampa, quantificando tais emissões para a safra de 2013/2014, e correlacionando as emissões de CO₂ das culturas com as variáveis de temperatura do ar e temperatura do solo.

Material e métodos

Este estudo utilizou dados de um experimento com sistema de rotação de cultura soja/arroz, realizado na Região agroecológica das Grandes Lagoas do Rio Grande do Sul, no campo experimental da Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, localizado no município de Capão do Leão-RS (31°52'00" S, 52°21'24" W, altitude de 13,24 m).

O solo predominante na área é o Planossolo Háptico Eutrófico Solódico com textura franco arenosa, de pouca profundidade, entre 20 a 40 cm (Streck et al., 2008).

O clima da região caracteriza-se por ser temperado úmido com verões quentes do tipo "Cfa", conforme a classificação de Köppen, com temperatura média do ar de 17,9 °C e precipitação média anual de 1.500 mm (Mota, 1953).

Foram utilizados dados de concentração de CO₂ emitidos pelo solo e pela cultura de soja e

arroz irrigado em sistema de rotação de cultura para as safras de 2013/2014, em cinco tratamentos diferenciados pelo manejo do solo e espécie cultivada (Tabela 1).

Os dados de concentração de CO₂ foram coletados semanalmente ao longo de toda safra agrícola, utilizando-se o método da câmara estática fechada, adaptado de Mosier (1989).

A câmara estática fechada apresenta uma base de alumínio de 63 cm x 63 cm, com altura de 30 cm, fixada ao solo à aproximadamente 05 cm de profundidade, permanecendo sobre o local durante todo o período de coleta.

A base possui uma canaleta e dois orifícios em lados opostos, que permitem a circulação de ar e de água entre os sistemas coletores e o restante das parcelas experimentais. Essas bases servem de suporte para a câmara (topo) no momento das coletas.

As três câmaras utilizadas foram dispostas sobre bases sempre entre 09h00min e 12h00min, em que os conjuntos topos/bases eram vedados hermeticamente com a colocação de água na canaleta das bases (Gomes et al., 2009). O ar no interior das câmaras era homogeneizado durante 30 segundos antes de cada amostragem, por meio do uso de ventiladores presentes na parte superior da câmara, além de que a temperatura interna era monitorada. Amostras de ar do interior da câmara eram coletadas com auxílio de seringas de polipropileno (20 ml) nos tempos 0; 5; 10 e 20 minutos após seu fechamento, com análises realizadas por cromatografia gasosa.

À medida que as plantas de arroz cresciam, utilizavam-se extensores de alumínio de mesma dimensão das bases, inseridos entre essas e os topos das câmaras.

Os fluxos de CO₂ foram calculados com base na equação:

$$f = - \frac{dC}{dt} \frac{MPV}{RTA} \quad (1)$$

Sendo: f o fluxo de CO₂ (CO₂ m⁻². h⁻¹), dC/dt corresponde à mudança na concentração de CO₂ (mmol . mol⁻¹) no intervalo de tempo t (min); M é o peso molecular do respectivo gás (g.mol⁻¹); P é a pressão (atm) no interior da câmara (assumida como 1,0 atm); V e T correspondem ao volume (L) e a temperatura interna da câmara (K), respectivamente; R é a constante universal dos gases (0,08205 L.atm.K⁻¹. mol⁻¹); e A é a área da base da câmara (m²).

A taxa de aumento de gás no interior da câmara foi obtida pelo coeficiente angular da equação da reta ajustada entre a concentração dos gases e o tempo.

Tabela 1. Tratamentos utilizados para a safra de 2013/2014.

TRATAMENTOS (T)	SAFRA 2012/2013	Out/Inv	Primavera	SAFRA 2013/2014
T1	Arroz irrigado Colhido solo seco	Manutenção da palha	Dessecação da cobertura vegetal	Semeadura direta da Soja
T2	Arroz irrigado Colhido no barro	Manutenção da palha	Preparo convencional do solo	Semeadura do Arroz
T3	Arroz irrigado Colhido na água	Uso Rolo Faca	Dessecação da cobertura vegetal	Semeadura direta do Arroz
T4	Arroz irrigado Colhido solo seco	Preparo antecipado do solo	Dessecação da cobertura vegetal	Semeadura direta da Soja
T5	Arroz irrigado Colhido na água	Uso Rolo Faca	Dessecação da cobertura vegetal	Semeadura direta da Soja

As emissões totais do período foram calculadas pela integração da área sob as curvas obtidas pela interpolação dos valores diários de emissão de CO₂ do solo (Gomes et al., 2009).

Para os dados de emissão de CO₂ foi utilizada a média das cinco câmaras. Também se utilizou dados de temperatura do solo na camada de 0 a 10 cm de profundidade, as quais foram realizadas concomitantemente com as medidas de emissão de CO₂.

Variáveis meteorológicas, tais como temperatura e umidade do ar, e temperatura do solo foram obtidas por meio da Estação Agroclimatológica de Pelotas, instalada no campo experimental da Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, no Capão do Leão.

Resultados e discussão

Observando o comportamento da emissão de CO₂ pela cultura de arroz irrigado no período compreendido entre os anos de 2013 e 2014, pode-se notar que para as emissões de CO₂ que ocorreram nos tratamentos T1 (Fig. 1a), T4 (Fig. 1d), e T5 (Fig. 1e), o comportamento foi semelhante para emissão de dióxido de carbono, não chegando a atingir a concentração de 3,0 μmol m⁻² s⁻¹. Nesses tratamentos estava sendo cultivado a soja, e não houve um aumento nas taxas de CO₂ como o esperado durante o maior desenvolvimento da cultura, que seria entre os dias juliano 21 e 80 de 2014.

Ao contrário, nos tratamentos T2 (Fig. 1b) e T3 (Fig. 1c), durante o cultivo do arroz irrigado,

em que se foi observado um pico na emissão de CO₂ durante a fase de maior desenvolvimento da cultura, sendo de 5,6 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para T2 e 6,0 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para T3.

Na safra de 2013/2014 pode-se notar que nos tratamentos em que estava sendo cultivado arroz irrigado houve uma emissão de CO₂ da cultura muito maior do que para os tratamentos com cultivo de soja.

Analizando o comportamento da emissão de CO₂ pela cultura de arroz irrigado junto com o comportamento da temperatura do solo (Figura 2), percebe-se que a emissão de CO₂ acompanha o comportamento da temperatura do solo durante todo o ciclo da cultura. Nos tratamentos onde o arroz estava sendo cultivado, T2 (Fig. 2b) e T3 (Fig. 2c), existe uma melhor relação, pois quando ocorre um aumento na temperatura do solo, pode-se verificar também um crescimento no fluxo de dióxido de carbono. Tal relação também é percebida para os cultivos de soja, nos tratamentos T1 (Fig. 2a), T4 (Fig. 2d), e T5 (Fig. 2e), contudo não tão significativa, pois as emissões mantiveram-se mais baixas.

O primeiro pico, e mais acentuado no tratamento T2 (Fig. 2b) com relação à emissão de dióxido de carbono ocorreu por volta do dia juliano 41, atingindo 5,5 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, quanto a temperatura do solo chegava a 27 °C. Enquanto que o segundo pico, menos expressivo, ainda para este tratamento, se deu em aproximadamente 4,0 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, no dia juliano 61, quando a temperatura do solo alcançava 23°C.

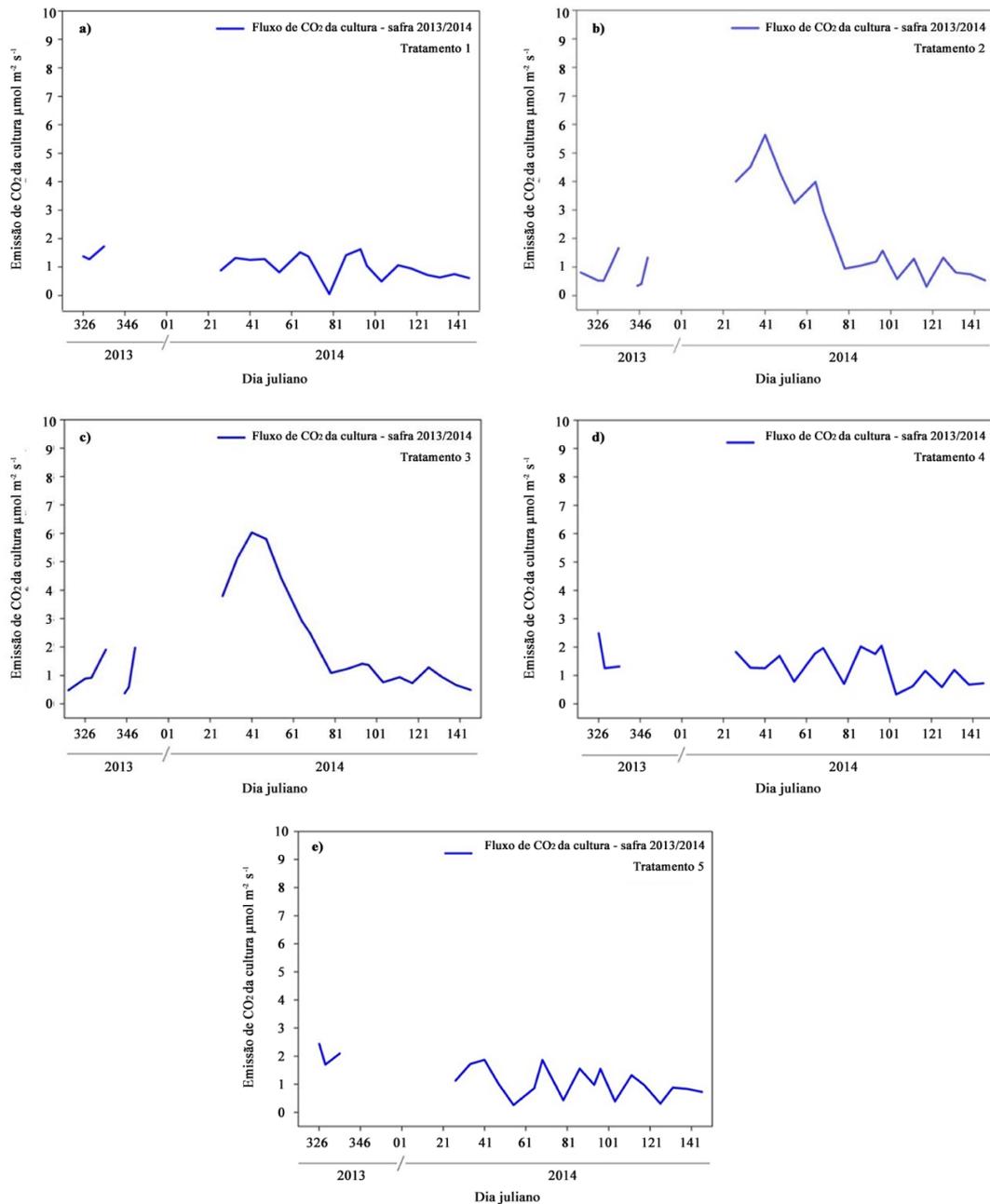


Figura 1. Variação da emissão de CO₂ da cultura, em sistema de rotação de cultura soja/arroz alagado para os tratamentos T1(a), T2(b), T3(c), T4(d), e T5(e), no período 2013/2014. (Períodos em branco deve-se a falha nos dados).

O tratamento T3 (Fig. 2c) também revelou um pico bastante significativo, por volta de 6,0 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, também no dia Juliano 41 e com temperatura do solo na casa dos 27,5°C.

Deve-se ressaltar também que nos tratamentos T2 (Fig. 2b) e T3 (Fig. 2c), houve uma notória queda da temperatura do solo devido a entrada de uma lâmina d'água na cultura do arroz

irrigado por alagamento, por volta do dia juliano 346 de 2013, acompanhada de uma acentuada diminuição do fluxo de CO₂ da cultura, a qual recuperou seus valores anteriores após três semanas da entrada da lâmina d'água, que atuou como uma barreira dificultando na saída de CO₂ do solo para a atmosfera.

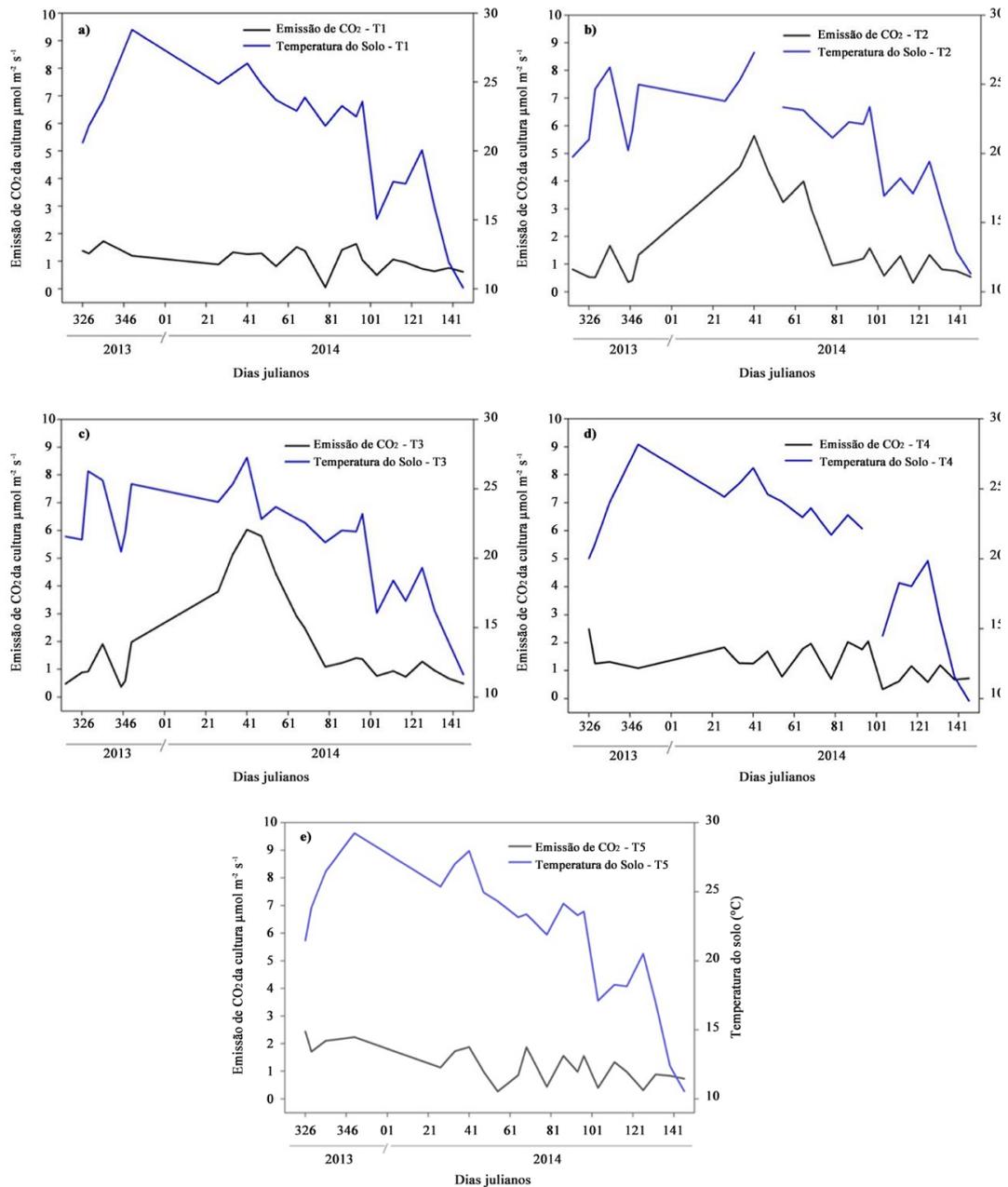


Figura 2. Variação da temperatura do solo e da emissão de CO₂ da cultura em sistema de rotação de cultura soja/arroz alagado para os tratamentos T1(a), T2(b), T3(c), T4(d), e T5(e), no período 2013/2014.

A relação entre a emissão de CO₂ da cultura com a temperatura do solo pode ser analisada na Figura 3, o qual apresenta uma relação exponencial de crescimento entre a temperatura do solo e a emissão de CO₂ em uma cultura de arroz irrigado, na safra de 2013/2014 (Fig. 3b e 3c). Os tratamentos T2 (Fig. 3b) e T3 (Fig. 3c) obtiveram os melhores coeficientes de determinação, atingindo 0,46 e 0,39, respectivamente. Tal resultado mostra que maiores valores de temperatura do solo resultam em maior emissão de CO₂. Segundo Jabro et al. (2008), os processos ligados ao ciclo do carbono são controlados pela temperatura do solo, cujo a componente pode aumentar a taxa de respiração do solo, aumentando as emissões de CO₂ para a atmosfera. Como

observado neste trabalho, tal mecanismo afirmou a importância destas variáveis meteorológicas como agentes reguladores na emissão de CO₂ da cultura para a atmosfera.

Ambos os tratamentos (T2 e T3) apresentaram valores bastante parecidos, com mínimas e máximas em emissão deste gás de efeito estufa, por volta de 0,5 e 6,0 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, respectivamente, entre as temperaturas do solo de 25 a 30 °C. Enquanto que, em tratamentos de rotação de cultura, onde a soja estava sendo cultivada, nos tratamentos T1 (Fig. 3a), T4 (Fig. 3d), e T5 (Fig. 3e), a relação entre a temperatura do solo e o fluxo de CO₂ mantiveram-se semelhantes e pouco representativas, pois mesmo quando havia o aumento da temperatura, as emissões se

mantinham baixas, sem que houvesse uma boa relação entre essas variáveis.

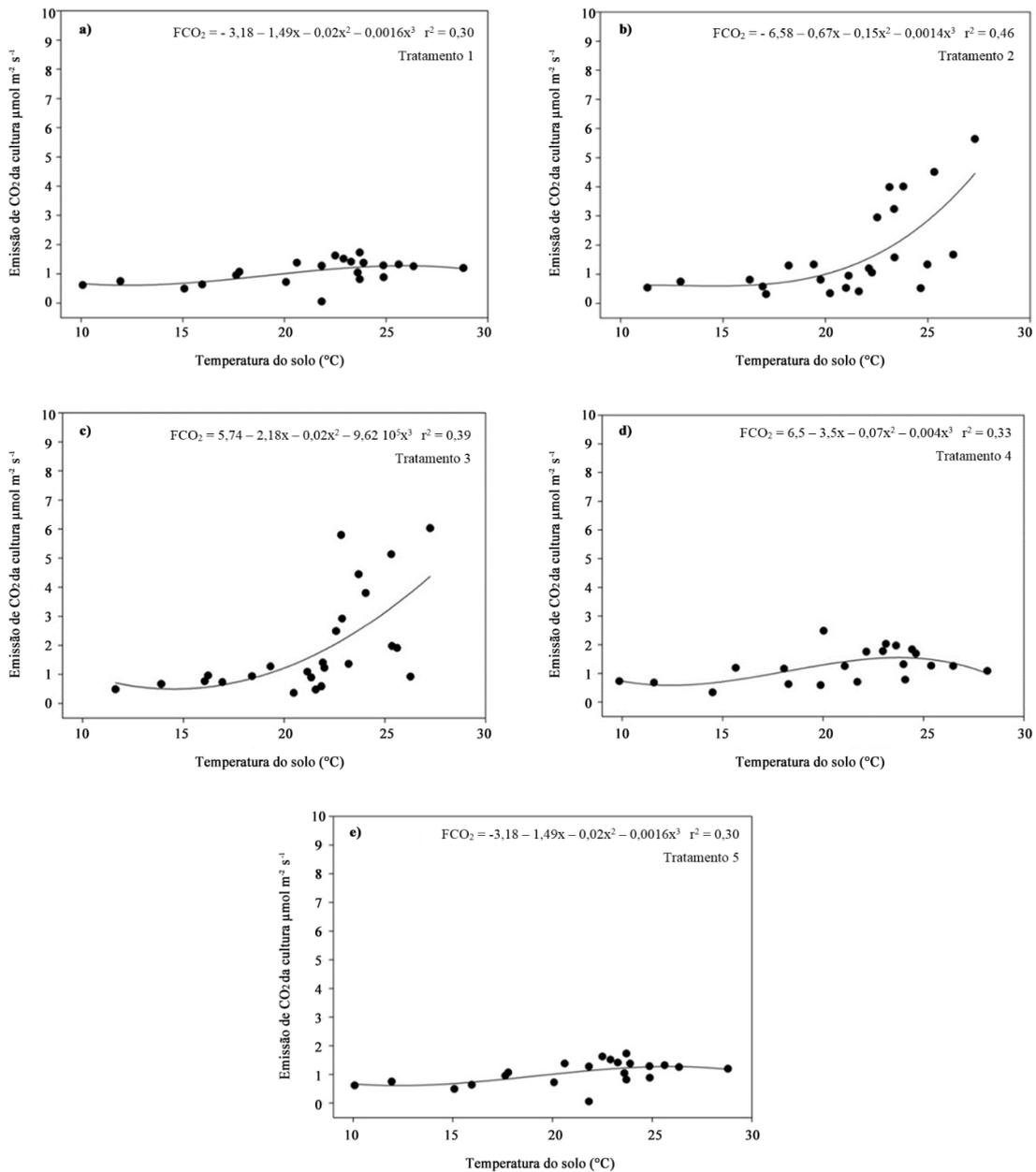


Figura 3. Relação entre temperatura do solo e emissão de CO₂, para os tratamentos T1(a), T2(b), T3(c), T4(d), e T5(e), no período 2013/2014.

A Figura 4 mostrou que os tratamentos T2 (Fig. 4b) e T3 (Fig. 4c), onde estava sendo cultivado o arroz irrigado, foram mais bem representativos, pois para estes casos, especificamente, pode-se perceber que quando a temperatura do ar atingia aproximadamente 27°C, em ambos os tratamentos, a emissão chegava a

atingir valores bastante expressivos, por volta de 6,0 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. Diferente para os outros três tratamentos, em que a soja estava sendo cultivada, T1 (Fig. 4a), T4 (Fig. 4d), e T5 (Fig. 4e), que mesmo deparando com altas temperaturas do ar média diária, as emissões mantiveram-se extremamente baixas.

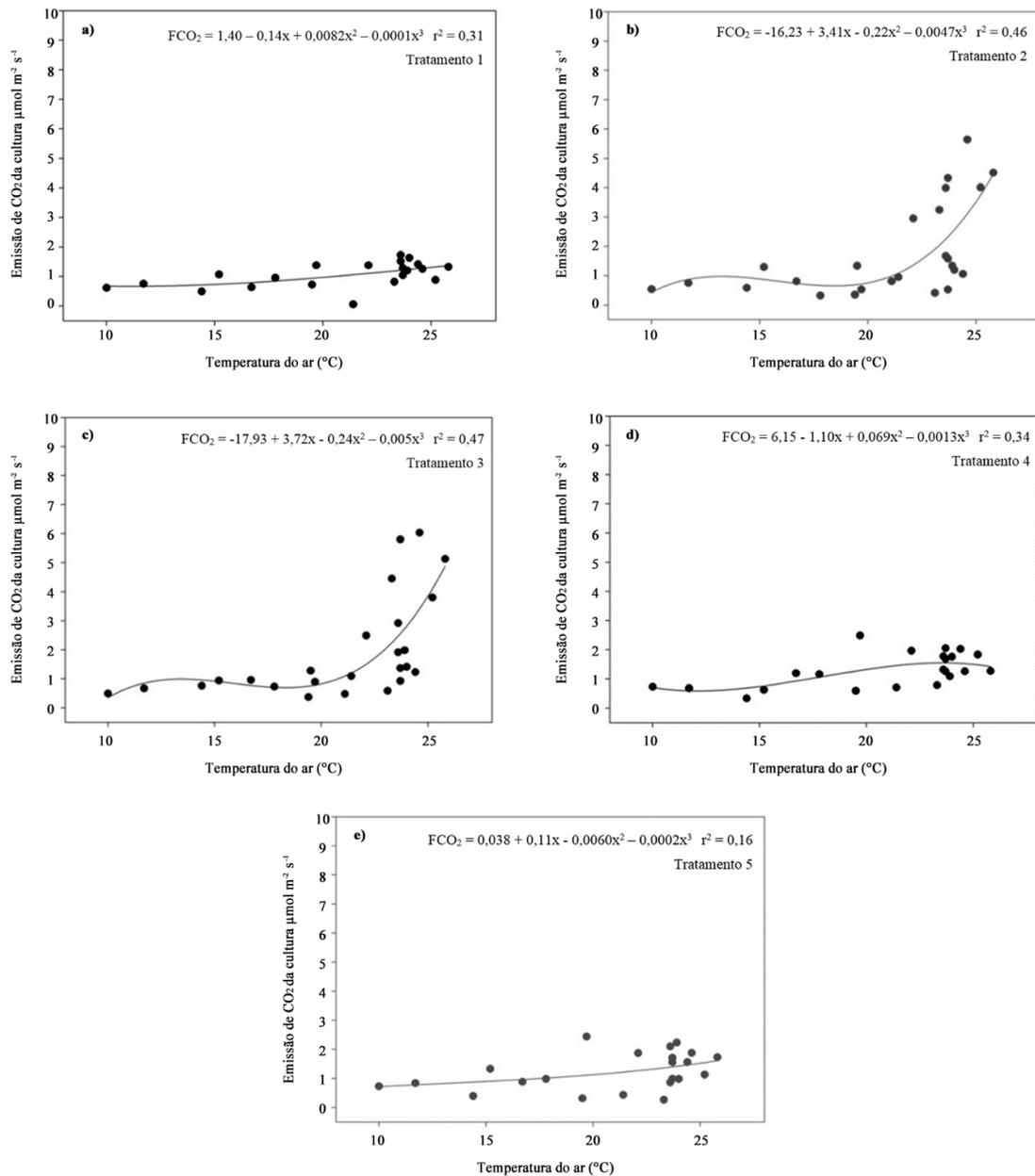


Figura 4. Relação entre temperatura do ar e emissão de CO₂, para os tratamentos T1(a), T2(b), T3(c), T4(d), e T5(e), no período 2013/2014.

Analisando as emissões de CO₂ nota-se que as emissões para o cultivo de arroz irrigado por alagamento foram muito superiores do que as emissões para o cultivo da soja. Nota-se também uma maior correlação entre as emissões de CO₂ no cultivo de arroz em relação às variações de temperatura do ar e também da temperatura do solo. As condições de manejo do solo para essas diferentes cultura pode influências na magnitude das emissões de CO₂. Segundo Frank et al. (2006), os processos de entrada e saída de carbono do solo são altamente dependentes do seu manejo, podendo, no entanto, ser aumentada ou diminuída.

De acordo com Libardi (2005), a umidade atua como forte influente no processo de decomposição, e conseqüentemente de respiração do solo, sofrendo variações no espaço e no tempo. Ou seja, locais que apresentam uma maior variação na umidade do solo, tendem definir um maior ritmo no processo de atividades biológica da planta, e portando, um indicativo relevante no efluxo de CO₂ do solo. Durante grande parte do ciclo da cultura de arroz irrigado por alagamento o solo fica extremamente úmido favorecendo as emissões de CO₂, diferente do cultivo da soja, em que a umidade do solo permanece mais baixa durante o ciclo da cultura.

Como o arroz irrigado por alagamento possui uma grande área plantada no Rio Grande do Sul é conveniente encontrar técnicas de manejo de cultura e do solo que minimizem as emissões de CO₂ da cultura para a atmosfera.

Conclusões

A emissão de dióxido de carbono pela cultura de arroz irrigado por alagamento apresentou um comportamento bastante expressivo quanto à temperatura do solo e a temperatura do ar, através de uma relação exponencial de crescimento entre tais variáveis e a emissão de CO₂, em que maiores temperaturas levam maior emissão deste gás.

Considerando as emissões das culturas de soja e arroz alagado, as análises mostram o cultivo de arroz irrigado por alagamento possui uma emissão de CO₂ ao longo do ciclo da cultura muito superior as emissões da cultura de soja.

Tendo em vista os argumentos apresentados, o manejo do solo pode ser considerado um fator importante no efluxo de CO₂ do solo pela cultura de arroz irrigado, principalmente pelo fato da cultura do arroz passar boa parte do ciclo com o solo alagado. Entretanto, são necessários estudos mais aprofundados sobre o assunto para verificar a exata influência do manejo do solo nesta variável.

Agradecimentos

À Embrapa Clima Temperado pela disponibilização dos dados utilizados nessa pesquisa. À minha orientadora Graciela Redies Fischer pela dedicação, paciência, e empenho à elaboração deste trabalho. Obrigado de coração pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivo.

Referências

Bekku, Y. S., Nakatsubo, T., Kume, A., Adachi, M., Koizumi, H., 2003. Effect of warming on the temperature dependence of soil respiration rate in arctic, temperate and tropical soils. *Applied soil ecology* 22, 205-210.

Cerri, C. C., Maia, S. M. F., Galdos, M. V., Cerri, C. E. P., Feigl, B. J., Bernoux, M., 2009.

Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. *Scientia Agricola* 66, 831-843.

Ferreira, E. A. B., Resck, D. V., & Gomes, A. C., 2005. Medidas do fluxo de CO₂ do solo pelos métodos da absorção alcalina e analisador de gás infravermelho em diferentes sistemas de manejo no Cerrado. *Embrapa Cerrados-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*.

Frank, A. B., Liebig, M. A., Tanaka, D. L., 2006. Management effects on soil CO₂ efflux in northern semiarid grassland and cropland. *Soil and Tillage Research* 89, 78-85.

Gomes, J., Bayer, C., de Souza Costa, F., de Cássia Piccolo, M., Zanatta, J. A., Vieira, F. C. B., Six, J., 2009. Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based rotations under subtropical climate. *Soil and Tillage Research* 106, 36-44.

Jabro, J. D., Sainju, U., Stevens, W. B., Evans, R. G., 2008. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. *Journal of environmental management* 88, 1478-1484.

Landsburg, J. J., Gower, S. T., 1997. *Applications of physiological ecology to forest management*, New York: Academic Press.

Libardi, P. L., 2005. *Dinâmica da Água no Solo*, Vol. 61. Edusp, São Paulo.

Lundegardh, H., 1927. Carbon dioxide evolution of soil and crop growth. *Soil Science* 23, 417-453.

Mosier, A. R., 1989. Chamber and isotope techniques. *Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere*, Berlin, pp. 175-187

Mota, F. D., 1951. Estudos do clima do Estado do Rio Grande do Sul, segundo o sistema de W. Köppen. *Revista Brasileira de Geografia* 13, 275-284.

Raich, J. W., & Schlesinger, W. H., 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus B* 44, 81-99.

Streck, E. V., Kampf, N., Dalmolin, R. S. D., Klamt, E., Nascimento, P. D., Schneider, P., Pinto, L. F. S., 2008. *Solos do Rio Grande do Sul*. UFRGS: EMATER/RS-ASCAR.