

## Emissões de óxido nitroso do solo em sistemas integrados de produção com lavoura-pecuária-floresta

**Maico Pergher<sup>(2)</sup>; Jeferson Dieckow<sup>(3)</sup>; Jonatas Thigo Piva<sup>(4)</sup>; Cimélio Bayer<sup>(5)</sup> Murilo Gomes Veloso<sup>(6)</sup> Reinaldo Carlos Brevilieri<sup>(7)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do CNPq.

<sup>(2)</sup> Mestrando, Bolsista CNPq, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), Universidade federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, maicopergher@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Professor Adjunto, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR, Curitiba, PR; <sup>(4)</sup> Professor Adjunto do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); <sup>(5)</sup> Professor Associado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); <sup>(6)</sup> Mestrando Bolsista CAPES, DSEA, UFPR; <sup>(7)</sup> Doutorando, Bolsista CAPES, DSEA, UFPR.

**RESUMO:** Sistemas de uso e manejo modificam a dinâmica do N no solo, interferindo nos fluxos de óxido nitroso ( $N_2O$ ), um dos principais gases de efeito estufa. O objetivo deste trabalho foi avaliar a emissão de  $N_2O$ , a partir do solo, em sistemas integrados de produção. O trabalho foi realizado em experimento de campo instalado em 2006, em Ponta Grossa – PR. Foram avaliados três sistemas de uso do solo em plantio direto, cultivados com aveia preta + azevém no inverno e rotação milho / soja no verão: Lavoura (LAV), integração lavoura-pecuária (ILP), integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e campo nativo (CN). A emissão de  $N_2O$  foi avaliada com o método da câmara estática, de junho de 2012 á fevereiro de 2013, totalizando 246 dias. A análise da concentração de  $N_2O$  das amostras de ar foi feita por cromatografia gasosa. Também foi avaliada a concentração de N inorgânico e a porosidade preenchida por água. O fluxo de emissão  $N_2O$  se manteve baixo, na maior parte do período avaliado, tendo apenas alguns picos de emissão durante os primeiros 15 dias após a aplicação de nitrogênio. A emissão total acumulada do solo, em g de  $N-N_2O$   $ha^{-1}$ , foi maior no sistema LAV (487,2), seguido do ILP (286,4), ILPF (184,3) e do CN (38,1). A aplicação de nitrogênio aumentou a concentração de nitrogênio no solo, que junto aos maiores valores de PPA resultaram no maior fluxo de  $N_2O$ . O solo em sistemas integrados de produção, principalmente na ILPF, apresenta a menor emissão de  $N_2O$  dentre os sistemas produtivos.

**Termos de indexação:** Plantio Direto; Nitrogênio; Gases de efeito estufa.

### INTRODUÇÃO

A demanda crescente por alimentos em nível mundial tem levado ao aumento da produtividade, com uso crescente de modelo de produção mais intensivos. Mas, busca-se um crescimento equilibrado, alcançando maiores produções forma mais sustentável, diminuindo a emissão dos gases de efeito estufa (GEE).

O óxido nitroso ( $N_2O$ ) é um dos principais GEE (IPCC, 2007). No Brasil, as emissões de  $N_2O$  ocorrem principalmente pela deposição de dejetos de animais em pastagem, e em menor escala, pela aplicação de fertilizantes em solos agrícolas (MCT, 2010), sendo as emissões de  $N_2O$  do solo reguladas por processos microbiológicos, onde a nitrificação e desnitrificação são responsáveis pela produção do  $N_2O$  (Gomes, 2006). A magnitude destes processos microbiológicos são comandados, pela temperatura concentração de nitrogênio inorgânico, pela condição, arreação e umidade do solo. A porosidade preenchida por água (PPA %) é uma forma de estimar a aeração, calculada a partir da densidade e umidade do solo. Fatores que podem alterados de acordo, com o sistema de uso do solo (Carvalho, 2010).

Buscando, sistema de uso, mais eficiente, é crescente a adoção da integração lavoura-pecuária (ILP), baseada em princípios conservacionista, plantio direto, com rotação de culturas e cobertura do solo visando à sustentabilidade (Carvalho, 2010). Na mesma linha temos a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), onde dentro do sistema de ILP, ocorre à inclusão de mais uma cultura, as árvores. Isso promovendo alteração no sistema como maior ciclagem de nutrientes pelas raízes das árvores que exploram maiores profundidades (Embrapa, 2012).

Os sistemas integrados como a ILPF são recentes, poucos estudos existem até o momento referente ao potencial de mitigação ou emissão dos GEE. Existe demanda de informações, em sistemas integrados de produção (ILP e ILPF), principalmente em regiões de clima tropical e subtropical, onde os sistemas tem grande potencial de expansão devido às condições climáticas, que permitem o cultivo durante o ano todo.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a emissão de  $N_2O$  e atributos que interferem na emissão, em sistemas de uso do solo envolvendo sistemas integrados de produção (ILP e ILPF), na região dos Campos do Paraná.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um experimento de campo instalado em 2006, em área de 12,9 ha, pertencente a Fazenda Modelo do IAPAR, em Ponta Grossa, PR, no segundo planalto paranaense em uma altitude de 973 m. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb. A precipitação média anual de 1500 mm. O solo da área é classificado como uma associação de Latossol + Cambissolo Háplico, com textura franca argilo arenosa, (Embrapa, 2006).

O experimento consistiu de quatro sistemas de uso do solo, em delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições: LAV: Lavoura onde no inverno foi semeado em consórcio aveia preta + azêvem, servindo unicamente de cobertura morta para rotação milho/soja, cultivada no verão em sistema de plantio direto; ILP: Integração lavoura-pecuária, mesma rotação de culturas do tratamento anterior, porém com aveia preta + azêvem, sendo pastejada no inverno, em sistema contínuo; ILPF: Integração lavoura-pecuária floresta, semelhante à ILP, porém, a área é intercalada com fileiras de árvores. As espécies florestais são eucalipto, aroeira e grevilea; CN: Campo nativo é a vegetação natural da região, foi avaliado como sistema de referência.

As avaliações da emissão de GEE foram feitas no período que compreendeu a pastagem, no inverno, e a cultivo da soja, no verão, nos anos de 2012/2013, totalizando 22 coletas. O intervalo de avaliações foi semanal ou quinzenal, dependendo da proximidade com momentos de operações consideradas críticos para a emissão dos GEE.

A coleta das amostras de ar foi feita utilizando um conjunto de câmara e base estática fechada. Cada câmara foi constituída de um balde (35 cm de altura x 33 cm de diâmetro) fechado na parte superior e assentado, somente durante as coletas, sobre uma base de metal previamente introduzida no solo. A base de metal foi mantida na mini parcela durante todo o ciclo de avaliação.

As amostras de ar foram coletadas a partir das 9:00 h, quando se colocou a câmara sobre a base, coletando a primeira amostra, e a cada 15 minutos de intervalo coletou-se outra, num total de quatro por conjunto, 0, 15 30, 45 minutos. Para coleta foi utilizado uma seringa de polipropileno de 10 mL equipada com uma válvula de fechamento no orifício de saída.

As amostras de ar contidas nas seringas foram transferidas para frascos, a fim de garantir melhor

conservação e facilitar o transporte até o Laboratório de Biogeoquímica do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre-RS).

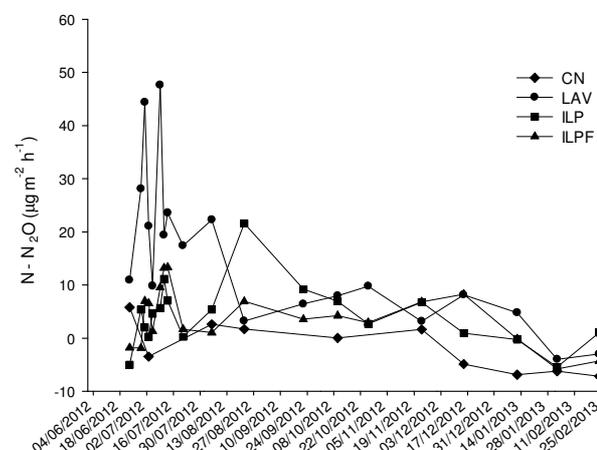
Análise das amostras de ar para determinação da concentração de  $N_2O$  foi feita a análise por cromatografia gasosa, num cromatógrafo modelo CG - Shimadzu 14-A.

Juntamente com a coleta das amostras de ar, foi coletado solo para avaliar atributos, os quais apresentam influência nas emissões dos GEE: Porosidade preenchida por água, a partir da umidade gravimétrica e o teor de nitrogênio inorgânico ( $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ) por análise colorimétrica com espectrofotômetro UV Mini 1240, Shimadzu.

Os resultados de emissão acumulada de  $N_2O$ , foram submetidos a análise de variância ANOVA. As médias entre os tratamentos serão comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). A análise estatística foi realizada com o programa Assistat 7.6.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fluxo de emissão  $N_2O$  se manteve baixo na maior parte do período avaliado, tendo apenas alguns picos de emissão durante os primeiros 15 dias após a aplicação de  $90 \text{ kg de N ha}^{-1}$  (Figura 1). O sistema LAV apresentou os maiores picos de emissão,  $47,6$  e  $44,3 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , comparado aos sistemas ILP e ILPF, com valores de  $21,6$  e  $13,6 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , respectivamente. Esses resultados estão próximo aos observados em outros trabalhos e condições semelhantes de clima e solo (Piva et al., 2012; Siqueira Neto et al., 2009).



**Figura 1** – Emissão de  $N_2O$  em sistemas de uso do solo: CN: Campo nativo; LAV: Lavoura; ILP: Integração Lavoura-pecuária; ILPF: Integração Lavoura-Pecuária Floresta. Ponta Grossa-PR.

Os maiores fluxos de  $N_2O$  observados no sistema LAV podem estar relacionados com os valores de PPA superiores a 50 % (Figura 2), associados às maiores concentração de nitrogênio mineral, advindo da aplicação da ureia na aveia preta/azevém nesse sistema (Figuras 3), proporcionando um ambiente mais favorável a produção de  $N_2O$ . Avaliando o fluxo de  $N_2O$ , Abassi e Adams (2000) com diferentes valores de PPA e aplicação de 100 kg de N  $ha^{-1}$ , encontraram correlação positiva entre a PPA e a concentração de N mineral no solo na forma de  $NO_3^-$ , mostrando que a desnitrificação é o principal mecanismo que controla a produção de  $N_2O$ .

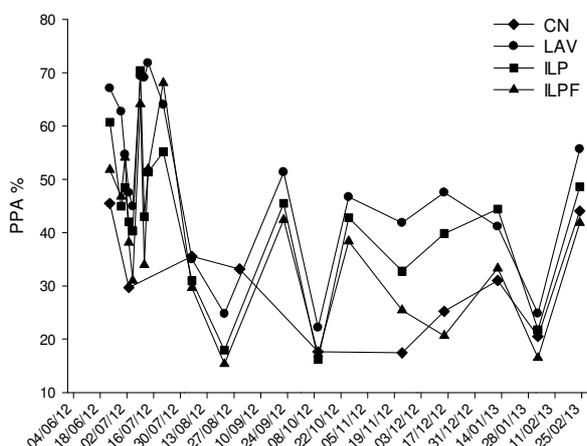


Figura 2 – Porosidade preenchida por água (PPA %) na camada de 0-5 cm do solo em sistemas de uso. Ponta Grossa-PR.

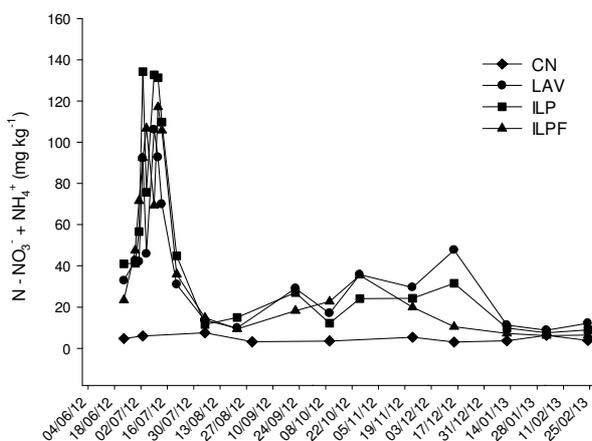


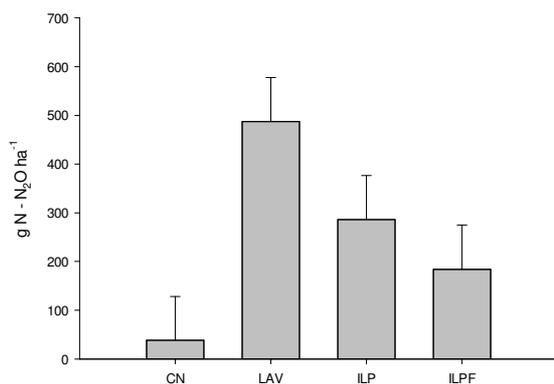
Figura 3 – Concentração de nitrogênio mineral ( $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-$ ) na camada de 0-5 cm do solo em sistemas de uso. Ponta Grossa-PR.

A maior PPA %, na LAV é resultado do acúmulo de matéria seca sobre o solo da cultura da aveia, e do azevém. Essa cobertura permanente reduz perda de água por evaporação, aumentando a PPA, e criando condições mais propícias para a perda de  $N_2O$  por desnitrificação (Dobbie e Smith, 2001).

Na ILPF os menores valores de emissão de  $N_2O$  do solo, podem estar associados aos menores valores de PPA, encontrados neste sistema. A inclusão das árvores no sistema determina uma dinâmica de água no solo diferenciada. A menor PPA pode estar relacionada com a maior demanda evapotranspirativa das árvores. Num estudo, Benavides et al. (2009) avaliando a dinâmica da água no solo na Nova Zelândia, em áreas exclusivas de pastagem e pastagens com árvores, concluíram que área de árvores o solo era mais seco, devido principalmente ao maior consumo de água, isso resultando em menor PPA e emissão de  $N_2O$  do solo.

A menor taxa de emissão de  $N_2O$  dos sistemas integrados ILP e ILPF comparada ao sistema LAV, deve-se a maior dinâmica do N no solo. Nos sistemas integrados, é maior a utilização do N disponível no solo, devido à alta demanda originada pela pastagem, e pelas arvores na IPLF, diminuindo a quantidade de N disponível que poderia ser fonte de  $N_2O$  (Piva, 2012). A menor taxa emissão no CN deve-se, justamente ao fato deste conter os menores teores de N disponíveis. Pois, no CN existe o predomínio de gramíneas com maior de manda de N, comparada à soja, e por ser área não agrícola, não recebe fertilizantes.

A emissão total acumulada do solo, em g de  $N-N_2O$   $ha^{-1}$ , e sem contabilizar os dejetos, durante 246 dias, foi maior no sistema LAV (487,2), seguido do ILP (286,4), ILPF (184,3) e do CN (38,1) (Figura 4). Estes valores são menores do que o encontrado por Carvalho, (2010), em diferentes sistemas de uso do solo, no cerrado Brasileiro, onde no sistema ILP foi próximo de 2,0 kg de N -  $N_2O$   $ha^{-1}$  ano<sup>-1</sup>. A emissão acumulada de N- $N_2O$  em áreas de pastagens tem grande variação, sendo controlada por alguns fatores, como temperatura, umidade, uso de adubo nitrogenado e tipo de solo. Podendo variar de 1,2 a 9 kg de N- $N_2O$   $ha^{-1}$  ano<sup>-1</sup> (Maljanen et al., 2004; Regina et al., 2004).



**Figura 4** – Emissão acumulada de N<sub>2</sub>O do solo submetido a sistemas de uso no período avaliado de 246 dias: CN: Campo nativo LAV: Lavoura; ILP: Integração Lavoura-pecuária; ILPF: Integração Lavoura-Pecuária Floresta. Ponta Grossa-PR. Barras verticais indicam a diferença mínima significativa DMS, pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

## CONCLUSÕES

A aplicação de ureia aumenta a concentração de nitrogênio no solo, que junto aos maiores valores de PPA resulta no maior fluxo de N<sub>2</sub>O.

O solo em sistemas integrados de produção, principalmente na ILPF, apresenta menor emissão de N<sub>2</sub>O dentre os sistemas produtivos. Mas vale ressaltar que nos sistemas integrados existe a também emissão oriunda dos dejetos, que contribui na emissão de N<sub>2</sub>O e deve ser tema de futuras pesquisas.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a CAPES, pelas bolsas de estudo e pelo financiamento do projeto de pesquisa. Ao IAPAR pela disponibilidade da área para a pesquisa. Ao Laboratório de Biogeoquímica da UFRGS, pelas análises cromatográficas.

## REFERÊNCIAS

ABBASI, M. K.; ADAMS, W. A. Gaseous N emission during simultaneous nitrification-denitrification associated with mineral N fertilization to a grassland soil under field conditions. *Soil Biology & Biochemistry*, 32:1251–1259, 2000.

BENAVIDES, R.; DOUGLAS, G.B.; OSORO, K. Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. *Agroforestry Systems*, 76:327–350, 2009.

CARVALHO, J. L. N. Dinâmica do carbono e fluxo de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura pecuária na Amazônia e no Cerrado. 2010. 141 p. (Tese - Doutorado), Programa de pós-graduação em

Solos e Nutrição de Plantas, Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2010.

DOBBIE, K. E.; SMITH, K. A. The effects of temperature, water-filled pore space and land use on N<sub>2</sub>O emissions from an imperfectly drained gleysol. *European Journal of soil Science*. 52:667–673, 2001.

EMBRAPA, Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Disponível em < [http://www.cpaa.embrapa.br:8080/embrapa/transferecia de Tecnologia vantagens-da-integração-lavoura pecuária-floresta](http://www.cpaa.embrapa.br:8080/embrapa/transferecia%20de%20Tecnologia%20vantagens-da-integra%C3%A7%C3%A3o-lavoura-pecu%C3%A1ria-floresta) >. Acessado em 15 set. 2012.

EMBRAPA, Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília, Embrapa Produção de Informação, 2006. 306p.

GOMES, J. Emissão de Gases do Efeito Estufa e Mitigação do Potencial de Aquecimento Global por Sistemas Conservacionistas de Manejo do Solo (Tese - doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2006.

MALJANEN, M.; KOMULAINEN, V.M.; HYTONEN, J. et al. Carbon dioxide, nitrous oxide and methane dynamics in boreal organic agricultural soils with different soil characteristics. *Soil Biology Biochemical*. 36:1801–1808, 2004.

MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia. Mudanças climáticas, técnicas, notícias, projetos, publicações e serviços. Disponível em < <http://www.mct.gov.br> >. Acessado em 20 abr. 2013.

PIVA, T. J.; DIECKOW, J.; BAYER, C. et al. No-till reduces global warming potential in a subtropical Ferralsol. *Plant Soil*, 361:359–373, 2012.

PIVA, J. T. Fluxo de gases de efeito estufa e estoque de carbono no solo em sistemas integrados de produção no sub trópico Brasileiro (Tese - doutorado). Programa de pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, 2012. 97p.

REGINA, K.; SYVASALO, E.; HANNUKALA, A.; ESALA, M. Fluxes of N<sub>2</sub>O from farmed peat soils in Finland. *European Journal of Soil Science*. 55:591–599, 2004.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B. J. et al. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR) – Emissões de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1023-1029, 2009.