



## Emissões de curto prazo de óxido nitroso em sistemas de manejo do solo no Rio Grande do Sul

**L.F. ESCOBAR<sup>(1)</sup>; T.J.C. AMADO<sup>(2)</sup>; C. BAYER<sup>(3)</sup>; L.F. CHAVEZ<sup>(4)</sup>; J.A. ZANATTA<sup>(4)</sup>  
& J. FIORIN<sup>(5)</sup>**

- (1) Doutoranda do PPG Ciência do Solo, Depto. Solos, Universidade Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS), BR 465, km 7, Seropédica, RJ, CEP 23890-000, luisaesc@yahoo.com (apresentador do trabalho); (2) Professor do Depto. Solos, Universidade Federal de Santa Maria. Avenida Roraima, nº 1000 Cidade Universitária, Santa Maria, RS, CEP 97105-900; (3) Professor do Depto. Solos, Universidade Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS). Avenida Roraima, nº 1000 Cidade Universitária, Santa Maria, RS, CEP 97105-900; (4) Doutorandos do PPG Ciência do Solo, Depto. Solos, Universidade Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS); (5) Pesquisador da FUNDACEP, BR 465, km 7, Seropédica, RJ, CEP CEP 23890-000

**RESUMO:** A contribuição da agricultura para o efeito estufa pode ser reduzida, tendo em consideração o desenvolvimento de sistemas de manejo do solo com capacidade para mitigar as emissões de gases de efeito estufa. O objetivo deste trabalho foi avaliar as emissões de N<sub>2</sub>O em diferentes sistemas de manejo de solo nas condições subtropicais do Sul de Brasil. O projeto foi desenvolvido em experimento de longa duração sob Latossolo Vermelho distrófico típico. Foram avaliados três tratamentos, um sob PC (PCs) e dois sob PD com resíduos de soja (PDs) e milho (PDM) utilizando-se câmara fechada. A análise foi realizada por cromatografia gasosa. Foram monitoradas a temperatura, umidade do solo e a concentração de N mineral no solo durante o período avaliado. As maiores emissões de N<sub>2</sub>O foram verificadas no solo sob PDs, com valores de até 670 µg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Em geral, as emissões no PDM mantiveram-se semelhantes às emissões sob PCs ao longo do período avaliado. A emissão de N<sub>2</sub>O do solo sob PD foi maior do que no solo sob PC, sendo mais intensificada quando da presença de resíduos de soja do que com milho. As emissões de N<sub>2</sub>O estiveram associadas aos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e umidade no solo.

**Palavras-chave:** óxido nitroso, desnitrificação, plantio direto

### INTRODUÇÃO

Concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa (GEE) como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e metano (CH<sub>4</sub>) têm aumentado rapidamente nos últimos anos devido a atividades antropogênicas. No Brasil, estima-se que 75% das emissões de CO<sub>2</sub>, 94% das emissões de N<sub>2</sub>O e 91% das emissões de CH<sub>4</sub> sejam oriundas de atividades

agrícolas (Cerri & Cerri, 2007). Embora sejam emitidos em menores quantidades do que o CO<sub>2</sub>, o N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> apresentam potencial de aquecimento 296 e 23 vezes maior do que o CO<sub>2</sub> respectivamente (IPCC, 2007).

No solo, a maioria do N<sub>2</sub>O é produzido pelos processos microbianos de nitrificação e desnitrificação. Pesquisas têm identificado a disponibilidade de N mineral, o tipo e a porosidade do solo, a temperatura, a umidade, o pH e o suprimento de C lábil no solo como controladores da produção de N<sub>2</sub>O através da atividade microbiana (Weitz et al., 2001; Dalal et al., 2003). O uso de fertilizantes nitrogenados e leguminosas, ao disponibilizar altos teores de N no solo pode aumentar as emissões de N<sub>2</sub>O à atmosfera (Dalal et al., 2003). As emissões de N<sub>2</sub>O em solos sob plantio direto (PD) tendem a ser maiores do que em preparo convencional (PC), o que têm sido relacionado à menor difusão de O<sub>2</sub> no solo, decorrente da compactação do solo não revolvido (Baggs et al., 2003; Liu et al., 2006), principalmente em períodos de chuva mais intensas e à maior atividade microbiana neste sistema, responsável pela decomposição aeróbica no solo, a qual consome O<sub>2</sub> disponível e cria sítios de produção de N<sub>2</sub>O.

A quantificação das emissões de GEE em sistemas agrícolas representativos do manejo adotado no Sul do Brasil e o reconhecimento das variáveis que governam o fluxo de GEE nestes sistemas são relevantes para a identificação de práticas de manejo de solo com potencial mitigador na região. Neste estudo são reportadas as emissões de N<sub>2</sub>O num período de curta duração sob diferentes sistemas de manejo de solo em ambiente subtropical



do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em experimento de manejo do solo de longa duração (22 anos) situado na Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa Fecotriga (FUNDACEP), Cruz Alta, RS, sob Latossolo Vermelho distrófico típico. As emissões de  $N_2O$  foram avaliadas no mês de maio do ano agrícola de 2007 nos sistemas de rotação de culturas aveia/soja/aveia+ervilhaca/milho/nabo/trigo/soja-R1-3 e aveia+ervilhaca/milho/nabo/trigo/soja/aveia/soja-R1-2. A rotação R1-3, após a colheita da soja, foi avaliada em PD (PDs) e PC (PCs), enquanto a R1-2 foi avaliada após a colheita do milho em PD (PDM).

Foram realizadas oito avaliações num período de 24 dias, em intervalos de 1 a 4 dias entre as coletas, após as operações de preparo de solo de inverno. A coleta das amostras foi realizada utilizando-se câmaras estáticas (PVC) dispostas sobre uma base de alumínio que serve de suporte. Foram utilizadas três câmaras em cada um dos tratamentos avaliados. As coletas de ar foram realizadas às 10 horas da manhã, aos 0, 15, 30 e 45 minutos após o fechamento das câmaras, com seringas de polipropileno. As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa e as emissões médias diárias de  $N_2O$  e  $CO_2$  foram obtidas pelo valor médio das três câmaras instaladas em cada tratamento. Foram monitoradas a temperatura, umidade, espaço poroso preenchido por água (PPA) e os teores de N mineral do solo ( $NH_4^+$  e  $NO_3^-$ ).

Os efeitos dos sistemas de manejo do solo sob os fluxos de  $N_2O$  foram observados através da análise descritiva dos dados pelo uso de desvios padrões da média. As emissões de  $N_2O$ , temperatura, umidade, PPA e teores de  $NO_3^-$  e  $NH_4^+$  do solo foram submetidos a análise multivariada utilizando a análise de coordenadas principais, implementada no aplicativo computacional MULTIV (versão 2.4.2. Copyright © Pillar, V., UFRGS, 2004).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Emissões de óxido nítrico

As maiores emissões de  $N_2O$  foram verificadas no solo sob PDs, que apresentou emissão média de  $284,0 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$ ; os sistemas PDM e PCs emitiram em média  $59,5$  e  $88,5 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$ , respectivamente. As maiores emissões em PDs foram medidas nas primeiras duas avaliações após a

colheita da soja ( $>500 \mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$ ) (Fig. 1) e foram relacionadas às maiores concentrações de C lábil, produtos da senescência nodular e radicular, que favorece aos microrganismos do solo, especificamente aos nitrificadores e desnitrificadores (Ciampitti et al., 2005; 2008; Yang & Cai, 2005). Adicionalmente, a rápida taxa de decomposição dos resíduos culturais da soja com baixa relação C/N ( $\pm 15$ ) e as condições de temperatura e umidade do solo existentes neste sistema, satisfatórias à mineralização dos resíduos vegetais favoreceram a emissão de  $N_2O$  no PDs (Baggs et al., 2000; Aulakh et al. 1991, apud Ciampitti et al., 2008).

Vários estudos têm demonstrado maior emissão de  $N_2O$  em solos sob PD (Smith et al., 2001; Yamulki & Jarvis, 2002; Liu et al., 2006), o que têm sido relacionado à maior compactação que aumenta a PPA e favorece o aumento da desnitrificação no solo. A maior emissão de  $CO_2$  observada no solo em PD em relação ao solo em PC deve ser também uma evidência da maior atividade microbiana heterotrófica aeróbica que consome o oxigênio disponível no solo e cria sítios de anaerobiose, onde o  $NO_3^-$  pode ser desnitrificado. A relação positiva entre as emissões de  $CO_2$  e  $N_2O$  ( $P < 0,007$ ,  $r^2 = 0,28$ ) é um indicativo da ocorrência deste fenômeno neste estudo, como verificado por Baggs et al. (2003).

Nos três últimos dias avaliados, as emissões de  $N_2O$  nos três sistemas apresentaram em geral os valores mais baixos do período (Fig. 1), provavelmente devido à diminuição da temperatura e teores de  $NO_3^-$  nestes dias.

### Variáveis controladoras das emissões de $N_2O$

A emissão de  $N_2O$  em PDs, acompanhou a evolução do teor de  $NO_3^-$  e da PPA do solo durante o período avaliado. A precipitação ocorrida dias antes e durante o período de amostragem de gases possivelmente induz a mineralização do N orgânico neste sistema e criou condições anaeróbicas no solo, ideais para a desnitrificação (Webb et al., 2004).

No solo sob PCs foram medidas baixas emissões de  $N_2O$  durante o período avaliado. Considerando que as concentrações de  $NO_3^-$  foram similares às do solo em PDs, as menores emissões de  $N_2O$  podem ter sido ocasionadas pelas operações de preparo do solo realizadas neste tratamento que induziram o solo a ficar mais seco, diminuindo a PPA e criando condições desfavoráveis à desnitrificação. Sendo a desnitrificação o processo microbiano predominante na produção de  $N_2O$ , a restrição da sua ocorrência poderia significar redução de 80 a 90 % na emissão de  $N_2O$  (Bateman & Baggs, 2005). No PDM, a menor contribuição de N na forma de  $NO_3^-$



possivelmente desfavoreceu o processo de desnitrificação apesar de que o conteúdo de umidade foi similar ao PDs.

Na análise de ordenação dos dados, a 1ª e a 2ª coleta em PDs (9 e 10) destacaram-se das demais pela sua alta emissão (Fig. 2, Tabela 1). Na 1ª coleta este comportamento possivelmente foi afetado pelo maior teor de  $\text{NH}_4^+$ , PPA e temperatura do solo, já na 2ª coleta o único fator que parece estar relacionado à alta emissão foi à presença abundante de  $\text{NO}_3^-$  (Fig. 2). As emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  observadas na 3ª e 4ª coletas em PDs e em PDm e 3ª em PCs (grupo I) foram determinadas pela presença de  $\text{NO}_3^-$  no solo; nas emissões do grupo II, o efeito do  $\text{NO}_3^-$  foi menor, preponderando a influência da PPA, do teor de  $\text{NH}_4^+$  e da temperatura do solo. Nos grupos III e IV, as emissões foram igualmente afetadas pelos parâmetros avaliados. As emissões dos grupos estiveram associadas com a disponibilidade de  $\text{NO}_3^-$  no solo, sendo o fator determinante das maiores emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ , seguido pela PPA e pelo  $\text{NH}_4^+$ .

#### CONCLUSÕES

**A emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo sob PD foi maior do que no solo sob PC, sendo maiores na presença de resíduos vegetais de soja. As emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  estiveram associadas aos teores de  $\text{NO}_3^-$  no solo e foram pouco afetadas pelo preparo convencional do solo no período outono-inverno. O sincronismo da liberação de N pela cultura antecessora e a subsequente parece ser a melhor estratégia para reduzir a disponibilidade de N mineral no solo e por consequência tentar mitigar as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ .**

#### REFERÊNCIAS

- BAGGS, E.M.; REES, R.M.; SMITH, K.A.; VINTEN, A.J.A. Nitrous oxide emission from soils after incorporating crop residues. *Soil Use Manage.*, 16: 82–87, 2000.
- BAGGS, E.M.; STEVENSON, M.; PIHLATIE, M.; REGAR, A.; COOK, H.; CADISCH, G. Nitrous oxide emissions following application of residues and fertiliser under zero and conventional tillage. *Plant Soil*, 254: 361–370, 2003.
- BATEMAN, E.J.; BAGGS, E.M. Contributions of nitrification and denitrification to  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from soils at different water-filled pore space, *Biol. Fertil. Soils*, 41: 379–388, 2005.
- CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Seqüestro de carbono em solos na América Latina. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 32: 40–44, 2007.
- CIAMPITTI, I.A.; CIARLO, E.A.; CONTI, M.E. Nitrous oxide emission during soybean culture: inoculation and nitrogen fertilization effects. *Ci Suelo*, 23: 123–131, 2005.
- CIAMPITTI, I.A.; CIARLO, E.A.; CONTI, M.E. Nitrous oxide emissions from soil during soybean [(Glycine max (L.) Merrill)] crop phenological stages and stubbles decomposition period. *Biology and Fertility of Soils*, DOI 10.1007/s00374-007-0241-7, 2007.
- DALAL, R.C.; WANG, W.; ROBERTSON, G.P.; PARTON, W.J. Nitrous oxide emission from Australian agricultural lands and mitigation options: a review. *Aust. J. Soil Res.*, 41: 165–195, 2003.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. The Fourth Assessment Report*, UNEP., 2007.
- LIU, X.J.; MOSIER, A.R.; HALVORSON, A.D.; ZHANG, F.S. The impact of nitrogen placement and tillage on  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  and  $\text{CO}_2$  fluxes from a clay loam soil. *Plant Soil*, 280: 177–188, 2006.
- SMITH, P.; GOULDING, K.W.; SMITH K.A.; POWLSON, D.S.; SMITH, J.U.; FALLOON, P.; COLEMAN, K. Enhancing the carbon sink in European agricultural soils: including trace gas fluxes in estimates of carbon mitigation potential. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 60: 237–252, 2001.
- WEBB, J.; ELLIS, S.; HARRISON, R.; THORMAN, R. Measurement of N fluxes and soil N in two arable soils in the UK. *Plant Soil*, 260: 253–270, 2004.
- WEITZ, A.M.; LINDER, E.; FROLKING, S.; CRILL, P.M.; KELLER, M.  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from humid tropical agricultural soils: effects of soil moisture, texture and nitrogen availability. *Soil Biol. Biochem.*, 33: 1077–1093, 2001.
- YAMULKI, S.; JARVIS, S.C. Short-term effects of tillage and compaction on nitrous oxide, nitric oxide, nitrogen dioxide, methane and carbon dioxide fluxes from grassland. *Biol. Fertil. Soils*, 36: 224–231, 2002.
- YANG, L.; CAI, Z. The effect of growing soybean (Glycine max L.) on  $\text{N}_2\text{O}$  emission from soil. *Soil Bio. Biochem.*, 37: 1205–1209, 2005.

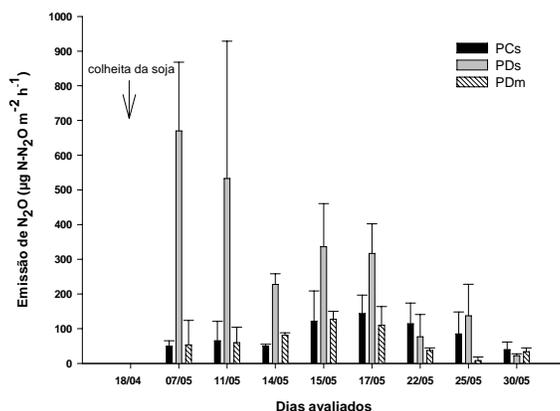


Figura 1. Emissões de  $N_2O$  nos sistemas avaliados. As barras verticais representam o desvio padrão da média.

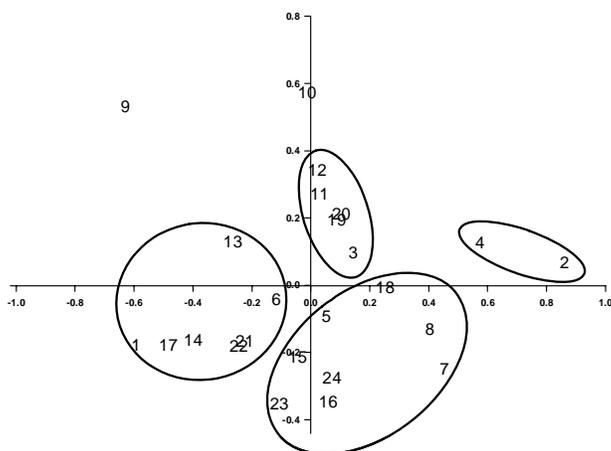


Figura 2. Diagrama de dispersão das variáveis avaliadas com os tratamentos PCs (1,2,3,4,5,6,7,8), PDs (9,10,11,12,13,14,15,16) e PDm (17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24) no período de 07/05/07 a 30/05/07.

**Tabela 1.** Coeficientes de correlação entre as variáveis e os eixos de ordenação.

Variáveis	Coordenadas Principais	
	Eixo 1	Eixo 2
Autovalores	2,9	1,5
Porcentagem	48	26
Emissão $N_2O$ ( $\mu g N-N_2O m^{-2} h^{-1}$ )	-0,30	0,82
Temperatura do solo ( $^{\circ}C$ )	-0,58	0,37
Umidade (%)	-0,94	0,12
PPA (%)	-0,93	0,12
$NH_4^+$ ( $mg N kg^{-1}$ )	-0,63	-0,42
$NO_3^-$ ( $mg N kg^{-1}$ )	0,58	0,73