

Emissões de óxido nitroso do solo após a aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura da palma ⁽¹⁾.

Leidivan Almeida Frazão⁽²⁾; **João Antonio Braga Rocha**⁽³⁾; **Brigitte Josefine Feigl**⁽⁴⁾; **Carlos Clemente Cerri**⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Petrobras.

⁽²⁾ Professora; Instituto de Ciências Agrárias (ICA/ UFMG); Montes Claros, Minas Gerais; lafrazao@ica.ufmg.br; ⁽³⁾ Estudante de mestrado; Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/ USP); ⁽⁴⁾ Professores; Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/ USP).

RESUMO: A palma (dendê) tem sido considerada uma das oleaginosas em potencial para produção de biodiesel no Brasil, porém esta cultura exige grande quantidade de fertilizantes para atingir níveis ótimos de produtividade. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as emissões de óxido nitroso (N₂O) provenientes da aplicação de fertilizantes nitrogenados nas diferentes etapas de produção da palma. Os experimentos foram realizados na Fazenda Agropalma, localizada em Tailândia (PA). Para estimar as emissões de N₂O, foram aplicadas diferentes doses de nitrogênio no viveiro de mudas, no plantio em formação (jovem) e no plantio em produção (adulto). As coletas de gases foram realizadas durante de 20 dias em Agosto/2009. As concentrações de N₂O foram analisadas por cromatografia gasosa. Os maiores fluxos de N₂O foram observados quando combinaram as circunstâncias de precipitação e adubação. As emissões de N₂O acumuladas foram maiores no viveiro (0,566 ± 0,207 kg N ha⁻¹) devido a interação entre o fertilizante e o substrato utilizado para a produção de mudas. Porém a aplicação sucessiva de fertilizantes nitrogenados nas fases jovem e adulta (25 anos) contribui com as maiores emissões de N₂O no cultivo da palma.

Termos de indexação: nitrogênio, plantio em formação, plantio em produção.

INTRODUÇÃO

A produção de oleaginosas está se expandindo para atender o aumento da demanda por óleo para a produção de biodiesel. A palma (*Elaeis guineensis* Jacq.), mais conhecida como dendê, é uma planta perene que se adaptou bem a região norte do Brasil devido as condições climáticas propícias para o cultivo dessa oleaginosa (Lopes e Steidle Neto, 2011). Atualmente, o Pará o maior produtor de óleo de palma no Brasil, com domínio de 80% da área plantada (ISTA, 2009).

Sob o ponto de vista ambiental, para verificar a viabilidade desta oleaginosa para a produção de biodiesel, é necessário estimar as emissões de gases do efeito estufa (GEE) para a atmosfera,

sobretudo o óxido nitroso (N₂O), devido a aplicação de fertilizantes nitrogenados.

O nitrogênio (N) é um elemento relevante nos estudos da matéria orgânica do solo (MOS) por ser um dos nutrientes com dinâmica mais pronunciada no sistema. O aumento do uso de fertilizantes acelera o metabolismo microbiano. Os processos de nitrificação e desnitrificação regulam a concentração de N inorgânico do solo, lixiviação do nitrato e produção de N₂O. A nitrificação inclui a oxidação de amônio para nitrato via nitrito, sendo favorecida geralmente pelo aumento da disponibilidade de NH₄⁺. Na desnitrificação, ocorre a redução de nitrato para N₂ via NO₂⁻, NO e N₂O. Esses processos são realizados por grupos específicos de microrganismos (Stein e Yung, 2003).

O potencial de emissão de N₂O por desnitrificação aumenta em ambientes saturados em água que contém grandes concentrações de NO₃⁻ e carbono orgânico. Altas concentrações de NO₃⁻ inibem a redução de N₂O para N₂ e estimula a redução de NO para N₂O causando o escape de N₂O para do solo para a atmosfera (Stein e Yung, 2003).

O N₂O é um GEE importante (IPCC, 2001) e o aumento das adições de fertilizantes nitrogenados minerais aos solos agrícolas tem sido apontado como o principal responsável pela crescente emissão de N₂O para a atmosfera.

O objetivo desse trabalho foi quantificar os fluxos de N₂O do solo após a aplicação de fertilizantes nitrogenados em diferentes etapas do cultivo agrícola da palma.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido na fazenda Agropalma localizada em Tailândia (PA) (**Figura 1**). A empresa conta com uma área total de 39.000 hectares plantados com palmeiras.

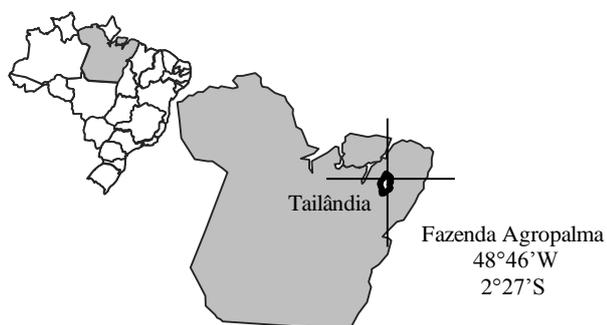


Figura 1 - Localização da área de estudo na fazenda Agropalma, Tailândia/PA.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima local é Afi, onde a média anual de precipitação é de 2.500 mm e de temperatura é de 26,6° C (**Figura 2**). Os solos são bem drenados com conteúdos médios de argila (18-29%), e classificados como Latossolo Amarelo distrófico típico (Embrapa, 2006). As amostragens foram realizadas em agosto/2009, umas das épocas de adubação em que a incidência de chuvas é menos frequente na região de estudo.

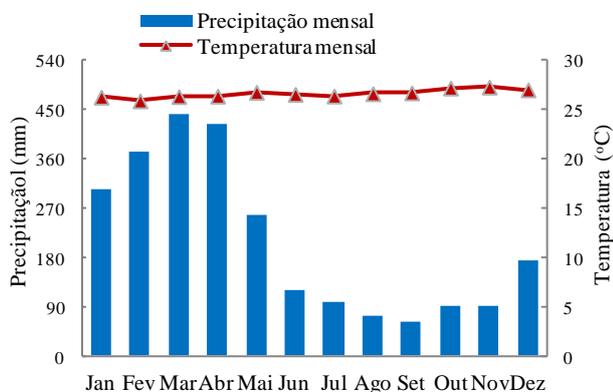


Figura 2 - Precipitação e temperatura média (15 anos) na fazenda Agropalma, Tailândia/PA.

Tratamentos e amostragens

As coletas de gases (N_2O) foram realizadas em todas as etapas do sistema produtivo, considerando todas as possíveis fontes de emissão de N_2O pelo uso de fertilizantes na fase agrícola de produção da palma: produção de mudas (viveiro), plantio em formação (jovem) e plantio em produção (adulto).

A aplicação do fertilizante em viveiro é dividida em 13 aplicações durante 1 ano e 2 meses. Para estimar as emissões GEE foram utilizados as doses mínima e máxima de N aplicadas no substrato sem planta:

- i. Controle: testemunha, sem aplicação de N;

- ii. Dose 1: dose mínima de N aplicada no substrato (1,8 g/ planta em cada aplicação);
- iii. Dose 2: dose máxima de N aplicada no substrato (5,4 g/ planta em cada aplicação).

O fechamento do dossel ocorre entre o sexto e o oitavo ano após o plantio. Foi selecionada uma área de 1 ha para instalar os experimentos do plantio jovem (antes de iniciar as operações de colheita) e plantio adulto (após iniciar as operações de colheita). Cada dose de fertilizante N consistem um tratamento diferente.

Para o plantio jovem foram estabelecidos os seguintes tratamentos:

- i. Controle: testemunha na fase jovem, sem aplicação de N;
- ii. Dose 1: dose representativa de N aplicado no stand com 1 ano de idade (108 g/ planta ou 15,4 kg/ hectare);

Para o plantio adulto foram estabelecidos os seguintes tratamentos:

- i. Controle: testemunha para o plantio adulto, sem aplicação de N;
- ii. Dose 1: dose representativa de N aplicado no plantio com 3 anos de idade (165 g/ planta ou 24 kg/ hectare);
- iii. Dose 2: dose representativa de N aplicado no plantio com 8 anos de idade (360 g/ planta ou 51 kg/ hectare);
- iv. Dose 3: dose representativa de N aplicado no plantio com 17 anos de idade (480 g/ planta ou 69 kg/ hectare).

Para avaliar as emissões de N_2O , os fluxos foram medidos em câmaras estáticas (Stuedler et al., 1989 e 1991) em cada área de estudo. As câmaras tiveram a base fixada ao solo para permitir repetidas amostragens no mesmo local. Durante a medida dos fluxos dos gases foi colocada uma tampa hermética sobre a base, onde foram coletadas amostras em seringas BD de 20 ml. Determinações da temperatura do ar e do solo foram realizadas nas profundidades 0 cm, 2,5 cm, 5,0 cm e 10,0 cm. Também foram determinadas a umidade do solo e a pressão barométrica do local de coleta, as quais foram necessárias para os cálculos de fluxos dos gases.

As concentrações N_2O foram analisadas por cromatografia gasosa (SHIMADZU GC-14A). Os fluxos serão calculados pela alteração linear da concentração de N_2O com o tempo de incubação.

Análise estatística

Os dados das emissões de N_2O foram submetidos à análise de variância (ANOVA) de acordo com o delineamento inteiramente casualizado. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($p < 0,01$). Todos os

procedimentos foram realizados pelo programa Statistical Analysis System (SAS), versão 9.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos de óxido nitroso (N_2O) no viveiro foram diretamente proporcionais à quantidade de fertilizante nitrogenado aplicado no substrato (**Figura 3**). O tratamento Dose 2 apresentou os maiores fluxos durante o período de avaliação atingindo fluxos de $565 \mu g N_2O m^{-2} h^{-1}$ ($p < 0,01$) em 17 de agosto. A natureza de pulsos de N_2O em curto prazo de após fertilização apoia os argumentos por Mosier (1989) e Veldkamp e Keller (1997) que dizem que as medições frequentes são importantes para capturar altas perdas de N por emissões de gases nas primeiras semanas após a aplicação N.

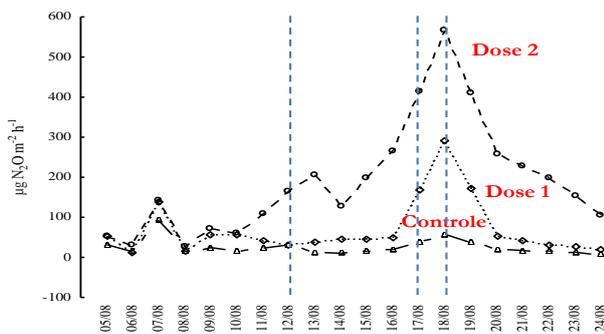


Figura 3 - Emissões de N_2O no viveiro provenientes da aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Encontramos um aumento nas emissões de N_2O até 15 dias após a aplicação de fertilizantes. Depois disso, as emissões foram diminuindo até atingir os valores iniciais. Os valores mais elevados para todos os tratamentos ocorreu quando houve precipitação na área de estudo. A emissão acumulada foi classificada na seguinte ordem: Dose 2 ($0,566 \pm 0,207 kg N ha^{-1}$) > Dose 1 ($0,206 \pm 0,021 kg N ha^{-1}$) > Controle ($0,075 \pm 0,011 kg N ha^{-1}$). A emissão de N_2O acumulada foi diretamente relacionado com o N adicionado ($r^2 = 0,93$).

As emissões de GEE foram provenientes de substrato e aplicação de fertilizantes. O substrato utilizado no viveiro é composto por 30% de fibra de casca de nozes e que são misturados com 70% de solo a partir de camadas de superfície. A fibra mesocarpo representa aproximadamente 12% do fruto fresco com umidade entre 15% e 30% (Singh et al., 1989). O substrato apresentou alto teor de C ($57 mg kg^{-1}$) N ($4 g kg^{-1}$), P_2O_5 ($1,4 g kg^{-1}$) e K_2O ($1,9 g kg^{-1}$ de) (Ferreira et al., 1998). Assim, pode-se sugerir que as maiores emissões de N_2O observadas nos tratamentos avaliados são em

grande parte devidas à utilização de subprodutos no substrato. Observou-se que os fluxos de N_2O foram maiores quando as combinaram maiores precipitações e adubação. A relação entre os níveis de umidade crescentes e maiores taxas de desnitrificação foi determinado no campo por Davidson et al. (2000) e essas respostas de curto prazo de N_2O para adições de fertilizantes ocorrem geralmente na agricultura tropical e sistemas agroflorestais (Davidson et al., 1996).

No plantio jovem (**Figura 4**). Os fluxos de N_2O foram maiores na Dose 1 do que no tratamento controle na maior parte do período avaliado ($p < 0,01$). Encontramos os fluxos de N_2O variando entre $2,95 \mu g m^{-2} h^{-1}$ (Controle) e $40,90 \mu g m^{-2} h^{-1}$ (Dose 1). As emissões do solo acumuladas durante o período avaliado foi maior na Dose 1 ($0,074 \pm 0,022 kg N ha^{-1}$) do que no Controle ($0,045 \pm 0,01 kg N ha^{-1}$) ($p < 0,01$).

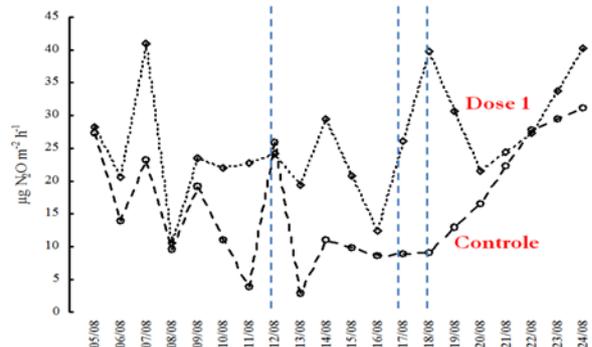


Figura 4 - Emissões de N_2O no plantio jovem provenientes da aplicação de fertilizantes nitrogenados.

No plantio adulto (**Figura 5**) houve grandes variações nos fluxos de N_2O do solo durante o período avaliado, variando de $4,83 \mu g m^{-2} h^{-1}$ (Controle) até $52,51 \mu g m^{-2} h^{-1}$ (Dose 2).

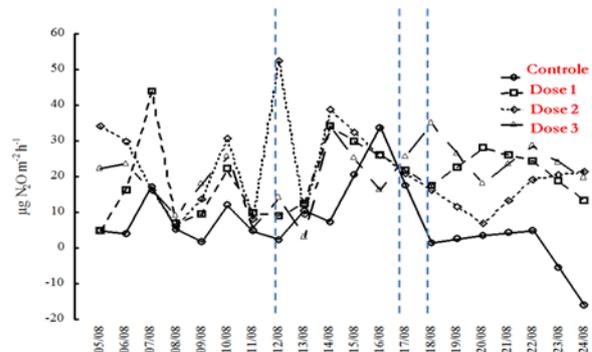


Figura 5 - Emissões de N_2O no viveiro provenientes da aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Não houve diferença entre os tratamentos com diferentes doses de N aplicadas (1, 2 e 3), mas todos eles apresentaram maiores emissões cumulativas ($p < 0,01$) do que o tratamento controle. A emissão acumulada foi classificada na seguinte ordem: Dose 2 ($0,061 \pm 0,006 \text{ kg N ha}^{-1}$) = Dose 3 ($0,060 \pm 0,018 \text{ kg N ha}^{-1}$) = Dose 1 ($0,059 \pm 0,015 \text{ kg N ha}^{-1}$) > Controle ($0,022 \pm 0,011 \text{ kg N ha}^{-1}$).

A média dos fluxos de N_2O do solo nos plantios jovem e adulto de palma foram menores do que na fase de viveiro (Figuras 3, 4 e 5). Como a quantidade de fertilizante aplicado nas plântulas foi menor do que nas plantações, pode-se confirmar que os altos fluxos de N_2O observados no experimento do viveiro é devido a interação entre o fertilizante aplicado, subprodutos no substrato, e umidade, devido a irrigação diária. A influência da precipitação dos fluxos de N_2O mostrou a relação entre a umidade do solo e um aumento de sítios de anaeróbios (Metay et al., 2007). Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Signor (2010), a fim de confirmar que o N_2O é formado principalmente por desnitrificação que requer condições anaeróbias.

CONCLUSÕES

A aplicação de fertilizante nitrogenado no viveiro de mudas contribui com as maiores emissões de N_2O devido ao ambiente anaeróbio promovido pela irrigação diária do substrato. Entretanto, esta fase constitui apenas 4% do ciclo de vida da palma. As fases jovem e adulta da cultura, embora apresentem menores emissões acumuladas em uma aplicação de N, durante todo o ciclo da cultura contribuem com as maiores emissões de N_2O para a atmosfera.

AGRADECIMENTOS

À fazenda Agropalma, pela concessão das áreas de estudo e apoio logístico durante a realização deste trabalho. À Fapemig e à Petrobras pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

DAVIDSON, E.A., MATSON, P.A., BROOKS, P.D. Nitrous oxide emission controls and inorganic nitrogen dynamics in fertilized tropical agricultural soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60: 1145–1152, 1996.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos** 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 2006. 412 p.

FERREIRA, W.A., BOTELHO, S.M., VILAR, R.R.L., 1998. **Composição química dos subprodutos da agroindústria do dendê**. Belém: CPATU/ Palmasa, 1998. 22 p. (Boletim de Pesquisa 198).

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2001: The Scientific Basis – Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change**. New York: Cambridge Univ. Press. 2001, 881p.

ISTA. **Oil World Annual 2009**. vol. 1. ISTA Mielke GmbH, Hamburg, 2009.

LOPES, D.C., STEIDLE NETO A.J. Potencial crops for biodiesel production in Brazil. *World J. Agric. Sci.*, 7:206-217, 2011.

METAY, A., OLIVER, R., SCOPEL, E., DOUZET, J.M., MOREIRA, J.A.A.M., MARAUX, F., FEIGL, B.J., FELLER, C. N_2O and CH_4 from soils under conventional and no-till management practices in Goiânia (Cerrados, Brazil). *Geoderma*, 141: 77-88, 2007.

MOSIER, A.R. **Chamber and isotope techniques**. In: ANDREAE, M.O., SCHIMEL, D.S. (Eds). Exchange of Trace Gases Between Terrestrial Ecosystems and The Atmosphere. Chichester, Wiley, 1989. p. 175–187.

SIGNOR, D. **Estoques de carbono e nitrogênio e emissões de gases do efeito estufa em áreas de cana-de-açúcar na região de Piracicaba**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2010. 119p. (Dissertação de Mestrado).

SINGH, G. **Management and utilisation of oil palm by-products**. Kuala Lumpur, Malaysia, 1994. p. 19-48.

STEIN, Y.L.; YUNG, Y.L. Production, isotopic composition, and atmospheric fate of biologically produced nitrous oxide. *Annual Review of Earth and Planetary Science*, 31: 329-356, 2003.

STEUDLER, P.A. Influence of nitrogen fertilization on methane uptake in temperate forest soils. *Nature* 341: 314-316, 1989.

STEUDLER, P.A., MELILLO, J.M., BOWDEN, R., CASTRO, M.; LUGO, A. The effects of natural and human disturbances on soil nitrogen dynamics and trace gas fluxes in a Puerto Rican wet forest. *Biotropica* 23: 356-363, 1991.

VELDKAMP, E., KELLER, M. Nitrogen oxide emissions from a banana plantation in the humid tropics. *J. Geophys. Res.*, 102: 15889–15898, 1997.