



Variações de curto prazo nas emissões de CO₂ do solo de sistema agroflorestal com base na palma de óleo no nordeste da Amazônia⁽¹⁾.

Lilianne Fontel Cunha⁽²⁾; Helen Monique Nascimento Ramos⁽³⁾; Saime Joaquina Souza de Carvalho Rodrigues⁽³⁾; Steel Silva Vasconcelos⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Projeto Estoques e fluxos de carbono e nitrogênio em cultivos de palma de óleo no Pará (ICAAF No. 084/2014, Convênio 746407112010 - CNPq/FAPESPA/SECTI)

⁽²⁾ Mestranda PPG-Ciências Ambientais; Universidade Federal do Pará; Belém, Pará; lilianne.cunha@ufpa.br;

⁽³⁾ Doutoranda PPG- Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, helenmoniquen@yahoo.com.br, saimecarvalho@yahoo.com.br; ⁽⁴⁾ Pesquisador Embrapa Amazônia Oriental, Laboratório de Análises de Sistemas Sustentáveis, steel.vasconcelos@embrapa.br

RESUMO: O efluxo de CO₂ do solo representa uma das formas de perda do carbono armazenado no solo. Diversos fatores contribuem para este processo, tais como a temperatura e umidade do solo, a distribuição do sistema radicular, a vegetação acima do solo, entre outros. O objetivo deste estudo foi avaliar as variações de curto prazo no efluxo de CO₂ do solo para determinar os horários que melhor representem a média do dia de emissão deste gás, em um sistema agroflorestal (SAF) com base na palma de óleo, em Tomé-Açu – PA. Foram avaliados os valores de efluxo emitidos pelo componente da palma de óleo e de outras espécies contidas no SAF, mensurados nos horários de 6:30, 7:30, 9:00, 10:30, 12:30, 15:30, 19:00, 22:30, 02:30 e 04:30, em dois dias consecutivos. Os valores de efluxo também foram correlacionados com a temperatura do solo. A variável temperatura do solo não foi suficiente para explicar a variação temporal do efluxo, mas estas emissões foram influenciadas pela composição do sistema agroflorestal, sendo os maiores valores de efluxo de CO₂ do solo observados no componente das outras espécies. Medidas de efluxo de CO₂ do solo no intervalo entre 6:30 e 09:00 da manhã representam a média do efluxo diário. Portanto, este intervalo de medição é recomendado para o monitoramento do efluxo de CO₂ do solo no sistema avaliado.

Termos de indexação: Dendezeiro, respiração do solo, temperatura do solo

INTRODUÇÃO

O cultivo de palma de óleo se expande no território brasileiro, especialmente no estado do Pará, estimulado por políticas públicas que incentivam a produção de óleo de palma por meio de sistemas ambientalmente e socialmente sustentáveis, como por exemplo, sistemas agroflorestais de produção familiar. Esses sistemas têm sido recentemente adotados não apenas como alternativa para a expansão da palma de óleo, como também para a redução da degradação do solo. (SANTIAGO et al, 2013). Os sistemas agroflorestais são reconhecidamente viáveis economicamente

para as comunidades locais, através da diversificação de produtos para comercialização e manutenção da segurança alimentar. Representam, ainda, uma opção para a redução dos problemas associados ao uso do solo e do aquecimento global causado pelas emissões de CO₂ (ALBRECHT & KANDJI, 2003).

O efluxo de CO₂ do solo, ou respiração do solo, corresponde à emissão de CO₂ do solo para a superfície atmosférica resultante da respiração autotrófica das raízes e micorrizas e da respiração heterotrófica dos microrganismos do solo, bem como da liberação de CO₂ pela oxidação química do carbono proveniente da decomposição. Este processo é complexo, pois pode sofrer variações temporais e espaciais, em função de diversos fatores, como temperatura e umidade do solo, tipo de vegetação, disponibilidade de material vegetal para decomposição, desenvolvimento e distribuição do sistema radicular, entre outros (RYAN & LAW, 2005).

A temperatura e a umidade do solo são consideradas como fatores importantes para a determinação do efluxo de CO₂ do solo (RAICH & TUFEKCIOGLU, 2000), mas as informações sobre a dinâmica do CO₂ em áreas de cultivo, associada aos fatores que a influenciam, ainda são insuficientes.

Quanto aos estudos de variação temporal de efluxo de gases, é importante que se faça a definição do horário em que as medições serão realizadas, de modo que o período de mensuração esteja em conformidade com o efluxo médio diário de emissão, permitindo a realização das estimativas semanais, mensais e anuais (COSTA, et al. 2008).

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de monitorar as variações de curto prazo no efluxo de CO₂ do solo, visando determinar o intervalo que melhor represente a média diária de emissão, bem como verificar o efeito dos componentes Palma de óleo e outras espécies nas emissões de CO₂ de um sistema agroflorestal com base na palma de óleo, no nordeste da Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS



Descrição da área de estudo

O estudo foi desenvolvido no município de Tomé-Açu (2° 40' 54" S e 48° 16' 11" W). O clima do município é tropical quente e úmido, do tipo Am, pela classificação de Köppen. A temperatura média anual do município é 26,6 °C e a precipitação média anual é 2439 mm, distribuída em uma estação chuvosa de dezembro a junho, e uma menos chuvosa, de julho a novembro. Os solos predominantes são Latossolos Amarelos, com textura variando de média a argilosa (Baena e Falesi 1999).

Descrição do experimento

O estudo foi desenvolvido em um sistema agroflorestal de produção de palma de óleo com dois hectares, formado por 11 linhas duplas de palma de óleo (7,5 x 9 m), sendo cada linha dupla intercalada por uma faixa de 15 m, onde são cultivadas espécies consorciadas como cacau (*Theobroma cacao*) e ingá (*Inga edulis*).

O preparo da área para implantação do sistema agroflorestal ocorreu no período entre setembro e outubro de 2007. A vegetação foi cortada e triturada mecanicamente, e depositada sobre o solo, formando uma cobertura morta.

Medição do fluxo de CO₂ do solo

Foram feitas medições do efluxo de CO₂ e temperatura do solo nos horários de 6:30, 7:30, 9:00, 10:30, 12:30, 15:30, 19:00, 22:30, 02:30 e 04:30 nos dias 11 a 12 de dezembro de 2014 de modo a representar os dois componentes básicos do sistema: (1) as linhas duplas da palma de óleo – especificamente a área de coroamento da palma de óleo e de empilhamento de folhas oriundas do manejo de poda- e (2) a faixa de plantio das outras espécies – especificamente áreas próximas a indivíduos de cacau e ingá.

A quantificação do efluxo de CO₂ foi realizada com um sistema portátil de medição de fotossíntese (modelo LI-6400, LI-COR, Lincoln, NE, USA) acoplado a uma câmara de respiração do solo. Anéis cilíndricos de PVC com 1,15 cm de diâmetro e 7,5 cm de altura foram inseridos no solo a 2 cm de profundidade. Em cada ponto de medição do efluxo de CO₂ foi registrada a temperatura do solo a 5 cm de profundidade, com o uso de um termômetro de solo conjunto ao aparelho.

Análise estatística

O experimento original possui quatro parcelas, sendo que, para a realização da avaliação diária de emissão do CO₂, foram escolhidas apenas duas parcelas, onde as câmaras apresentaram maior estabilidade quanto às medições de efluxo nos três

meses de coleta que antecederam este experimento, além de facilitarem a logística para a coleta dos dados. Cada parcela possui 2 repetições por componente, configurando, assim, quatro repetições por horário de coleta, totalizando 40 unidades amostrais por componente.

A análise de variância foi realizada atendendo um delineamento inteiramente casualizado. Foram feitas análises de correlação e de regressão linear simples, para avaliar o grau de associação linear entre as variáveis efluxo de CO₂, temperatura do solo, a influência dos componentes do SAF sobre o efluxo, e o horário do dia em que as emissões foram registradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efluxo de CO₂ do solo no componente das outras espécies, em todo período amostrado, foi maior do que o observado no componente da palma de óleo (**Figura 1a**). A palma de óleo apresentou menor variação em relação à média diária do efluxo de CO₂, enquanto que o componente das outras espécies apresentou valores médios mais distantes e oscilantes da média diária (**TABELA 1**). Nesse sentido, nas linhas das outras espécies do SAF, há um estoque maior de material foliar (PAULINO et al, 2014). De acordo com Alves et al (2011), a cobertura vegetal de espécies arbóreas propicia maior acúmulo de material orgânico, favorecendo a microbiota do solo pelo maior fornecimento de nutrientes para o desenvolvimento de organismos, que contribuem para a liberação de CO₂ pelo processo respiratório. Além disso, a respiração do solo pode ser influenciada pela diversidade do material orgânico proveniente das espécies arbóreas e pelas raízes que compõem a estrutura do sistema. (BRÉCHET et al, 2011).

O intervalo contínuo que não apresentou diferença significativa entre os componentes em relação à média diária de efluxo de CO₂ foi de 6:30 às 9:00 horas.

A temperatura do solo apresentou um padrão de comportamento com menores médias no período da madrugada e maiores no intervalo de 10:30 às 19:00 horas, principalmente no componente palma de óleo (**TABELA 1**). Além disso, os valores mais próximos da média diária de temperatura ocorreram nas primeiras horas do dia (**Figura 1b**). Santin et al (2012) correlacionaram efluxo de CO₂ com temperatura do solo para representar o horário mais indicado para a medição deste gás e concluíram que o melhor período corresponde aquele em que a temperatura do solo medida coincide com a temperatura do solo média do dia.

A análise de regressão mostrou que a temperatura do solo medida a 5 cm de profundidade



não ocasionou efeito sobre o efluxo médio de CO₂ do solo, tanto para a influência do componente palma de óleo, quanto para das outras espécies do SAF (**Figura 2**). Esses resultados estão de acordo com aqueles relatados por D'andréa et al (2009), que avaliaram variações de curto prazo nas emissões de CO₂ em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro e observaram que os fatores abióticos do ambiente não foram os determinantes no efluxo de CO₂ do solo, indicando a possibilidade de que os fatores bióticos (vegetação e microbiota do solo) pudessem controlar as emissões de CO₂ do solo.

Apesar dos resultados obtidos neste estudo, é necessário investigar se as variações de curto prazo no fluxo diurno de CO₂ observadas no sistema se repetem com a mesma tendência em meses ou períodos do ano diferentes daquele avaliado.

Estudos complementares relacionando a atividade do sistema radicular e a atividade microbiana solo são importantes para determinar a participação efetiva da espécie vegetal neste processo.

CONCLUSÕES

Para o sistema avaliado, o horário de medição do efluxo que representa a emissão de CO₂ média do dia, compreende o intervalo de 6:30 às 09:00 horas.

A temperatura do solo não foi o principal determinante do efluxo de CO₂ do solo. Por outro lado, a composição do sistema influenciou nas emissões de curto prazo de CO₂ e isto pode estar relacionado aos fatores bióticos (plantas e microbiota do solo).

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão de bolsa. Ao "Projeto Dendê: Sistemas agroflorestais na agricultura familiar", executado através da parceria entre a empresa Natura Inovação e Tecnologia de Produtos LTDA, a Cooperativa Mista de Tomé-Açu (CAMTA) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA- Amazônia Oriental); e ao senhor Ernesto Suzuki, pela cessão da área para realização do experimento.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, A. & KANDJI, S.T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agric. Ecosyst. Environ.*, v.99, p.15-27, 2003.
ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; NETO, N. E.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.33, n.2, p.341-347, 2011.

BAENA, A.R.C.; FALES, I.C. 1999. Avaliação do potencial químico e físico dos solos sob diversos sistemas de uso da terra na Colônia Agrícola de Tomé-Açu, Estado do Pará. *Boletim de Pesquisa*, 18. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. 23 p.

BRÉCHET, L.; PONTON, S.; ALMÉRAS, T.; BONAL, D.; EPON, D. Does spatial distribution of tree size account for spatial variation in soil respiration in a tropical forest? *Plant Soil*, v.347, p. 293-303, 2011.

COSTA, F. de S.; BAYER, C.; LIMA, M. A.; FRIGHETTO, R. T. S.; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. Variação diária da emissão de metano em solo cultivado com arroz irrigado no Sul do Brasil. *Ciência Rural*. Santa Maria v.38, n.7. p. 2049- 2053. oct. 2008.

D'ANDEA, A. F.; SILVA. Variações de curto prazo nas emissões de CO₂ do solo em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro. *Química Nova*. v. 32. p. 2314-2317, 2009.

PAULINO, G. S.; RAMOS, H. M. N.; RODRIGUES, S. J. S. de C.; VASCONCELOS, S. S. Estoque de carbono na serapilheira de cultivos de palma de óleo em sistemas agroflorestais na Amazônia Oriental. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18.; SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2., 2014, Belém, PA. Anais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

RAICH, J. W. & TUFEKCIOGLU, A. Vegetation and soil respiration: Correlations and controls. *Biogeochemistry*, v.48, p. 71-90, 2000.

RYAN, M.G. & LAW, B. E. Interpreting, measuring, and modeling soil respiration. *Biogeochemistry*, v.73, p. 3-27, 2005.

SANTIAGO, W. R.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; BISPO, C. J. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; CASTELANNI, D. C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia oriental. *Acta Amazônica*, v. 43 (4), p. 395-406, 2013.

SANTIN, R. C.; DEON, M. D.; BLUM, J.; SIGNOR, D.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R. Variação ao longo de um dia das emissões de gases de efeito estufa de um solo sob pastagem e irrigado com efluente de esgoto tratado. *Fertbio*, 2012.

Figuras

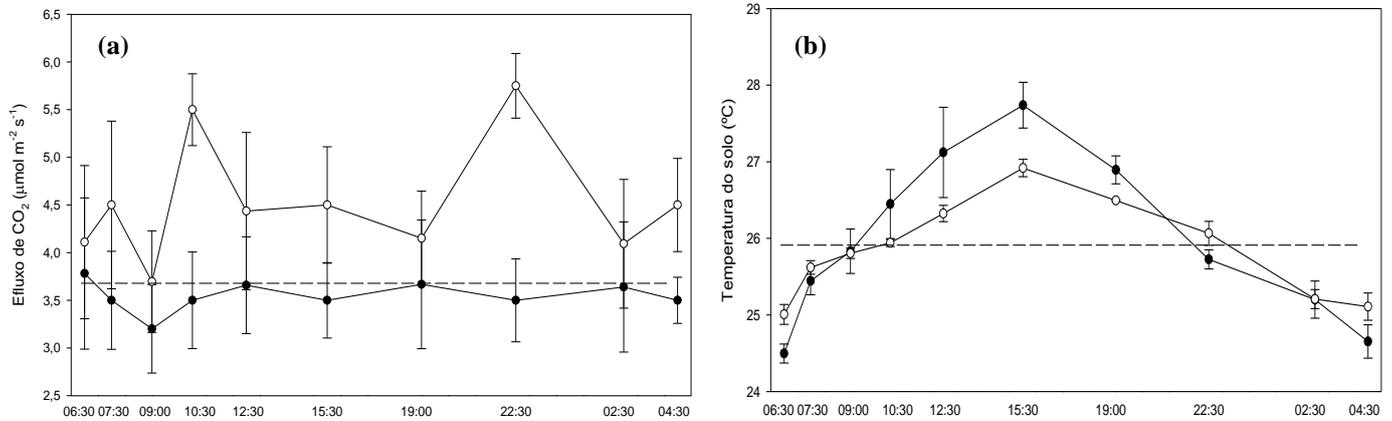


Figura 1: Variação diária do efluxo de CO₂ do solo (a) e temperatura do solo (b) nos componentes palma de óleo e outras espécies, em sistema agroflorestal em Tomé-Açu, no nordeste da Amazônia.

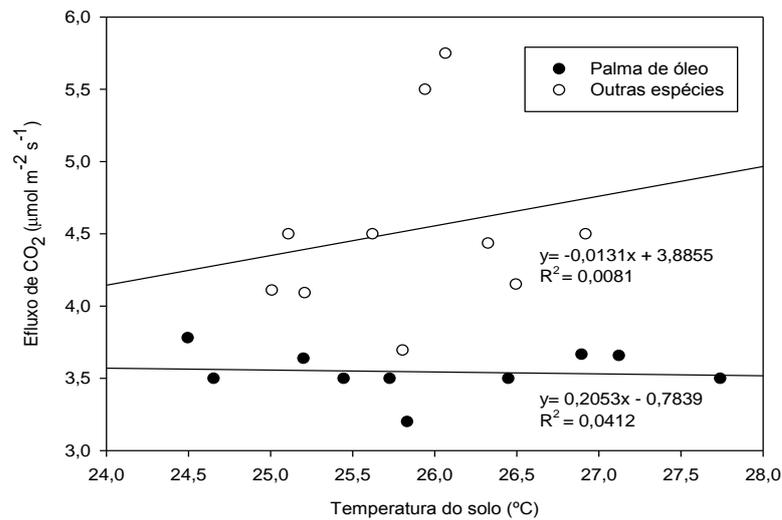


Figura 2: Efluxo de CO₂ do solo em função da temperatura do solo medida a 5 cm de profundidade para os componentes palma de óleo e outras espécies, em Tomé-Açu, no nordeste da Amazônia.

Tabela 1: Médias diárias de efluxo de CO₂ e temperatura do solo em dois componentes de uma sistema agroflorestal no nordeste da Amazônia.

Intervalo	Efluxo de CO ₂			Temperatura do solo		
	Palma de óleo	Outras Espécies	média diária	Palma de óleo	Outras Espécies	média diária
11/12/2014 06:30	3,78 ± 0,12 a	4,11 ± 0,80 a	3,73 ± 0,18 a	24,50 ± 0,79 c	25,01 ± 0,13 b	25,98 ± 0,15 a
11/12/2014 07:30	3,50 ± 0,18 a	4,50 ± 0,88 a	3,73 ± 0,18 a	25,45 ± 0,51 b	25,62 ± 0,09 b	25,98 ± 0,15 a
11/12/2014 09:00	3,20 ± 0,29 a	3,70 ± 0,53 a	3,73 ± 0,18 a	25,83 ± 0,46 a	25,80 ± 0,07 a	25,98 ± 0,15 a
11/12/2014 10:30	3,50 ± 0,45 b	5,50 ± 0,38 a	3,73 ± 0,18 b	26,45 ± 0,51 a	25,94 ± 0,05 b	25,98 ± 0,15 c
11/12/2014 12:30	3,66 ± 0,59 a	4,44 ± 0,82 a	3,73 ± 0,18 a	27,12 ± 0,51 a	26,32 ± 0,11 b	25,98 ± 0,15 c
11/12/2014 15:30	3,50 ± 0,30 a	4,50 ± 0,61 a	3,73 ± 0,18 a	27,74 ± 0,40 a	26,92 ± 0,11 b	25,98 ± 0,15 c
11/12/2014 19:00	3,67 ± 0,18 a	4,15 ± 0,49 a	3,73 ± 0,18 a	26,89 ± 0,67 a	26,49 ± 0,01 b	25,98 ± 0,15 c
11/12/2014 22:30	3,50 ± 0,12 b	5,75 ± 0,34 a	3,73 ± 0,18 b	25,73 ± 0,44 a	26,07 ± 0,16 a	25,98 ± 0,15 a
12/12/2014 02:30	3,64 ± 0,24 a	4,09 ± 0,68 a	3,73 ± 0,18 a	25,20 ± 0,68 b	25,21 ± 0,12 b	25,98 ± 0,15 a
12/12/2014 04:30	3,50 ± 0,22 a	4,50 ± 0,49 b	3,73 ± 0,18 a	24,65 ± 0,24 c	25,11 ± 0,18 b	25,98 ± 0,15 a

Letras minúsculas comparam componentes à média do dia dentro do intervalo de coleta. Teste Tukey a 5%