

Inibidores de nitrificação como prática mitigadora de gases de efeito estufa em áreas com aplicação de dejetos suíno⁽¹⁾.

Álvaro Luiz Mafrá⁽²⁾; Eliete de Fatima Ferreira da Rosa⁽³⁾; Cimélio Bayer⁽⁴⁾; Ildgardis Bertol⁽²⁾; Carla Machado da Rosa⁽⁵⁾; Amanda Zolet Rigo⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

⁽²⁾ Professor da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC; a2alm@cav.udesc.br; Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC); ⁽⁴⁾ Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); ⁽⁵⁾ Pós-doutoranda da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); ⁽⁶⁾ Estudante do curso de Agronomia da UDESC.

RESUMO: A redução do impacto ambiental provocado pelo uso agrícola de dejetos suínos, especialmente em relação à emissão de gases de efeito estufa (GEE), é fundamental para a sustentabilidade da suinocultura, em especial no estado de Santa Catarina. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da adição do inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD) nas emissões de N_2O nos sistemas de preparo convencional e plantio direto, com aplicação de dejetos líquidos suíno, em um Cambissolo Húmico, em Lages, SC. A pesquisa foi desenvolvida em experimento de longa duração (17 anos); com delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Adicionalmente aos tratamentos referenciados, uma área sob campo nativo foi avaliada como referência da condição original do solo. Amostras de ar emitido da superfície do solo foram coletadas em câmaras estáticas e as concentrações N_2O foram determinadas por cromatografia gasosa. O plantio direto com dejetos líquidos suíno e DCD apresentou menor emissão de N_2O em relação ao plantio convencional com dejetos líquidos suíno e DCD, principalmente nos primeiros trinta dias após a aplicação dos tratamentos. O carbono lábil presente no DLS foi o principal responsável pela emissão de N_2O em todos os tratamentos. Os resultados desse estudo indicam que a estratégia de aplicar os dejetos de suínos juntamente com o inibidor de nitrificação pode reduzir a emissão de N_2O para a atmosfera.

Termos de indexação: aquecimento global, suinocultura, sistemas de preparo do solo.

INTRODUÇÃO

Na região sul do Brasil a utilização de dejetos animais como fertilizante é uma prática comum, devido principalmente a grande produção gerada pela atividade suínica. Os dejetos líquidos de suínos (DLS) constituem uma importante fonte de nitrogênio (N) às culturas, sendo o seu uso agrícola aceito como uma prática de manejo rentável, pois reduz os custos com uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos. Porém os DLS possuem

elevados teores de N amoniacal. Além disso, também podem favorecer as emissões de N_2O para a atmosfera, que é um dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa, além de destruir a camada de ozônio.

Quando DLS são adicionados ao solo ocorre aumento na disponibilidade de N (NO_3^- e NH_4^+) e de C lábil, os quais servem de substrato para a atividade microbiana, o que em condições propícias de temperatura e umidade do solo, acentuam os processos microbiológicos como nitrificação e desnitrificação responsáveis pela produção de gases de efeito estufa GEE com destaque para o N_2O .

Por isso, algumas alternativas têm sido estudadas com a finalidade de retardar a nitrificação de dejetos melhorando a sua eficiência como fonte de N às culturas e reduzindo o impacto ambiental. Dentre estas, a utilização de inibidores de nitrificação no momento da aplicação dos dejetos no campo.

Os inibidores de nitrificação inibem a primeira etapa da nitrificação (transformação do NH_4^+ para NO_2^-). Com isso, o N amoniacal permanece mais tempo no solo diminuindo as emissões de N_2O .

Um dos inibidores de nitrificação mais utilizados atualmente é a dicianodiamida (DCD). Ele atua ao nível do citocromo oxidase das bactérias envolvidas na oxidação da hidroxilamina para NO_2^- durante a primeira etapa da nitrificação.

Contudo, a utilização de DCD como inibidor de nitrificação é recente e por isso necessita de mais estudos a fim de verificar sua eficiência e como prática mitigadora das emissões de GEE principalmente de N_2O .

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição do inibidor de nitrificação DCD nas emissões de N_2O nos sistemas de preparo convencional e plantio direto em um Cambissolo Húmico, que recebeu aplicação de dejetos suíno.

MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações das emissões de N_2O foram realizadas num experimento de longa duração implantado em 1995, instalado no Centro de



Ciências Agroveterinárias (CAV) em Lages, SC. O solo é um Cambissolo Húmico aluminico léptico derivado de siltitos e argilitos, com textura argilosa, contendo em média 443 g kg^{-1} de argila, 402 g kg^{-1} de silte e 155 g kg^{-1} de areia na camada de 0-30 cm. O experimento segue um delineamento inteiramente casualizado envolvendo dois sistemas de preparo (PC e PD) combinados com sistemas de cultivo. Para este trabalho, foram estudados os tratamentos sob sucessão de culturas.

Três dias antes da aplicação do DLS foram coletadas amostras em esterqueira anaeróbica, situadas no município de Concórdia, SC na Embrapa Suínos e Aves. O DLS foi oriundo de animais em terminação. As principais características do dejetos aplicado encontram-se na **Tabela 1**.

Em 19 de novembro de 2011 foi aplicado o dejetos suíno e no dia seguinte foi realizada a semeadura do milho para avaliação dos seguintes tratamentos: plantio direto (PD), preparo convencional (PC), plantio direto com dejetos suíno (PDD), preparo convencional com dejetos suíno (PCD), plantio direto com inibidor de nitrificação DCD (PDI), preparo convencional com inibidor DCD (PCI), campo nativo (CN). O inibidor DCD foi misturado ao DLS e aplicada nas parcelas avaliadas na dose equivalente a 10 kg ha^{-1} . A área de campo nativo foi avaliada como referência da condição original do solo.

As coletas dos gases foram realizadas quinzenalmente. Entretanto, no período do ano em que ocorrem os preparos de solo ou manejo da fitomassa das culturas, as coletas e análises foram intensificadas, sendo realizadas semanalmente no período de 45 dias após as operações de preparo e/ou manejo das culturas.

A amostragem de ar para a avaliação de N_2O foi realizada utilizando-se câmaras estáticas de PVC, com 0,20 m de altura e 0,25 m de diâmetro. As amostras de gases foram coletadas em tempos pré-determinados (0, 10 e 20 minutos) pós-fechamento da câmara, e a taxa de emissão dos diferentes gases obtida a partir variação das concentrações dos gases com o tempo de coleta (MOSIER, 1989).

Imediatamente antes das coletas, o ar no interior da câmara foi homogeneizado pelo acionamento de um ventilador interno de 12 V durante 30 segundos, e a temperatura interna foi monitorada com termômetro digital. As amostras de ar foram coletadas com seringas de polipropileno de 20 ml, através de válvulas de três vias acopladas na parte superior da campânula. As seringas tiveram a válvula fechada imediatamente após a coleta e enviadas ao laboratório para análise por cromatografia gasosa, em equipamento Shimadzu

GC-2014 Modelo "Greenhouse", até 24 horas após a coleta.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos médios diários de N_2O nos tratamentos foram influenciados pela aplicação de DLS. Os maiores picos de emissão se deram aos 26 dias após a aplicação de DLS em todos os tratamentos avaliados. A maior emissão ocorreu no PDD ($2643 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, Figura 1), seguido do PCI ($1716 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) e do PDI ($1690 \mu\text{g N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$). O efluxo de N_2O nos tratamentos sem aplicação de DLS manteve-se mais baixo do que nos tratamentos com aplicação de DLS, sendo que o PD diferiu significativamente do PC por emitir menor quantidade de N_2O para a atmosfera.

A aplicação de DCD, juntamente com o DLS, reduziu os fluxos de N_2O do PDI em relação ao PDD, contudo no PC houve efeito contrário, com maior emissão de N_2O com uso do inibidor em relação ao dejetos não tratado. Esse aumento das emissões do PCI em relação ao PCD pode estar relacionado ao efeito "priming", induzido pelo inibidor. A mineralização do N presente na DCD pode ser um dos fatores que colaborou para a menor eficiência do inibidor no PCI em relação ao PCD. Segundo Subbarao et al. (2006) essa decomposição é mais rápida em solos com teores relativamente elevados de matéria orgânica já que, nessa condição, os microrganismos heterotróficos utilizam o N presente na DCD (~ 65%).

Além disso, a temperatura pode ter influenciado na efetividade da DCD. Segundo Irigoyen et al., (2003) a efetividade da DCD reduz com o aumento da temperatura. No solo sob plantio direto a cobertura vegetal reduz as variações de temperatura, contrariamente ao sistema de preparo convencional onde ocorre maior incidência de radiação solar devido a falta de cobertura do solo. Além disso, o revolvimento do solo no sistema de preparo convencional pode ter favorecido a mineralização da matéria orgânica presente no solo, disponibilizando N e C e, assim, potencializando as emissões de N_2O , em relação ao plantio direto. Temperaturas elevadas aumentam o metabolismo microbiano, havendo rápida degradação de DCD pelos microrganismos do solo, os quais podem utilizar o inibidor como fonte de N. Estes resultados indicam que em condições de temperaturas elevadas, maior concentração de DCD pode ser

necessária para uma redução efetiva das emissões de N_2O em sistema de preparo convencional.

As evidências observadas indicam efeito significativo no aumento da emissão de N_2O em sistema de preparo convencional em comparação ao sistema de plantio direto, embora essa diferença não tenha sido tão pronunciada. Da mesma forma foi possível verificar o importante efeito do inibidor DCD, misturado os dejetos, na mitigação das emissões de N_2O , em sistema de plantio direto mesmo sendo observados valores de PPA superiores a 60%, o que é apontado como um dos principais fatores responsáveis por maiores emissões de N_2O . A DCD é solúvel em água e, por isso, uma das maiores limitações desse inibidor de nitrificação é a facilidade com que ele é lixiviado no solo, saindo da zona explorada pelo sistema radicular das culturas, o que reduz a sua efetividade (SUBBARAO et al., 2006). Esse processo de lixiviação pode ter sido intensificado no PCI devido ao revolvimento e desestabilização dos agregados do solo, que acarreta em maiores perdas de nutrientes por lixiviação e, por conseguinte da DCD.

A eficiência da DCD em reduzir as emissões de N_2O está relacionada à inibição da nitrificação, bloqueando o sítio ativo da enzima amônia monooxigenase presente nas bactérias *Nitrosomonas* sp., reduzindo a taxa de conversão de NH_4^+ para NO_2^- (ZACHERL e AMBERGER, 1990) de forma que o N seja preservado na forma amoniacal, tanto para um melhor aproveitamento pela cultura, quanto para retardamento da oxidação do NH_4^+ a NO_3^- , evitando que esse forma móvel de N, no período que a cultura não está absorvendo, seja perdida por desnitrificação ou lixiviação. Observa-se pela figura 2 que a aplicação de DLS aumentou a concentração de amônio no solo em todos os tratamentos nos primeiros 30 dias. Após os 30 dias ocorreram reduções nos teores de NH_4^+ de forma semelhante em todos os tratamentos avaliados, porém não se igualaram aos valores do CN.

Embora DCD não atue sobre a desnitrificação, seu efeito pode afetar indiretamente este processo, pois reduz a quantidade de NO_3^- , acumulando mais NH_4^+ . Contudo, essa redução nas concentrações de NO_3^- não foi verificada nos tratamentos avaliados (Figura 2). No entanto, nos primeiros 30 dias os teores de NO_3^- nos tratamentos onde os dejetos foram aplicados com DCD foram menores do que nos tratamentos sem adição do inibidor.

É importante salientar que a aplicação de DCD não impede a nitrificação do NH_4^+ presente no solo, principalmente em solos com teor de matéria orgânica mais elevado, que sob condições

favoráveis produzirá NO_3^- para o processo de desnitrificação.

O efeito da aplicação dos dejetos nas emissões de N_2O foi de curta duração, sendo os maiores fluxos observados durante os primeiros 40 dias após a aplicação na cultura do milho.

Pode-se inferir que as emissões de N_2O apresentaram três fases distintas, conforme se observa na Figura 1. Uma fase inicial até os 15 dias após a aplicação, na qual há diferenças pouco significativas entre os tratamentos. Nessa fase inicial o N amoniacal pode ter sido nitrificado, reduzindo as emissões.

A fase intermediária, dos 15 aos 26 dias, houve aumentos significativos nas emissões em todos os tratamentos, o que coincidiu com o período em que o N nítrico provavelmente não mais estivesse limitando o processo de desnitrificação o que foi favorecido por PPA maior que 60%, bem como o C adicionado com os dejetos que ainda se encontrava disponível para a atividade microbiana. Solos argilosos com boa drenagem e com quantidade adequada de matéria orgânica são passíveis de reter umidade sem que a capacidade de campo seja ultrapassada. Tal fato possibilita que ambos os processos de nitrificação e desnitrificação ocorram no horizonte superficial.

E por último verifica-se uma fase final, de estabilização dos fluxos, a partir de 30 dias até o término do período de avaliação, onde não se observa mais aumentos significativos das emissões. Isso ocorre devido a redução de C facilmente decomponível. Com o decorrer do processo de decomposição, a qualidade e a forma do C ficam restritas a compostos recalcitrantes, que condicionou emissão semelhante aos tratamentos sem adição do dejetos.

CONCLUSÕES

Os maiores fluxos de N_2O ocorreram nos primeiros 30 dias após o manejo das plantas de cobertura e da aplicação do dejetos líquido suíno;

A utilização de inibidor de nitrificação (DCD) é uma prática mitigadora das emissões de N_2O em áreas de plantio direto;

Em condições favoráveis à emissão de N_2O no solo, a produção desse gás está ligada a disponibilidade de carbono na forma solúvel.

REFERÊNCIAS

IRIGROYEN, I.; MURO, M. J.; AZPILIKUETA, P. A.; LAMSFUS, C. Ammonium oxidation kinetics in the presence of nitrification inhibitors DCD and DMPP



at various temperatures. Australian Journal of Soil Research. 41:1177-1183, 2003.

MOSIER, A.R. Chamber and isotope techniques. In. ANDREAE, M.O.; SCHIMEL, D.S. (Eds.). Exchange of traces gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere: report of the Dahlem Workshop. Berlin: Wiley, 1989. p.175-187.

SUBBARAO, G.V.; ITO, O.; SAHRAWAT, K. L.; BERRY, W.L.; NAKAHARA, K.; ISHIKAWA, T.; WATANABE, T.; SUENAGA, K.; RONDON, M.; RAO, I.M. Scope and strategies for regulation of nitrification in agricultural systems – Challenges and opportunities. Critical Reviews in Plant Sciences, 25:303-335, 2006.

ZACHERL, B.; AMBERGER, A. Effect of the nitrification inhibitors dicyandiamide, nitrapyrin and thiourea on *Nitrosomonas europaea*. Fertilizer Research. 22:37-44, 1990.

Tabela 1. Principais características do dejeito líquido de suínos (DLS) e quantidades de matéria seca (MS), carbono orgânico (C) e nitrogênio (N) adicionadas ao solo com o material orgânico.

Material orgânico ⁽¹⁾	MS	C orgânico	N total	N amoniacal	N orgânico	C/N	pH
DLS	24,0	7,95	2,44	1,51	0,92	3,2	7,9
DLS	1.173	389	119	73,8	45,0	-	-

g kg⁻¹
kg ha⁻¹

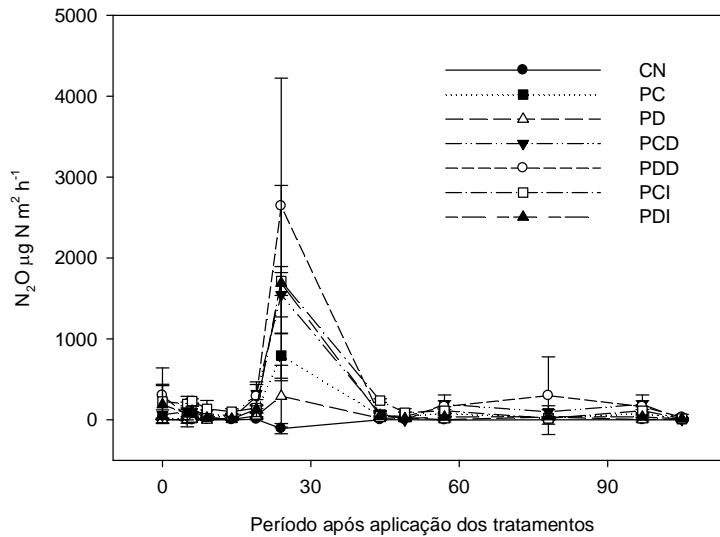


Figura 1. Fluxo de N₂O em (µg N₂O m⁻² h⁻¹) nos tratamentos durante todo o período de avaliação. PDD (plantio direto com aplicação de DLS); PCD (plantio convencional com aplicação de DLS); PD (sem aplicação de DLS); PC (plantio convencional sem aplicação de DLS); PCI: (plantio convencional com DLS + DCD); PDI (plantio convencional com DLS + DCD); CN campo nativo (área de referência).

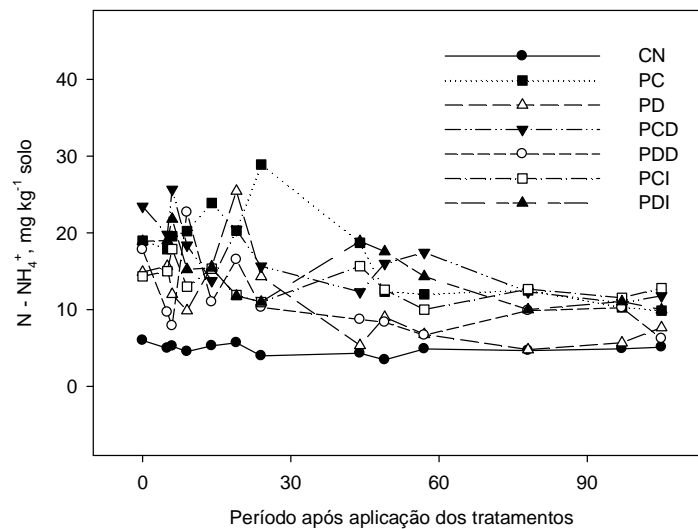


Figura 2. Teores de amônio (NH₄⁺ mg kg⁻¹ solo) nos tratamentos durante todo o período de avaliação. PDD (plantio direto com aplicação de DLS); PCD (plantio convencional com aplicação de DLS); PD (sem aplicação de DLS); PC (plantio convencional sem aplicação de DLS); PCI: (plantio convencional com DLS + DCD); PDI (plantio convencional com DLS + DCD); CN campo nativo (área de referência).