

## Emissão de óxido nitroso após o manejo de plantas de cobertura de verão

**Douglas Adams Weiler<sup>(1)</sup>; Sandro José Giacomini<sup>(2)</sup>; Guilherme Dietrich<sup>(3)</sup>;  
Willian Hytalo Ludke<sup>(4)</sup> & Raquel Schmatz<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, RS; [douglasweiler@yahoo.com.br](mailto:douglasweiler@yahoo.com.br); <sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Solos UFSM. Universidade Federal de Santa Maria. <sup>(3)</sup> Aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo UFSM; <sup>(4)</sup> Aluno de graduação do curso de Agronomia UFSM.

**RESUMO:** A adição de resíduos culturais ao solo pode favorecer as emissões de N<sub>2</sub>O para a atmosfera. O objetivo deste trabalho foi quantificar as emissões de N<sub>2</sub>O após o manejo de plantas de cobertura de verão. As plantas de cobertura foram cultivadas em sistema plantio direto sem nenhum tipo de fertilizante. As avaliações foram realizadas pelo método das câmaras estáticas, nos resíduos de mucuna-preta, milheto, guandu anão, crotalária juncea, crotalária spectabilis e feijão de porco. A qualidade dos resíduos foi determinada pelo método de Van Soest. A inclusão de plantas de cobertura de solo em sistemas de rotação de culturas aumenta a emissão de N<sub>2</sub>O. Os fluxos de N<sub>2</sub>O são mais intensos logo após o manejo das plantas de cobertura. A crotalária juncea é a espécie de melhor relação C e N aportados vs. N<sub>2</sub>O emitido.

**Termos de indexação:** desnitrificação, plantio direto, gases de efeito estufa.

### INTRODUÇÃO

As plantas de cobertura de solo de primavera-verão são espécies que podem ser cultivadas na região Sul do Brasil entre janeiro a maio, após a colheita das culturas comerciais de verão e antecedendo às de inverno.

A adoção do plantio direto tem sido apontada com uma das alternativas para o sequestro de C no solo, sendo necessário neste sistema de cultivo a inclusão de plantas de cobertura (Lal, 2007). Por outro lado, a adição de resíduos culturais ao solo, especialmente aqueles com baixa relação C/N, podem favorecer as emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) para a atmosfera via nitrificação e desnitrificação (Huang, et al., 2004).

O N<sub>2</sub>O é um dos principais gases causadores do efeito estufa, com poder de aquecimento global 296 vezes superior ao dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Além disso, o N<sub>2</sub>O é uma das principais moléculas responsáveis pela destruição do ozônio (Ravishankara, et al., 2009). Desta forma, benefícios oriundos da adição de resíduos culturais no plantio direto, como o sequestro de C no solo e adição de N por leguminosas, podem ser contra-balanceados

pela emissão de N<sub>2</sub>O e vice-versa (Senbayram et al. 2011).

O objetivo deste estudo foi quantificar as emissões de N<sub>2</sub>O após o manejo de plantas de cobertura de verão, relacionando as emissões com a qualidade do resíduo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de campo foi conduzido na Universidade Federal da Santa Maria, região Sul do Brasil. O clima do local é subtropical úmido, com precipitação média de 1.686 mm e temperatura média anual de 19,3° C. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2006). Anteriormente ao início do estudo, o solo recebeu calcário, foi revolvido com arado de discos e cultivado com aveia-preta (*Avena strigosa*).

As avaliações foram realizadas durante dois anos agrícolas (2009/2010 e 2010/2011). Os tratamentos consistiram das segunites plantas de cobertura de verão: mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), milheto (*Pennisetum americanum*), guandu-anão (*Cajanus cajan*), crotalária juncea (*Crotalaria juncea*), crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). Além destes, foram avaliados dois tratamentos que permaneceram em pousio (controle) durante o desenvolvimento das plantas de cobertura. Em um dos tratamentos as culturas comerciais foram cultivadas sem adubação nitrogenada, e no outro, a adubação foi realizada conforme recomendações técnicas. No primeiro ano as parcelas sob pousio foram mantidas livres de plantas invasoras, enquanto que no segundo ano foi permitido o seu desenvolvimento. As plantas de cobertura foram cultivadas sem nenhum tipo de fertilizante, e as parcelas com estas espécies receberam aplicação de P e K apenas nas culturas comerciais.

As plantas de cobertura de verão foram cultivadas da mesma forma nos dois anos de avaliação. O espaçamento entrelinhas foi de 0,45 m e a densidade de sementes utilizadas foi de 12 kg ha<sup>-1</sup> para o milheto, 30 kg ha<sup>-1</sup> para a crotalária juncea e crotalária spectabilis e 50 kg ha<sup>-1</sup> para o guandu-anão. A mucuna-preta e o feijão-de-porco foram

semeados em covas, espaçadas em 0.25 m, na densidade de duas sementes por cova.

A produção de matéria seca das plantas de cobertura foi determinada no momento do florescimento das espécies. O teor de C e N nas amostras finamente moídas foi determinado através de combustão seca em autoanalisador (FlashEA Thermo Finnigan). Uma subamostra deste material foi pré-seca a 40°C para a determinação do conteúdo da fração solúvel de Van Soest (FSVS), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG) (Van Soest, 1963). O C e o N solúvel em água (20°C) foram extraídos dos resíduos através de agitação por 30 minutos (relação resíduo:água 1:100), seguido de filtragem em filtros Whatman nº 2. O conteúdo de C e N nos extratos foi determinado conforme Tedesco et al. (1995). Na **tabela 1** são apresentadas as características dos resíduos culturais nos dois anos de avaliação.

Os fluxos de N<sub>2</sub>O foram medidos usando câmaras estáticas. Após o manejo das plantas de cobertura de verão, em cada tratamento foram instalados três suportes em aço galvanizado (0.4 m de largura x 0.4 m de comprimento x 0.1 m de altura), inseridos a 0.05 m de profundidade no solo. As câmaras, de aço galvanizado e 0.2 m de altura, eram equipadas com um termômetro com display externo e um cooler para homogeneização da atmosfera interna antes da coleta. As amostras foram coletadas simultaneamente em todos os tratamentos entre 9 e 11h da manhã, nos tempos 0, 15 e 30 minutos após a colocação das câmaras sobre as bases, assumindo que neste período ocorre a emissão média diária. Após a coleta, as seringas foram armazenadas em caixa refrigerada e levadas até o Laboratório de Biotransformações de Carbono e Nitrogênio da UFSM.

A concentração de N<sub>2</sub>O nas amostras foi determinada através de cromatografia gasosa (GC – Greenhouse 2014). O volume molar do gás foi corrigido para temperatura no interior da câmara no momento de cada amostragem, e os fluxos foram calculados levando-se em conta a variação na concentração de N<sub>2</sub>O na câmara no tempo que ela permaneceu fechada, o volume da câmara, a área do solo ocupada pela câmara e o peso molecular do N<sub>2</sub>O (Jantalia et al., 2008).

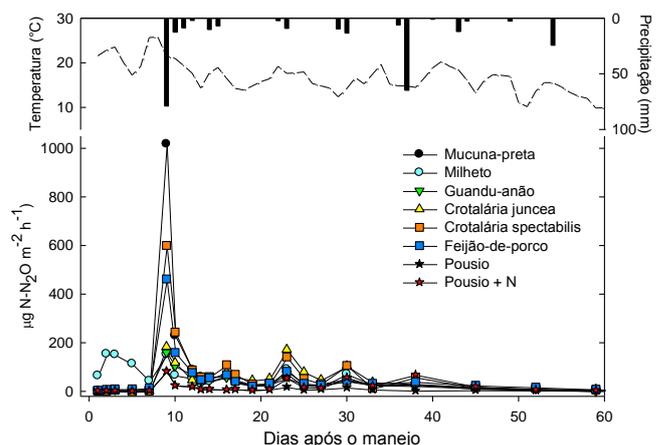
Os resíduos culturais das plantas de cobertura, nos dois anos, foram adicionados às bases de avaliação de N<sub>2</sub>O proporcionalmente a produção de matéria verde de cada espécie. Durante as avaliações, a área interna dos suportes foi mantida livre de plantas. Por ocasião das adubações nitrogenadas de cobertura no tratamento pousio + N, quantidades equivalentes de N foram aplicadas na área delimitada pelo suporte das câmaras. Os dados

climáticos foram obtidos da Estação Automática de Meteorologia do Departamento de Fitotecnia (UFSM), distante 2 km do local do experimento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade e a qualidade dos resíduos culturais adicionados ao solo com as plantas de cobertura variaram nos dois anos (**Tabela 1**). Com exceção ao guandu-anão, as demais espécies apresentaram produção de biomassa 35% menor em 2011 do que em 2010. Menores teores de N, Csa, Nsa, e FSVS e maiores teores de LIG e C/N foram observados nos resíduos culturais adicionados em 2011. Os teores de N nas plantas de cobertura variaram de 6.1 a 36.1 g kg<sup>-1</sup>, resultando em valores de C/N que variaram de 11.5 (feijão-de-porco) a 74.1 (milheto). Em 2011, as plantas invasoras do pousio, representadas principalmente pela espécie *Brachiaria plantaginea*, adicionaram quantidades de biomassa superior a maioria das espécies leguminosas de plantas de cobertura.

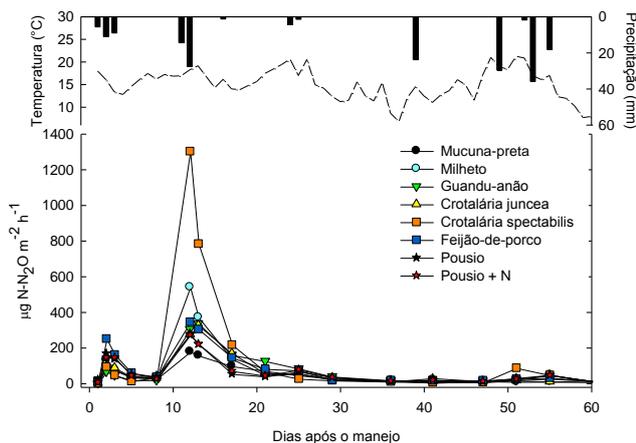
Os maiores fluxos de N<sub>2</sub>O foram observados após o manejo das plantas de cobertura (**Figura 1 e 2**). A emissão de N<sub>2</sub>O foi máxima aos 9 e 12 dias após o manejo dos resíduos culturais em 2010 e 2011, respectivamente. Os fluxos de N<sub>2</sub>O atingiram 1017.6 µg N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> na mucuna-preta, em 2010, e 1305.1 µg N m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> na crotalária spectabilis, em 2011.



**Figura 1.** Fluxos de N-N<sub>2</sub>O após o manejo de plantas de cobertura de verão em 2010.

O aumento na emissão pode ser atribuído a redução da disponibilidade de O<sub>2</sub> e fornecimento de C e N via resíduos culturais. A ocorrência de precipitações aumenta o espaço poroso saturado por água (EPSA), reduz a disponibilidade de O<sub>2</sub> e favorece a redução do NO<sub>3</sub><sup>-</sup> via respiração anaeróbica. Dobbie e Smith (2001) relatam que o aumento do EPSA para acima de 50% reduz a

difusividade do oxigênio nos agregados e, aliado a respiração do solo, incrementa rapidamente a fração de solo em condições de anaerobiose. A intensidade das precipitações também tem efeito importante sobre a emissão de  $N_2O$ , devido a lixiviação de compostos solúveis presentes nos resíduos culturais, que são facilmente catabolizados pela população microbiana.



**Figura 2.** Fluxos de  $N-N_2O$  após o manejo de plantas de cobertura de verão em 2011.

A influência dos resíduos culturais sobre as emissões de  $N_2O$  foi maior durante curto período após o manejo das plantas de cobertura. Em um segundo momento após o manejo das plantas de cobertura os fluxos de  $N_2O$  reduziram, conforme verificado em outros estudos com a adição de resíduos culturais (Gomes et al., 2009). A redução nos fluxos de  $N_2O$  em todos os tratamentos pode ser creditada a redução da disponibilidade de C no solo. Azam et al. (2002) sugerem que a redução das emissões iniciais de  $N_2O$ , oriundas principalmente da desnitrificação em condições de alta disponibilidade de C, ocorre devido a exaustão do C disponível enquanto que a nitrificação contribui mais significativamente a partir deste momento.

A interação entre a qualidade dos resíduos culturais e as condições climáticas nos primeiros dias de avaliação possivelmente potencializou os processos biológicos de nitrificação e desnitrificação, que podem atuar de forma isolada ou em sincronia. Um resultado interessante foi obtido com os resíduos culturais do feijão-de-porco. Apesar do conteúdo de N, Csa e Nsa nos resíduos culturais ter sido superior às demais, esta espécie não apresentou elevadas emissões de  $N_2O$ . Este resultado possivelmente se deva a disponibilidade de C nos resíduos culturais do feijão-de-porco, que pode elevar a relação  $N_2/N_2O$  direta e indiretamente.

Diretamente, a maior disponibilidade de C, necessário para que os microrganismos possam reduzir o  $NO_3^-$ , promove um fluxo de elétrons que favorece a desnitrificação até sua última etapa ( $N_2O$  para  $N_2$ ) (Senbayram et al., 2011), e indiretamente contribui para a redução da disponibilidade de  $O_2$  no solo e manutenção da atividade da enzima óxido nitroso redutase. O processo inverso, onde a baixa disponibilidade de C pode reduzir a conversão de  $N_2O$  para  $N_2$ , pode explicar as emissões de  $N_2O$  mais elevadas em algumas coletas no tratamento milheto em relação às demais espécies. Contudo, estudos mais específicos são necessários para comprovar esta hipótese.

## CONCLUSÕES

A inclusão de plantas de cobertura em sistemas de culturas aumenta as emissões de  $N_2O$ .

A crotalária juncea é a espécie que melhor combina adição de C e N com baixas emissões de  $N_2O$ .

## REFERÊNCIAS

- AZAM, F., MÜLLER, C., WEISKE, A., BENCKISER, G., OTTOW, J. C. G. Nitrification and denitrification as source of atmospheric nitrous oxide – role of oxidizable carbon and applied nitrogen. *Biology and Fertility of Soils* 35, 54-61, 2002.
- DOBBIE, K. E., SMITH, K. A. The effects of temperature, water-filled pore space and land use on  $N_2O$  emissions from a imperfectly drained gleysol. *European Journal of Soil Science* 52, 667-673, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2006. 306p.
- GOMES, J., BAYER, C., COSTA, F. DE S., PICCOLO, M. DE C., ZANATTA, J. A., VIEIRA, F. C. B., SIX, J. Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based rotations under subtropical climate. *Soil & Tillage Research* 106, 36-44, 2009.
- HUANG, Y., ZOU, J., ZHENG, X., WANG, Y., XU, X. Nitrous oxide emissions as influenced by amendment of plant residues with different C:N ratios. *Soil Biology & Biochemistry* 36, 973-981, 2004.
- JANTALIA, C. P., SANTOS, H. P., URQUIAGA, S., BODDEY, R. M., ALVES, B. J. R. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 82, 161-173, 2008.
- LAL, R., Carbon management in agricultural soils. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12, 303-322, 2007.
- RAVISHANKARA, A. R., DANIEL, J. S., PORTMANN, R. W., 2009. Nitrous oxide ( $N_2O$ ): The dominant ozone-depleting substance emitted in the 21<sup>st</sup> century. *Science* 326, 123-125.
- SENBAYRAM, M., et al., 2011.  $N_2O$  emission and the  $N_2O/(N_2O + N_2)$  product ratio of denitrification as controlled by available carbon substrates and nitrates concentrations. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2011.

Tabela 1. Quantidades equivalentes de MS, C, N e características dos resíduos culturais adicionados às bases para avaliação da emissão de óxido nitroso.

Espécie	MS	C	N	C	N	Csa	Nsa	FDA	FDN	CEL	HEM	FSVS	LIG	C/N	Csa/Nsa	LIG/N
	Mg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>		g kg <sup>-1</sup>												
Ano 2010																
Mucuna-preta	5,1	2238	103	437,2	20,2	97,4	7,4	485,1	563,0	370,8	77,8	436,9	81,6	21,6	13,1	4,0
Milheto	14,0	6065	132	430,4	9,4	50,0	4,0	461,3	721,5	377,2	260,2	278,4	42,9	46,1	12,2	4,5
Guandu-anão	4,1	1857	99	450,8	24,1	55,5	4,9	471,5	624,6	346,4	153,0	375,3	91,2	18,6	11,1	3,7
C. Juncea	8,4	3674	135	436,7	16,1	59,3	7,1	570,4	728,0	424,2	157,5	271,9	86,1	27,2	8,3	5,3
C. Spectabilis	8,4	3581	186	424,6	22,0	71,3	8,9	443,9	530,3	318,5	86,4	469,6	84,5	19,3	9,7	3,8
Feijão-de-porco	5,8	2442	211	418,6	36,1	121,8	20,0	334,5	434,4	238,3	99,9	565,5	59,6	11,5	6,0	1,6
Ano 2011																
Mucuna-preta	3,5	1577	61	447,8	17,3	62,0	6,7	510,5	640,4	340,1	129,9	359,5	96,0	25,9	9,1	5,5
Milheto	12,1	5446	73	449,7	6,1	41,5	2,8	477,4	771,3	372,0	294,0	228,6	67,2	74,1	14,7	11,0
Guandu-anão	4,9	2305	93	469,6	18,9	51,0	6,8	522,1	697,5	393,7	141,2	302,4	101,3	24,9	7,4	5,3
C. Juncea	6,8	3152	112	461,7	16,5	43,3	6,5	569,3	729,4	426,6	160,2	270,5	106,8	27,9	6,6	6,4
C. Spectabilis	4,0	1782	92	437,6	22,5	63,5	8,1	459,5	560,3	295,2	100,9	439,6	83,2	19,4	7,7	3,6
Feijão-de-porco	4,3	1952	117	446,2	26,9	85,0	13,1	398,4	543,0	226,0	144,7	456,9	68,0	16,5	6,4	2,5
Pousio	7,3	3167	91	431,1	12,4	119,7	10,3	352,7	661,4	297,1	308,7	338,5	22,1	34,7	11,5	1,7

MS – matéria seca à 65°C; C – carbono; N – nitrogênio; Csa – carbono solúvel em água (20° C); Nsa – nitrogênio solúvel em água (20°C); FDA – Fibra Detergente Ácida; FDN – Fibra Detergente Neutra; CEL – celulose; HEM – hemicelulose; FSVS – fração solúvel de Van Soest; LIG – lignina.