



Efeito da precipitação no fluxo de CO₂ em áreas de pastagem e de caatinga⁽¹⁾.

José Raliuson Inácio Silva⁽²⁾; Rodolfo Marcondes Souza Silva⁽³⁾; Euvaldo Pereira de Cerqueira Junior⁽⁴⁾; Antonio Celso Dantas Antonino⁽⁵⁾; José Romualdo de Sousa Lima⁽⁶⁾ Eduardo Soares de Souza⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

⁽²⁾ Estudante de graduação; Universidade Federal Rural de Pernambuco Unidade Acadêmica de Serra Talhada; Serra Talhada; raliuson.agro@gmail.com; ⁽³⁾ Estudante de pós-graduação; Universidade federal de Pernambuco; ⁽⁴⁾ Estudante de graduação; Universidade Federal Rural de Pernambuco Unidade Acadêmica de Serra Talhada; ⁽⁵⁾ Professor Assoziado; Universidade Federal de Pernambuco; ⁽⁶⁾ Professor Adjunto; Universidade Federal Rural de Pernambuco Unidade acadêmica de Garanhuns; ⁽⁷⁾ Professor Adjunto; Universidade Federal Rural de Pernambuco Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

RESUMO: A Caatinga tem sido afetada por um intenso processo de devastação provocado pelo uso insustentável dos recursos naturais. A retirada sistemática da vegetação para a produção de carvão e o desenvolvimento de atividades agropecuárias são ameaças constantes e vem contribuindo para a existência de mosaicos de fragmentos que se encontram em diferentes estágios de sucessão. Estudos demonstram que essa substituição causa alterações no fluxo de CO₂ nesse ambiente, no entanto esse fluxo também sofre forte influência da precipitação e da umidade do solo. Diante desse contexto o presente trabalho tem como objetivo estudar o comportamento do fluxo de CO₂ em função da precipitação e do armazenamento de água no solo, em áreas de pastagem e caatinga no semiárido pernambucano. O trabalho foi conduzido entre setembro e dezembro de 2014 em Serra Talhada – PE, em solo com pastagem degradada e caatinga não muito densa, o armazenamento de água no solo foi determinado pela regra do trapézio e o fluxo de CO₂ pelo sistema de covariância dos vórtices turbulentos. Os pulsos positivos de CO₂ que ocorreram logo após os eventos de precipitação influenciam de forma significativa o fluxo anual de carbono, visto que durante os 4 meses de estudo os dois ecossistemas contribuíram com 0,33 t C ha⁻¹, portanto a precipitação influencia no balanço de CO₂ em áreas de pastagem e de caatinga.

Termos de indexação: Armazenamento de água no solo, respiração do solo, balanço de CO₂

INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro corresponde a 910.000 km², ocupando cerca de 11% do território nacional, sendo a Caatinga o tipo de vegetação que a caracteriza. Essa região tem como características, baixas precipitações anuais e uma alta variabilidade espaço-temporal, além de

evapotranspirações permanentemente altas. Nessa região se torna cada vez mais intensa a remoção da vegetação nativa, para implantação de atividades agropecuárias, sendo a ocupação por pastagem predominante.

Vários estudos abordam as consequências do desmatamento e conversão em pastagens nos estoques de carbono na vegetação (HOUGHTON et al. 2001) e também nos solos (BATJES & DIJKSHOORN, 1999). O fluxo de carbono pode ser determinado principalmente pelos métodos, razão de Bowen e covariância dos vórtices turbulentos, sendo esse último o mais utilizado por fornecer alta resolução temporal das suas medições e por permitir estudar simultaneamente as trocas de energia, de água e de carbono entre a superfície e a atmosfera (MYKLEBUST et al., 2008).

Alguns estudos indicam um aumento significativo no fluxo CO₂ após os eventos de precipitação. Isso está diretamente relacionado ao aumento da umidade do solo logo após a precipitação. As interações entre a umidade do solo e fluxo de CO₂ são características fundamentais nos processos ec hidrológicos, embora essa relação não seja tão direta quanto a umidade do solo e a evapotranspiração (KURC & SMALL, 2007).

A umidade do solo exerce grande influência na emissão de CO₂ do solo, pois interfere nas características físicas e biológicas do solo. Segundo Ross (1989), o alto conteúdo de água do solo interfere no fluxo de CO₂ do solo, tanto pela redução da atividade respiratória aeróbica, que é a principal responsável pela emissão de CO₂ do solo, como pelo efeito físico de real impedimento à passagem do CO₂ até atingir a interface solo-atmosfera (BRANDÃO, 2012).

Diante desse contexto o presente trabalho tem como objetivo estudar o comportamento do fluxo de CO₂ em função da precipitação e do armazenamento de água no solo, em áreas de pastagem e caatinga no semiárido pernambucano.



MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nas fazendas Buenos Aires e Alagoinha, situadas no município de Serra Talhada – PE, bacia hidrográfica do Rio Pajeú, a qual está inserida, em sua totalidade, no Estado de Pernambuco. As medidas foram realizadas em uma pastagem degradada com predomínio de capim corrente (*Urochloa mosambicensis*) e malva (*Malvácea spp.*), na Fazenda Alagoinha, e em uma área de caatinga com cobertura vegetal não muito densa, mas predominantemente arbórea na Fazenda Buenos Aires, no período de setembro a dezembro de 2014.

A precipitação pluvial foi monitorada por pluviômetros automáticos (modelo TE 525WS-L, Texas Electronics, USA) instalado em torres nos centros das duas áreas. Calculou-se o armazenamento acumulado de água (A_L) no perfil do solo pela regra do trapézio, considerando-se que as medidas foram realizadas em intervalos igualmente espaçados, desde a superfície ($z = 0$) até a profundidade de interesse ($z = L$) (LIBARDI, 2000):

$$A_L = \int_0^L \theta(z) dz = \left[0,50\theta(z) + \sum_{i=0}^n \theta(z_i) + 0,50\theta(z_i) \right] \Delta z \quad (1)$$

sendo θ o conteúdo de água do solo, i o número de profundidades de leitura, Δz a espessura da camada de solo 10 cm e a profundidade do solo L ($L = 40$ cm).

Para determinação da conteúdo volumétrico de água do solo foram instalados sensores automatizados tipo TDR (modelo CS 615 da Campbell Scientific) nas profundidades de 10, 20, 30 e 40, cm. As leituras de cada sensor foram armazenadas a cada 30 minutos em sistema de aquisição de dados CR 1000 (Campbell Scientific).

O fluxo de CO_2 foi medido por um sistema de covariância dos vórtices turbulentos composto de um anemômetro sônico tridimensional (CSAT3, Campbell Scientific, Logan, Utah, EUA) e um analisador infravermelho de gás de caminho aberto (EC150, Campbell Scientific, Logan, Utah, EUA) instalados a uma altura de 2,0 m, na pastagem, e 8,0 m, na caatinga. Segundo Burba et al. (2013), nesse método são quantificados os fluxos que passam através de um sistema fechado onde é realizada a contagem dos movimentos turbulentos (para cima e para baixo).

No primeiro momento, quando o turbilhão passa pelo sensor (movimento para baixo), é quantificada a velocidade vertical do vento (w_1) e a concentração desse gás (C_1). No segundo momento, com a nova passagem do turbilhão pelo sensor (movimento para cima), novamente são quantificadas a velocidade

vertical do vento (w_2) e a concentração do gás (C_2) (BURBA et al., 2013). Então o Fluxo de CO_2 pode ser determinado pela seguinte equação:

$$F_c = \overline{\rho d w' s'} \quad (2)$$

sendo ρd ($mg\ m^{-3}$) a densidade do ar, $w's'$ ($mg\ m^{-2}\ s^{-1}$) a média da covariância da flutuação da velocidade vertical e a flutuação da concentração de carbono.

Considera-se que valores positivos indicam fluxos de CO_2 da vegetação para a atmosfera, oriundos de processos respiratórios, e valores negativos indicam fluxos de CO_2 da atmosfera para a vegetação, devido à atividade fotossintética.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação pluviométrica total durante o período de estudo foi de 142,24 mm e 132,84 mm, respectivamente para a pastagem e caatinga (**Figuras 1 e 2**). Poucos eventos de precipitação foram registrados durante o experimento, sendo novembro o mês de maior precipitação. As flutuações da média diária do fluxo de CO_2 (FCO_2) e do armazenamento de água nos solos das duas áreas estudadas são apresentados nas **Figuras 1 e 2**. Nota-se que mesmo em setembro, mês que registrou o menor evento de precipitação, o fluxo de CO_2 foi negativo para maioria dos dias, indicando que as áreas de estudo mesmo com baixa disponibilidade de água no solo conseguem atuar como sumidouros de CO_2 .

Foram registrados pulsos positivos de CO_2 durante ou imediatamente após os eventos de precipitação nas duas áreas estudadas, sendo que na pastagem esses pulsos oscilaram entre (0,49 e 4,28 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$) e na caatinga entre (0,49 e 4,40 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$), variando de acordo com a intensidade e a quantidade de precipitação. Esses pulsos estão diretamente relacionado ao umedecimento do solo. Davidson et al. (2000) e Savage & Davidson (2003), estudando o fluxo de CO_2 no solo, encontraram pulsos na emissão de CO_2 após o rápido umedecimento de um solo seco. Esse CO_2 que foi liberado pelo solo passa a fazer parte do ecossistema e faz com que o fluxo de CO_2 seja positivo.

Sotta et al. (2004) e Castro & Kauffman (1998) relataram a importância da umidade do solo para a liberação ou retenção do fluxo de CO_2 do solo. Segundo esses autores a água drenada para o solo força a saída do CO_2 presente nos poros, e por meio do processo chamado difusão, responsável pelo transporte de gases no solo através dos poros, o CO_2 é emitido para atmosfera. Outros dois fatores precisam ser considerados para entendermos a dinâmica do CO_2 após o umedecimento do solo são



eles, a atividade microbiana e a respiração das raízes das plantas que aumentam. Esses pulsos de CO₂ influenciam de forma significativa o fluxo anual de carbono, visto que durante os 4 meses de estudo cada ecossistema contribuiu com 0,33 t C ha⁻¹ para a atmosfera.

Analisando as **Figuras 1 e 2**, nota-se que alguns eventos de precipitação são insuficientes para provocar uma recarga hídrica no solo e devido a isso o fluxo de CO₂ volta a ter rapidamente os mesmos valores anteriores a esses eventos. Diferentemente do que é observado quando o evento é maior. Neste caso, após as chuvas ocorre um pulso positivo de CO₂ para a atmosfera e logo em seguida diminui com o tempo, chegando a valores bem menores, ou seja, mais negativos, que aqueles anteriores ao evento. Imediatamente após os maiores eventos de chuvas, a água força a saída do CO₂ dos poros que por difusão são lançadas à atmosfera. Quando o fluxo de CO₂ diminui e se mantém positivo, a emissão de CO₂ para a atmosfera é mantida pela atividade microbiana e a respiração das raízes das plantas. Após alguns dias o fluxo de CO₂ diminui consideravelmente (< -1,5 μmol m⁻² s⁻¹) devido a atividade fotossintética, indicando que a água que ficou armazenada no solo foi suficiente para o restabelecimento de algumas plantas presentes na área.

Nota-se que ocorre valores positivos no fluxo de CO₂, mesmo em dias sem precipitação. Isso se deve ao fato do fluxo não ser dependente apenas da precipitação e da umidade do solo, mais também de outras variáveis meteorológicas como, temperatura do ar, umidade relativa, saldo de radiação, entre outras que interferem no metabolismo das plantas fazendo com que elas atuem consumindo ou liberando CO₂.

CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que a precipitação, influencia de forma significativa no balanço de CO₂ tanto em áreas de pastagem como em áreas de caatinga, visto que durante o período de estudo os pulsos positivos de CO₂ contribuíram com 0,33 t C ha⁻¹ em cada área estudada.

AGRADECIMENTOS

AO CNPQ, POR MEIO DE AUXÍLIO FINANCEIRO (PROJETO N° 485086/2013-1) E BOLSAS (PROJETOS N° 307641/2013-9 E 305727/2009-5) E À FACEPE (PROCESSOS APQ-0077-5.01/09; APQ-1178-3.01/10) E À FINEP (PROCESSO 551922/2011-7) PELOS RECURSOS FINANCEIROS.

REFERÊNCIAS

- BATJES, N. H.; DIJKSHOORN, J.A. Carbon and nitrogen stocks in the soils of the Amazon Region. *Geoderma*, v. 89, p. 273-286, 1999.
- BRANDÃO, A.B. Dinâmica temporal do efluxo de CO₂ do solo em área de cerrado no Pantanal Mato-grossense. 59p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.
- BURBA, G.; MADSEN, R.; FEESE, K. Eddy Covariance Method for CO₂ Emission Measurements in CCUS Applications: Principles, Instrumentation and Software. *Energy Procedia*, v. 40, p. 329-336, 2013.
- CASTRO, E. A. & KAUFFMAN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology* v.14, p.263-283, 1998.
- DAVIDSON, E.A., BELK, E., BOONE, R.D. Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. *Global Change Biology* v.4, p.217-227, 1998.
- HOUGHTON, R. A; LAWRENCE, K. T.; HACKLER, J. L.; BROWN, S. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. *Global Change Biology*, v. 7, p. 731-746, 2001.
- LIBARDI, P.L, Dinâmica da água no solo, 2.ed, Piracicaba: O Autor, 2000, 509p.
- KURC, S. A.; SMALL, E. E. Soil moisture variations and ecosystem-scale fluxes of water and carbon in semiarid grassland and shrubland. *Water Resources Research*, v. 43, p. 1-13, 2007.
- MYKLEBUST, M. C.; HIPPS, L. E.; RYEL, R. J. Comparison of eddy covariance, chamber, and gradient methods of measuring soil CO₂ efflux in annual semi-arid grass, *Bromus tectorum*. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 148, p. 1894-1907, 2008.
- ROSS, S. Soil Processes: A systematic approach. Routledge, New York, U.S.A. 444 p. 1989.
- SAVAGE, K.E., DAVIDSON, E.A. A comparison of manual and automated systems for soil CO₂ flux measurements: trade-offs between spatial and temporal resolution. *Journal of Experimental Botany* v.54, p.891-899, 2003.
- SOTTA, E.D.; MEIR, P.; MALHI, Y.; NOBRE, A.D.; HODNETT, M.G.; GRACE, J. Soil CO₂ efflux in a tropical forest in the Central Amazon. *Global Change Biology*, v. 10, p. 601-617, 2004.

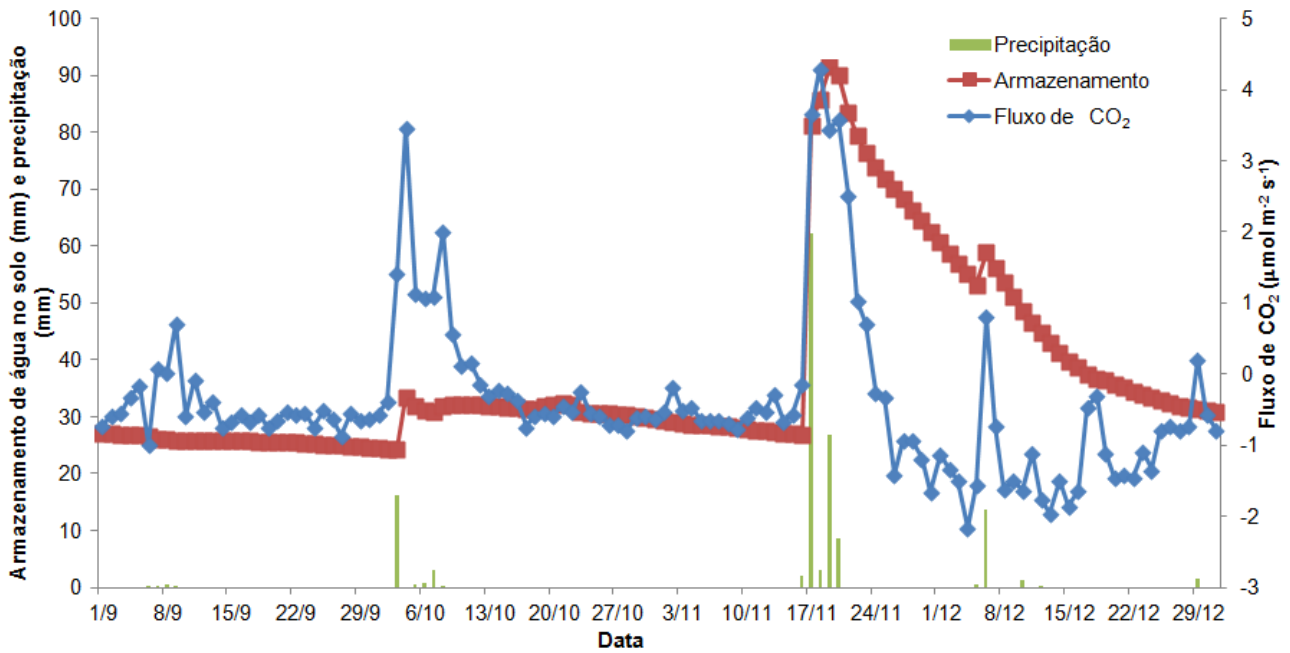


Figura 1 - Variação do Fluxo de CO₂ e do Armazenamento de água no solo em função da precipitação em uma área de pastagem no semiárido Pernambucano.

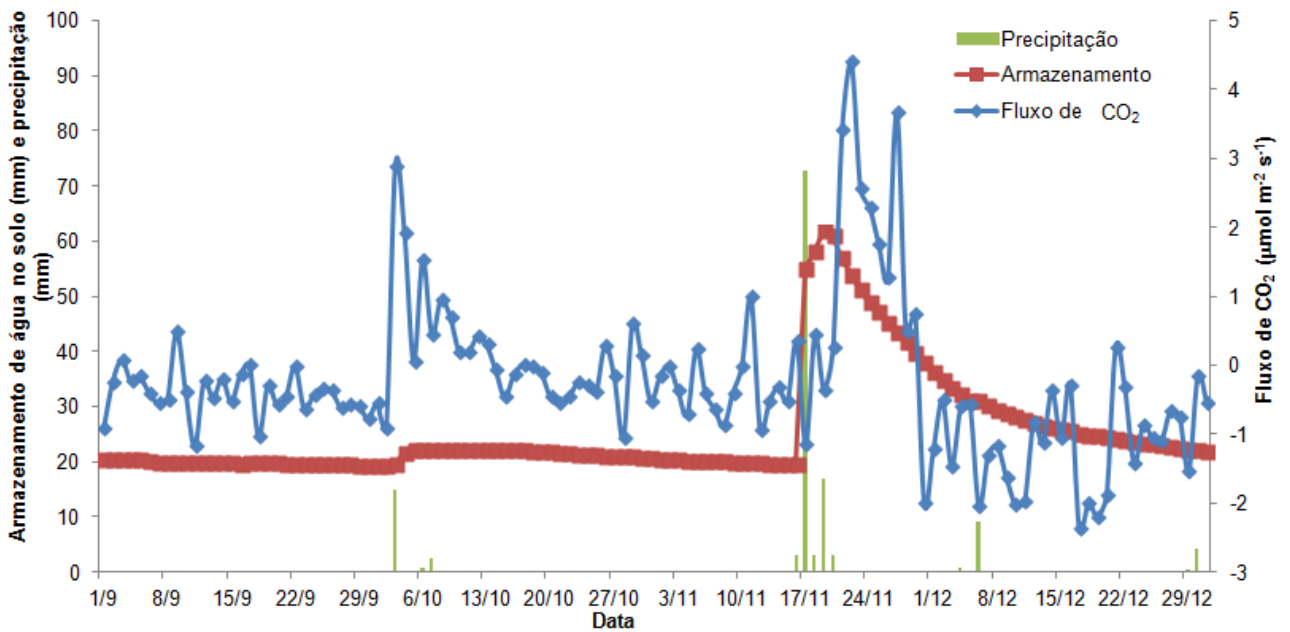


Figura 2 - Variação do Fluxo de CO₂ e do Armazenamento de água no solo em função da precipitação em uma área de caatinga no semiárido Pernambucano.