

# **ANAIS**

## **Artigos aprovados – 2014**

### **Volume II**

**ISSN: 2316-7637**



**III SIMPÓSIO**  
DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
NA AMAZÔNIA

**Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e  
Tecnologia**  
**18, 19 e 20 de novembro de 2014**

## **FLUXO DE ÓXIDO NITROSO (N<sub>2</sub>O) E METANO (CH<sub>4</sub>) DO SOLO EM CULTIVOS DE PALMA DE ÓLEO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Helen Monique Nascimento Ramos<sup>1</sup>, Saime Joaquina Souza de Carvalho Rodrigues<sup>2</sup>, Mábia Maria Duarte Alcântara<sup>3</sup>, Steel Silva Vasconcelos<sup>4</sup>, Juliana Feitosa Felizzola<sup>5</sup>, Isabelle Ferreira de Oliveira<sup>6</sup>

<sup>1</sup> M.Sc. em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: helenmoniquen@yahoo.com.br

<sup>2</sup> M.Sc. em Agronomia. Universidade Federal Rural da Amazônia.

<sup>3</sup> Eng. Florestal. Universidade Federal Rural da Amazônia.

<sup>4</sup> Pesquisador, Dr. em Recursos e Conservação Florestais. Embrapa Amazônia Oriental.

<sup>5</sup> Pesquisadora, Dra. em Química. Embrapa Amazônia Oriental.

<sup>6</sup> Graduanda de Engenharia Ambiental, Estagiária. Embrapa Amazônia Oriental.

### **RESUMO**

Os sistemas agroflorestais são vistos como alternativas viáveis de uso da terra, relacionados a mudanças climáticas, mas ainda há pouca informação sobre sequestro de GEE em SAF's, e sua função de ser fonte ou dreno desses gases. Dessa forma, o objetivo é determinar o fluxo de gases N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> a partir do solo de duas agroflorestas com palma de óleo e alta diversidade de outras espécies e outra com baixa diversidade para testar a influência do arranjo do sistema e variáveis abióticas do solo no município de Tomé-açu/Pará. As coletas foram realizadas em câmara estáticas em quatro tempos 0, 10, 20 e 30 minutos. A leitura da concentração de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> foi por cromatografia gasosa. Os fluxos de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) diferiram entre os sistemas alta diversidade (AD) e baixa diversidade (BD), sendo as médias 65 µg N m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> no sistema de alta diversidade e 35 µg N m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> no de baixa diversidade, porém os fluxos de metano (CH<sub>4</sub>) em relação aos diferentes sistemas não apresentaram diferenças significativas. Isso ocorreu devido AD apresentar espécies de leguminosas predominante na sua composição que relacionado ao manejo de adubação verde desfavoreceram a capacidade do solo em estocar CH<sub>4</sub>.

**Palavras-chave:** Leguminosas fixadoras de N. Manejo de adubação verde. Umidade gravimétrica do solo.

### **1. INTRODUÇÃO**

A queima de combustíveis fósseis, a conversão de florestas nativas e as mudanças no uso da terra, principalmente nos trópicos, tem contribuído para o aumento significativo nos níveis de gases de efeito estufa (GEE) - dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) na atmosfera nas últimas décadas (FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2002). Estes gases têm capacidade de retenção de calor em um determinado tempo de residência diferenciada (IPCC, 2007), em uma magnitude de gradiente de 1 para CO<sub>2</sub>, 21 para o CH<sub>4</sub> e 310 para o N<sub>2</sub>O, considerando o tempo de residência de 100 anos (UNFCCC, 1997).

Estima-se que cerca de 15% (ou 758 mil km<sup>2</sup>) da Amazônia Legal estejam desflorestados (INPE, 2013). A conversão das florestas, principalmente para uso da pecuária e agricultura, representa uma importante fonte de emissão de GEE para a atmosfera (Fearnside, 1997). Sistemas agroflorestais (SAFs) geralmente apresentam alto potencial de mitigação da acumulação de gases do efeito estufa (IPCC, 2001; Verchot et al., 2007), diretamente em função de sua elevada densidade vegetal, perenidade, capacidade de manter ou melhorar fertilidade do solo e, indiretamente, por favorecer a fixação do agricultor na propriedade, evitando a abertura de novas áreas (agricultura itinerante) (Brienza Júnior et al., 2009).

A cultura da palma de óleo ou dendezeiro (*Elaeis guineensis*), com origem africana e ciclo produtivo de 25 anos em média, chegou ao Brasil no século XVI. A produção do Brasil é muito pequena, quando comparado a países como Indonésia e Malásia, mas, em compensação, é um dos países com maior potencialidade de desenvolvimento dessa oleaginosa, com condições adequadas de clima, principalmente no litoral sul da Bahia e região Norte (Lopes e Steidle Neto, 2011).

O estado do Pará é o maior produtor brasileiro de palma de óleo, com 60.000 hectares plantados em 2008, representando cerca de 80% da produção brasileira (ISTA, 2009) e onde se encontram os principais produtores do dendezeiro, entre eles o município de Tomé-Açu, nomeado como a capital brasileira da palma de óleo e biodiesel. Este município tem tradição agrícola, inicialmente marcada pelo monocultivo de pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) e, a partir da década de 60, pela horticultura; nas últimas décadas houve grande expansão de áreas de cultivos em sistemas agroflorestais.

O cultivo das espécies oleaginosas é crescente devido à demanda de indústrias alimentícia, cosmética e de biocombustíveis, sendo, este último produto, visto como uma alternativa com menor impacto ambiental do que os combustíveis fósseis. O cultivo de palma de óleo se expande no território brasileiro, especialmente estimulado pelo Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) e pelo Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo, que incentiva a extração e o cultivo sustentável dessa espécie, como, por exemplo, em sistemas agroflorestais, uma prática mitigadora dos efeitos das mudanças climáticas (Barker et al. 2007).

De acordo com Albrecht e Kandji (2003), existem duas maneiras de se mitigar as mudanças climáticas causadas pelas emissões de GEEs: (1) redução das emissões antropogênicas e (2) criação e/ou potencialização dos reservatórios de GEE. Nesse sentido, as vantagens do uso dos SAFs estão fundamentalmente ligadas a inserção do componente

florestal na área de cultivo, uma vez que acrescentam carbono ao solo pela produção de serapilheira, resíduos e exsudatos radiculares, assim como reduzem a erosão em função da estabilização do solo promovida pelas raízes (Montagnini e Nair, 2004).

Os sistemas agroflorestais são vistos como alternativas viáveis de uso da terra na Amazônia, mas ainda há pouca informação sobre o potencial desses sistemas como fonte ou dreno de GEE. Dessa forma, o objetivo do estudo foi avaliar o fluxo de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> do solo de sistemas agroflorestais com palma de óleo como cultura principal no município de Tomé-açu/Pará.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Unidade Demonstrativa III (UDIII) do Projeto “Dendê em Sistemas Agroflorestais na Agricultura Familiar”, localizada no Município de Tomé-Açu, pertencente à Mesorregião do nordeste Paraense e à Microrregião Tomé-Açu. O solo é da Ordem Latossolo Amarelo distrófico, textura argilosa média (Rodrigues et al., 2001). O clima é do tipo *Ami* e do subtipo climático *Am3* (Köppen), com temperatura média anual em torno de 26,2 °C (Pachêco e Bastos, 2008). A precipitação pluviométrica anual é cerca de 2300 mm, sendo que totais médios mensais variam entre 54 mm (agosto) e 440 mm (março) (Pachêco e Bastos, 2008). A vegetação original é composta por Floresta Ombrófila Densa dos Baixos Platôs, atualmente com predomínio de ecossistemas sucessionais em vários estágios, denominados popularmente de “capoeiras” (Bolfe e Batistella, 2011).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) desta UDIII possuem a palma de óleo (*Elaeis guineensis*) como cultura principal, sendo um com alta diversidade de espécies (AD) e outro menos diversificado (BD). Antes da implantação dos sistemas agroflorestais, a área era coberta por pastagem degradada. Em novembro de 2007, foi realizada uma gradagem para a instalação dos sistemas, cada um com 2 ha. Os SAFs são compostos por linhas duplas de palma de óleo, num espaçamento 7,5 m entre linhas x 9 m entre plantas, intercaladas por faixas de 15 m com nove linhas de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, que incluem *Musa spp.* (banana), *Theobroma cacao* (cacau), *Euterpe oleracea* (açai), *Gliricidia sepium* (gliricídia), *Inga edulis* (ingá), *Virola surinamensis* (ucuuba) e *Piper nigrum* (Pimenta do reino), em AD, e *Canavalia ensiformis* (feijão de porco), *Cajanus cajan* (feijão guandu), *Crotalaria juncea* (crotalária), *Mucuna cinereum* (mucuna cinza), *Tithonia diversifolia* (margaridão), em BD.

Para a coleta de ar do solo, foram utilizadas câmaras retangulares compostas de (a) base de metal (espessura de 1 mm) com medidas de 37,5 cm x 57 cm, inseridas ao solo em

aproximadamente 3 cm e (b) tampa plástica com 9 cm de altura e com as mesmas dimensões de largura e espessura da base de metal, que foi acoplada em uma canaleta com cerca de 2 cm de largura no perímetro superior da base. Antes do início das coletas, a canaleta foi preenchida com água para garantir a vedação da câmara durante a coleta. Cada tipo de sistema recebeu 10 bases, que permaneceram no local durante todo o experimento para minimizar perturbações ao solo; no entanto, as tampas foram instaladas apenas durante as coletas. As câmaras ficaram distribuídas de forma a representar as unidades operacionais dos sistemas agroflorestais, abrangendo assim as áreas de coroamento da palma de óleo, das entre linhas da cultura principal, do empilhamento dos restos culturais e de influência das outras espécies.

Em cada câmara foram coletadas amostras de ar em quatro tempos: tempo zero- logo após a colocação das tampas sobre a base e, posteriormente, aos 10, 20 e 30 minutos, com seringas de polipropileno de 20 mL e agulhas (0,45 x 13 mm BD- Becton & Dickinson), imediatamente transferidas para frascos de borossilicato de 14 mL, previamente vedados com o conjunto lacre de alumínio e septos VC 329 duplos de silicone e teflon e manualmente evacuados a -70 kPa. As amostras foram acondicionadas sob refrigeração, por 72 horas, até a análise química. Foram realizadas medidas de altura, com régua milimétrica, nos quatro lados da câmara para cálculo do volume da mesma.

A determinação da concentração de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> foi realizada por cromatografia gasosa, usando cromatógrafo de injeção manual, modelo CP 3800 VARIAN, com detector de captura de elétrons (ECD), que operava à temperatura de 370 °C, tendo o hélio como gás de arraste. Para a curva de calibração, foram usados três níveis crescentes de concentração padrão dos gases, em duplicata. A concentração de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> na amostra de ar obtida da câmara foi calculada com a aplicação da curva analítica, que relaciona as áreas dos picos de gás padrão, obtida do cromatógrafo, e as concentrações dos padrões. Para o cálculo da emissão, foi determinada a taxa de variação de concentração do gás, considerando-se o modelo de ajuste linear. Para obtenção dos fluxos de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub>, foi utilizada a seguinte equação (EMBRAPA, 2006):

$$\text{Fluxo } (\mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}) = (\Delta C/\Delta t) \cdot V/A \cdot (m/V_m)$$

Onde,

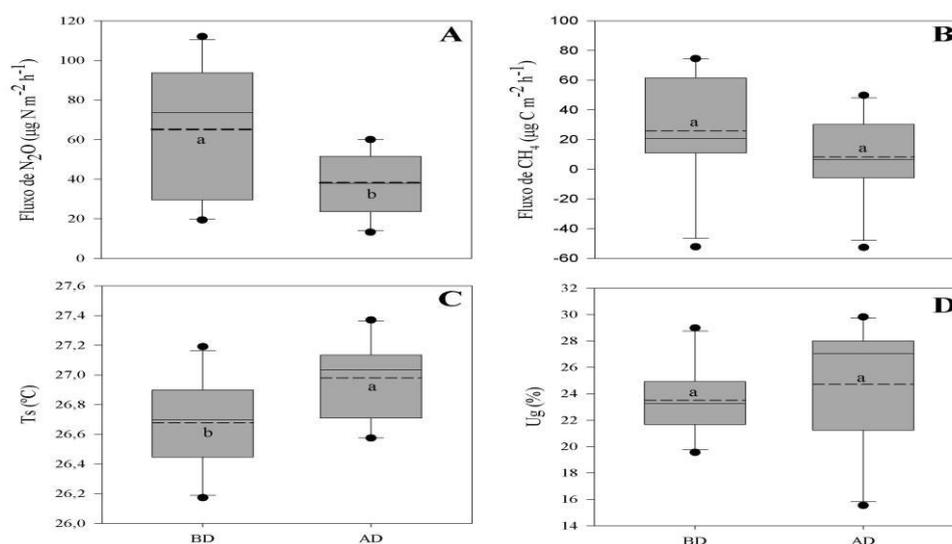
$\Delta C/\Delta t$  é a taxa de variação do gás dentro da câmara por tempo, em ppm/hora; V e A são volume, em litros, e área da câmara, em m<sup>2</sup>, respectivamente; m é o peso molecular, em g; V<sub>m</sub> é o volume molecular do gás, em L.

Amostras de solo para determinação da umidade gravimétrica ( $U_g$ , em %) foram coletadas paralelamente à coleta do ar com um trado de sonda introduzido a 10 cm de profundidade, a cerca de 1 m da câmara, e acondicionadas por 24 horas, em frascos vedados, até a determinação da massa úmida em balança analítica. Após secagem em estufa a  $105^{\circ}\text{C}$  por 48 horas, obteve-se a massa seca.

A temperatura do solo foi medida com um termômetro de solo digital (Marca: Martel eletronic; Modelo: Beta Probe TI +), no início e no final da coleta de ar. Nesse experimento foi adotado o delineamento inteiramente casualizado em transecto abrangendo três linhas duplas da palma de óleo, com 10 pontos amostrais (câmaras) em dois tratamentos (SAFs). Os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk para testar a normalidade dos dados, quando não apresentaram distribuição normal foram transformados com  $\text{Log}_{10}$ . Posteriormente foi realizada análise de variância *One-Way* e comparação de médias pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) com o recurso do Programa SigmaPlot 11.0.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fluxo de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) foi significativamente maior no sistema agroflorestral de baixa diversidade de espécies plantadas (BD) ( $65 \mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ) em relação ao de alta diversidade (AD) ( $35 \mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ), provavelmente pela diferença no arranjo das espécies utilizadas em cada sistema. No sistema com baixa diversidade, predominam leguminosas fixadoras de nitrogênio, cujos resíduos com menor relação C/N (Tabela 1), são mais facilmente decompostos, favorecendo a ciclagem de nitrogênio e, conseqüentemente, o fluxo de  $\text{N}_2\text{O}$ .



**Figura 1.** Fluxos de (A) óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e (B) metano ( $\text{CH}_4$ ), (C) temperatura do solo e (D) umidade gravimétrica do solo em dois sistemas agroflorestrais contendo palma de óleo na Amazônia Oriental, Brasil. Linhas contínua e tracejada representam a mediana e a média, respectivamente.

Os fluxos de metano ( $\text{CH}_4$ ) não variaram significativamente entre os sistemas (Figura 1B). O uso de leguminosas em agroecossistemas pode resultar em maiores emissões de óxido nitroso e reduzir o acúmulo do  $\text{CH}_4$  atmosférico (Hergoualch et. al., 2012; Rochette e Janzen, 2005), em função da maior introdução de N no solo (Verchot et. al. 2006, Verchot et. al. 2007). Entretanto alguns autores divergem desses resultados. Por exemplo, Verchot et. al. (2008) observaram que o uso de leguminosas em sistemas agroflorestais não aumentou a emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  e nem reduziu a capacidade do solo em armazenar  $\text{CH}_4$  na Amazônia Oriental. Da mesma forma Palm et. al (2002) observaram que o uso de leguminosas não resultou em emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  superior a floresta secundária.

A umidade gravimétrica não diferiu significativamente entre os SAFs. A temperatura do solo observada no sistema AD (27,2 °C) (Figura 1C) foi maior estatisticamente que no sistema BD (26,7 °C).

**Tabela 3.** Relação C:N em diferentes frações da liteira produzida em dois sistemas agroflorestais contendo palma de óleo na Amazônia Oriental-Brasil

FRAÇÃO	BD	AD
	C:N	
Folha	40,25	33,06
Lenhoso > 2 mm	53,88	114,72
Lenhoso < 2 mm	65,97	131,61
Miscelânea	20,92	31,33
<b>Média Total</b>	<b>45,25 b</b>	<b>77,68 a</b>

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados preliminares deste estudo sugerem que:

1. Os fluxos mais elevados de  $\text{N}_2\text{O}$  no sistema agroflorestral com baixa diversidade de espécies plantadas podem estar relacionados à maior densidade de leguminosas fixadoras de  $\text{N}_2$  em relação ao sistema com alta diversidade de espécies plantadas.
2. A qualidade do material depositado no solo foi o principal fator controlador da emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo

#### REFERÊNCIAS

ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture Ecosystems Environment*, v. 99, p. 15–27, 2003.

BARKER, T; et al. (eds) **Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press, Cambridge, p 26-93, 2007.

BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M. Análise florística e estrutural de sistemas silviagrícolas em Tomé-Açu, Pará. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 46, p. 1139-1147, 2011.

BRIENZA JÚNIOR, S.; MANESCHY, R. Q.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GAZEL FILHO, A. B.; YARED, J. A. G; GONÇALVES, D.; GAMA, M. B. Sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira: análise de 25 anos de pesquisas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.60, p.67-76, 2009.

DOBBIE, K. E.; McTAGGART, I. P.; SMITH, K. A. Nitrous oxide emissions from intensive agricultural systems: variations between crops and seasons, key driving variables, and mean emission factors. **Journal of Geophysical Research Atmosphere**, v. 104, p. 26891-26899, 1999.

FEARNSIDE, P. M. Greenhouse gases from deforestation in Brazilian Amazonia: net committed emissions. **Climate Change**, v. 35, p. 321-360, 1997.

EGGLESTON, H. S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (Ed.). **2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.** Hayama: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional em Pesquisa e Meio Ambiente. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões de óxido nitroso provenientes de solos agrícolas**, 2006.

Fórum Clima IVIG- **Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas**, 2002. Disponível em: <https://www.forumclima.org.br/>-. Acesso em: 14/10/14

HERGOUALCHA, K.; BLANCHARD, E.; SKIBAE, U.; HÉNAULT, C.; HARMANDA, J. M. Changes in carbon stock and greenhouse gas balance in a coffee (*Coffea arabica*) monoculture versus an agroforestry system with *Inga densiflora*, in Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 15, p. 102-110, 2012.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: **INPE estima 5.843 km<sup>2</sup> desmatados na Amazônia em 2013**. Disponível em: <http://www.inpe.br> > Notícias. Acesso em: 14/10/14.

ISTA - The International Seed Testing Association. **Annual Meeting 2009**. Disponível em: [https://www.seedtest.org/.../annual-meeting-2009-\\_c](https://www.seedtest.org/.../annual-meeting-2009-_c). Acesso em: 14/10/14

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2001: The scientific basis.** HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P. J.; DAI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C. A (Eds). **Cambridge University Press**, Cambridge, 2001. 881 p.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis.** Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the

Intergovernmental Panel on Climate Change. **Cambridge University Press**, Cambridge, 2007. 882 p.

LOPES, D. C.; STEIDLE NETO, A. J. Potencial crops for biodiesel production in Brazil: A review. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 7, p. 206-217, 2011.

MONTAGNINI F.; NAIR, P. K. R. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 61, p. 281–295, 2004.

PACHECO, N.A.; BASTOS, T.X. Frequência Diária de Chuva em Tomé-Açu: XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo 2008.

PALM, C. A.; ALEGRE, J. C.; AREVALO, L.; MUTUO, P. K.; MOSIER, A. R.; COE, R. Nitrous oxide and methane fluxes in six different land use systems in the Peruvian Amazon. **Global Biogeochemistry Cycle**, v. 16, p. 1073-1086, 2002.

ROCHETTE P.; JANZEN, H. H. Towards a revised coefficient for estimating N<sub>2</sub>O emissions from legumes. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 73, p. 171-179, 2005.

RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L.; ROLIM, P. A. M.; SANTOS, E.; REGO, R. S.; SILVA, J. M. L.; VALENTE, M. A.; GAMA, J. R. N. F. Caracterização e classificação dos solos do Município de Tomé-Açu, Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 49p.

SKIBA, U.; SMITH, K. A. The control of nitrous oxide emissions from agricultural and natural soils. **Chemosphere - Global Change Science**, v.2, p. 379-386, 2000.

UNFCCC (UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE). **Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change**, Quioto: UNFCCC, 1997.

VERCHOT, L. V.; HUTABARAT, L.; HAIRIAH, K.; VAN NOORDWIJK, M. Nitrogen availability and soil N<sub>2</sub>O emissions following conversion of forests to coffee in southern Sumatra. **Global Biogeochemistry Cycle**, v. 20, p. 1-12, 2006.

VERCHOT, L. V.; VAN, N. M; KANDJI, S; TOMICH, T.; ONG, C.; ALBRECHT, A.; MACKENSEN, J.; BANTILAN, C.; ANUPAMA, K. V.; PALM, C. Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. **Mitigation Adaptation Strategies Global Change**, v. 12, p. 901–918, 2007.

VERCHOT, L. V.; BRIENZA JÚNIOR, S.; OLIVEIRA, V. C.; MUTEGLI, J. K.; CATTANIO, J. H.; DAVIDSON, E. A. Fluxes of CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NO, and N<sub>2</sub>O in an improved fallow agroforestry system in eastern Amazonia. **Agriculture Ecosystems Enviromend**, v. 126, p. 113–121, 2008.