

## VARIAÇÃO TEMPORAL DO EFLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO PELO SOLO EM SISTEMAS DE CULTIVO DE DENDÊ CONSORCIADO EM TOMÉ-AÇU, PA.

Carolina Melo da Silva<sup>1</sup>, Steel Silva Vasconcelos<sup>2</sup>, Edson Marcos Leal Soares Ramos<sup>3</sup>, Calos Capela<sup>4</sup>

**RESUMO:** *O dendê (Elaeis guineensis Jacq.) se destaca na como opção viável de produção na Amazônia por se adaptar bem a região e pelo potencial que possui de seqüestro de carbono. Uma das formas de liberação do carbono armazenado é através da respiração do solo. Fatores como a distribuição de raízes, física e química, temperatura e umidade do solo interferem no processo de liberação de dióxido de carbono pelo solo, mas esse processo ainda não é bem compreendido, especialmente na Amazônia. Este trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade temporal da emissão de CO<sub>2</sub> do solo, da temperatura e da umidade do solo, em sistemas alternativos de plantio de dendê em Tomé-Açu – PA, como parte do projeto Projeto Dendê em Sistemas Agroflorestais na Agricultura Familiar. Foi feita análise de variância de medidas repetidas no tempo e observou-se que o efluxo de CO<sub>2</sub> teve comportamentos diferentes nos dois tratamentos, exibindo diferentes respostas às variações de umidade e temperatura do solo. As variáveis analisadas temperatura e umidade do solo não foram suficientes para explicar a variabilidade temporal da respiração do solo nos tratamentos analisados.*

**Palavras-chave:** Dendê, Amazônia, dióxido de carbono, umidade e temperatura.

**ABSTRACT:** *Oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) stands out as a viable option in production in the Amazon for region to adapt well and has the potential for carbon sequestration. One way to release the stored carbon is through soil respiration. Factors such root distribution, physics and chemistry, temperature and soil moisture affect the process of releasing carbon dioxide by the soil, but this process is not well understood, especially in the Amazon. This study aimed to evaluate the temporal variability of soil CO<sub>2</sub> emissions, temperature and soil moisture in alternative systems of plant oil palm in Tome-Acu - PA, as part of the Palm Agroforestry Project in Family Agriculture . We analyzed the variance of repeated measures in time and it was observed that the efflux of CO<sub>2</sub> had different behaviors in the two treatments, showing different responses to variations in moisture and soil temperature. The variables analyzed temperature and soil moisture were not sufficient to explain the temporal variability of soil respiration in the treatments analyzed.*

**Keywords:** Palm, Amazon, carbon dioxide, moisture and temperature

### Introdução

O Brasil apresenta excepcionais condições para a expansão do cultivo do dendê (*Elaeis guineensis*), notadamente na região Amazônica, que dispõe de condições edafoclimáticas muito favoráveis à esta palmeira (MÜLLER et al. 2006). O estado do Pará tem grande potencial para a produção de óleo de palma (MÜLLER; FURLAN JR, 2001).

Além dos benefícios econômicos, o plantio de dendê em larga escala e a grande produção de biomassa da plantação dessa palmeira podem contribuir de forma substancial para o seqüestro de carbono (LAW et. al. 2009). Especialmente se for consorciado com espécies florestais para que ocorra a formação de um sumidouro de carbono, uma vez que as florestas removem parte do CO<sub>2</sub> da

1- Estudante de pós-graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA), [cms.carol@yahoo.com.br](mailto:cms.carol@yahoo.com.br) ; 2- Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental (EMBRAPA), [steel@cpatu.embrapa.br](mailto:steel@cpatu.embrapa.br); 3- Professor da Universidade Federal do Pará (UFPA), [ramosedson@gmail.com](mailto:ramosedson@gmail.com); 4 – Pesquisador da NATURA Inovação e Tecnologia de Produtos Ltda, Tecnologias Sustentáveis–Bioagricultura. [cjcapela@yahoo.com.br](mailto:cjcapela@yahoo.com.br)

atmosfera através do processo de fotossíntese, promovendo o chamando "seqüestro de carbono" (SILVA et al. 2008).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) têm sido recomendados para regiões tropicais, devido aos seus benefícios sociais, econômicos e ambientais (BORNER et al, 2007). Segundo Macedo (2000), SAFs são sistemas de uso e manejo dos recursos naturais que integram consorciações de árvores e culturas agrícolas de forma ecologicamente desejável e socialmente aceitável pelo produtor rural, de modo que este obtenha os benefícios das interações ecológicas e econômicas resultantes.

Uma das formas de liberação do carbono para a atmosfera é através da respiração do solo, correspondendo à troca de CO<sub>2</sub> entre solo, plantas e atmosfera (MORARU et al. 2010). A respiração do solo pode variar no tempo e no espaço devido a fatores como a química e a física do solo, distribuição de raízes (SOE; BUCHMANN, 2005) e umidade do solo (MEROLD et. al. 2011).

Para estimar a quantidade de respiração do solo e sua variabilidade temporal é essencial avaliar a relação entre respiração do solo e variáveis ambientais que podem ser continuamente monitoradas, como umidade do solo e temperatura (KOSUGI et al. 2007). Este trabalho teve como objetivo analisar a variabilidade temporal da emissão de CO<sub>2</sub> e das variáveis climáticas, temperatura e umidade do solo em dois sistemas alternativos de cultivo de dendê.

## **Material e Métodos**

O estudo foi realizado no município de Tomé-Açu – PA, em uma das áreas experimentais do Projeto Dendê em Sistemas Agroflorestais na Agricultura Familiar, desenvolvido pela Natura em parceria com a Cooperativa Agrícola Mista de Tomé Açu (CAMTA), EMBRAPA Amazônia Oriental, EMBRAPA Amazônia Ocidental e Financiadora de Estudo e Projetos (FINEP).

A precipitação média anual na área é de 2.000 a 2.500 mm anuais, a temperatura média anual é de 27,9°C e o clima é do tipo Ami, segundo a classificação de Köppen (BAENA; FALESI, 1999).

As amostras foram coletadas em 72 pontos amostrais divididos em dois tratamentos denominados de Sistema Adubadeiras e Sistema Biodiverso Mecanizado. O Sistema Adubadeiras foi instalado em 2 ha triturado mecanicamente com faixa dupla de dendê com espaçamento de 7,5 m entre linhas e 9,0 m entre plantas, intercalados com faixa de 15 m, onde foram plantadas leguminosas como gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.), ingá (*Inga edulis* Mart.) e margaridão (*Tithonia diversifolia* Hemsl). O Sistema Biodiverso Mecanizado foi instalado em 2 ha triturados mecanicamente com faixa dupla de dendê com espaçamento de 7,5 m entre linhas e 9,0 m entre plantas, intercalados com faixa de 15 m, onde foram espécies como ingazeiro (*Inga sp.* Mart.), cacauzeiro (*Theobroma cacao* L. (Linn.)), ipê (*Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich.), açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e bacabizeiro (*Oenocarpus minor* Mart).

Em cada tratamento foi instalado um grid de 12mx12m, delimitado por piquetes e fitas. Cada grid foi dividido em 36 quadrados menores de 2mx2m, onde foram feitas as medições de efluxo de

CO<sub>2</sub>, umidade e temperatura do solo durante o período de dezembro de 2010 a maio de 2011. O efluxo de CO<sub>2</sub> foi medido com um sistema portátil de medição de fotossíntese acoplado a uma câmara de respiração do solo EGM-4 da PPSystems. A temperatura do solo foi medida com um termômetro acoplado ao equipamento a 10 cm de profundidade.

Foram coletadas amostras de solo para determinação da umidade gravimétrica do solo (Embrapa, 1997). Foi feita análise de variância de medidas repetidas no tempo, e foi realizado teste Tukey nos resultados, a 5% de significância, foram utilizados os programas Excel e SigmaPlot versão 11.0, foi feita transformação dos dados para logaritmo neperiano para atender os pressupostos da análise paramétrica.

## **Resultados e Discussão**

A análise de variância de medidas repetidas no tempo realizada para a variável CO<sub>2</sub>, comparando os dois tratamentos, Biodiverso e Adubadeiras, tabela 1, mostrou que a emissão de dióxido de carbono foi maior no sistema Adubadeiras no mês de janeiro e no mês de abril foi maior no sistema Biodiverso nos outros meses, foi igual nos dois tratamentos.

Analisando cada tratamento separado, foi possível observar que a emissão de CO<sub>2</sub> no sistema Biodiverso foi menor no mês de janeiro, com média de 0,441 g CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup>/h e foi maior nos meses de dezembro, abril e maio, onde teve média de 0,712 g CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup>/h, não houve diferença significativa estatisticamente entre estes meses de acordo com o teste Tukey realizado. As médias das variáveis analisadas, CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo, encontram-se no gráfico 1.

A emissão de CO<sub>2</sub> no sistema Adubadeiras foi menor no mês de abril, com média de 0,388 g CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup>/h, tendo o mês de dezembro como intermediário e a maior emissão nos meses de janeiro e maio, que tiveram médias iguais estatisticamente, de 0,653 e 0,695 g CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup>/h. O valor máximo da emissão de CO<sub>2</sub> observado no experimento foi de 2,52 g CO<sub>2</sub>m<sup>2</sup>/h bem maior do que o valor máximo encontrado por D'Andréa, et al. (2009) que encontrou um valor de 0,537 g CO<sub>2</sub>m<sup>2</sup>/h como valor máximo em medições com aparelho igual ao utilizado neste experimento.

Esse resultado difere do encontrado por Costa et al. (2008) que analisando estoque de carbono e emissões de dióxido de carbono orgânico e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil observou que não houve diferença nas médias mensais de emissão de CO<sub>2</sub> mesmo em sistemas com diferentes tipos de manejo.

Os dois tratamentos apresentaram respostas diferentes da respiração do solo à variação da umidade e temperatura do solo, indicando que outros fatores possam ter maior influencia no efluxo de dióxido de carbono do solo. D'Andréa (2009), observando variações de curto prazo nas emissões de CO<sub>2</sub> do solo em diferentes sistemas de manejo observou que os fatores abióticos, temperatura e umidade parecem não ser determinantes na emissão de CO<sub>2</sub> e que os fatores bióticos como planta e microbiota do solo são os que parecem condicionar a respiração do solo.

A análise de variância feita para a umidade do solo encontra-se na tabela 2. O sistema Biodiverso apresentou as maiores médias de umidade do solo comparado com o sistema Adubadeiras nos meses de dezembro, janeiro e abril, no mês de maio não houve diferença significativa entre os tratamentos.

De acordo com Vicente *et al.* (2006) os valores ótimos de umidade do solo variam entre 25% a 40% acima disso ela limita a emissão de CO<sub>2</sub> pelo excesso de água, e falta de oxigênio no solo, e abaixo disso, ela limita a respiração do solo pela seca.

Em relação a temperatura do solo foi verificado no sistema Adubadeiras os menores valores de temperatura no mês de abril, e os maiores valores no mês de dezembro. No sistema Biodiverso, não foi verificada diferença significativa estatisticamente entre os meses de janeiro, maio e dezembro, que apresentaram as maiores médias e o mês de abril apresentou a menor média de temperatura do solo.

Em relação a diferença entre os tratamentos, nos meses analisados verificou-se que no mês de dezembro, e no mês de janeiro a temperatura do solo foi maior no sistema Adubadeiras, no mês de maio não houve diferença significativa estatisticamente e no mês de abril a temperatura do solo foi maior no sistema Biodiverso. A análise de variância de medidas repetidas no tempo para a temperatura do solo é mostrada na tabela 3. Não foi verificada uma relação bem definida positiva ou negativa da respiração do solo em relação a temperatura do solo nos tratamentos analisados, diferente de Costa *et al.* (2008) que verificou relação positiva da respiração do solo em relação a temperatura do solo .

As variáveis analisadas oscilaram temporalmente e de forma diferente na maioria das vezes nos dois tratamentos analisados, e não foi possível estabelecer relação direta entre a respiração do solo e a temperatura e umidade do solo, não foi verificada um padrão. Para entender melhor a respiração do solo faz-se necessário incluir outras variáveis, matéria orgânica, características do solo e das plantas da área. D'Andréa (2010) caracterizou o fluxo de CO<sub>2</sub> como um processo complexo, difícil de ser relacionado mesmo com propriedade do solo, como fertilidade e matéria orgânica, e variáveis ambientais, necessitando de um período mais prolongado de análises.

## **Conclusões**

As variáveis analisadas temperatura e umidade do solo não foram suficientes para explicar a variabilidade temporal da respiração do solo nos tratamentos analisados.

**Tabela1: Análise de variância de medidas repetidas no tempo, variável dependente é o CO<sub>2</sub>.**

<b>Análise de variância</b>	<b>Gl</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Tratamento	1	2,282	2,282	32,572	<0,001
Anel(Tratamento)	70	4,904	0,0701		
Data de Coleta	3	2,272E-028	7,573E-029	28,000	<0,001
Tratamento x Data de Coleta	3	1,477E-027	4,922E-028	182,000	<0,001
Residual	210	5,680E-028	2,705E-030		
Total	287	7,186	0,0250		

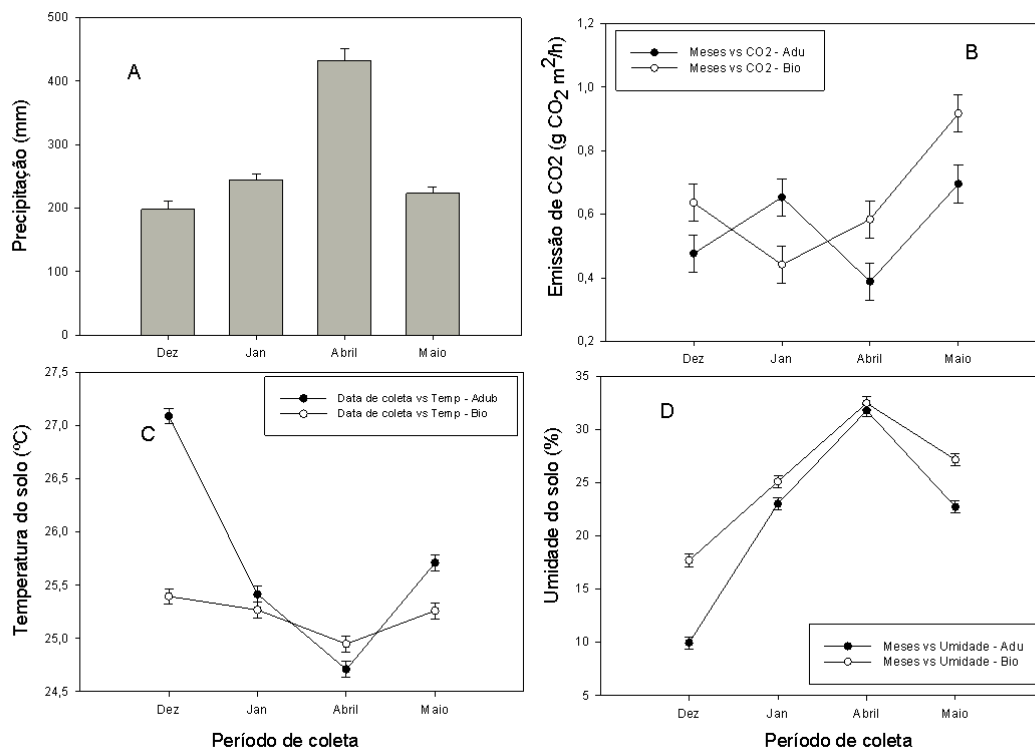
**Tabela 2: Análise de variância de medidas repetidas para a variável umidade do solo.**

<b>Análise de variância</b>	<b>Gl</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Tratamento	1	3,245	3,245	79,464	<0,00
Anel(Tratamento)	70	2,859	0,0408		
Data de Coleta	3	30,799	10,266	661,372	<0,00
Tratamento x Data de Coleta	3	3,387	1,129	72,730	<0,00
Residual	210	3,260	0,0155		
Total	287	43,55	0,152		

**Tabela 3: Análise de variância de medidas repetidas para a variável temperatura do solo do solo**

<b>Análise de variância</b>	<b>Gl</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Tratamento	1	0,0272	0,0272	35,902	<0,001
Anel(Tratamento)	70	0,0531	0,000758		
Data de Coleta	3	0,110	0,0368	261,870	<0,001
Tratamento x Data de Coleta	3	0,0548	0,0183	130,145	<0,001
Residual	210	0,0295	0,000140		
Total	287	0,275	0,000958		

Gráfico 1 : Mostra as médias e desvios padrão da precipitação mensal (A), da emissão de CO<sub>2</sub> pelo solo (B), da temperatura do solo (C), e da umidade do solo (D), nos sistemas Adubadeiras e Biodiverso, em Tomé- Açu (PA).



## Referências Bibliográficas

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

BÖRNER, J.; MENDOZA, A.; VOSTI, S. A. Ecosystem services, agriculture, and rural poverty in the Eastern Brazilian Amazon: Interrelationships and policy prescriptions. **Ecological Economics**, v.64, p.356-373, 2007.

COSTA, F. S. C.; BAYER, C.; ZANATTA & MIELNICZUK. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por Sistemas de manejo no sul do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 323-332, 2008.

D'ANDREA, A. F.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F. F.; CURI, N & SILVA, C. A. Variações de curto prazo no fluxo e variabilidade espacial do CO<sub>2</sub> do solo em floresta nativa. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 85-92, mai./jul, 2010.

D'ANDREA, A. F.; SILVA. Variações de curto prazo nas emissões de CO<sub>2</sub> do solo em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro. **Química nova**, v. 32, p. 2314- 2317, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 212 p. (EMBRAPA CNPS.Documentos, 1), 1997.

- KOSUGI, Y. A.; MITANI, B. T. ; ITOH, M. A.; NOGUCHI, S. C.; TANI A. M.; MATSUO D. N.; TAKANASHI E. S. ; OHKUBO, A. S. & NIK, A. R. Spatial and temporal variation in soil respiration in a Southeast Asian tropical rainforest. **Agricultural and Forest Meteorology** v. 147, p. 35–47, 2007.
- LAW, M. C.; BALASUNDRAM, M. H. A.; AHMED, O. H. & HANIF HARUN MOHD. Spatial variability of soil organic in oil palm. **Internacional journal of soil Science**, v. 4, n. 4, p. 93 – 103 2009.
- MACEDO, R. L. G. Princípios **básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE. p. 63- 69, 2000.
- MERBOLD, L. ; ZIEGLER, W.; MULEKELABAI, M. M.; KUSCH, W. L. Spatial and temporal variation of CO<sub>2</sub> efflux along a disturbance gradient in miombo woodland in Western Zambia. **Biogeosciences**, v. 8, 147-164, 2011.
- MORARU, P. I.; RUSU, T.; SOPTERAN, M. L. Soil Tillage Conservation and its Effect on Erosion Control, Water Management and Carbon Sequestration. Romania. **ProEnvironment** , p. 359 – 366, 2010.
- MÜLLER, A. A & FURLAN JR., J. **Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 288, 2001
- MÜLLER, A. A.; FURLAN JR. J. & CELESTINO FILHO, P. **A Embrapa Amazônia Oriental e o agronegócio do dendê no Pará**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 67p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 257), 2006.
- SILVA, R. F.; SOARES, C. P. B. ; JACOVINE, L. A. G. ; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. Projeção do estoque de carbono e análise da geração de créditos em povoamentos de eucalipto. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.6, p.979-992, 2008.
- SOE, A. R. & NINA BUCHMANN. Spatial and temporal variations in soil respiration in relation to stand structure and soil parameters in an unmanaged beech forest. **Tree Physiology** v. 25, p. 1427–1436, 2005.
- VICENT, G.; SHAHRIARI, A. R.; LUCOT, E.; BADOT, P. & EPRONB, D. Spatial and seasonal variations in soil respiration in a temperate deciduous forest with fluctuating water table. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 38, p. 2527–2535, 2006.