

Emissão de CO₂ do solo pela aplicação de fertilizantes orgânicos e minerais em ambiente controlado

Augusto Friederichs¹, Walter Santos Borges Júnior², Diego Fernando Roters³ e Álvaro Luiz Mafra⁴

Resumo – A atividade suinícola tem grande importância no Brasil e, por isso, busca-se a utilização adequada do dejetos líquido de suíno (DLS) em áreas agrícolas. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de DLS e ureia, tratados ou não com inibidor de nitrificação (DCD), e o modo de distribuição dos fertilizantes na presença e ausência de resíduos culturais sobre as emissões de CO₂ em ambiente controlado. O solo utilizado para a condução do trabalho foi um Cambissolo Húmico, para avaliar as emissões diárias e acumuladas de CO₂. As emissões diárias de CO₂ aumentaram com a utilização de DLS. Não houve efeito relacionado ao modo de aplicação dos fertilizantes. A utilização de palhada aumentou as emissões de CO₂. As emissões acumuladas de CO₂ foram maiores nos tratamentos com a utilização de palha combinada ao uso de DLS.

Termos para indexação: adubação; esterco; matéria orgânica.

CO₂ emission from soil under application of organic and mineral fertilizers under controlled conditions

Abstract – Swine production is fundamental in Brazil and it seeks suitable use for swine slurry (SS) in agricultural areas. The objective of this study was to evaluate the effects of SS and urea application, treated or not with nitrification inhibitor (DCD) and the way of fertilizer distribution, associated or not with crop residues, on CO₂ emissions in a controlled environment. The soil used in this study was a Humic Dystrudept soil and daily and accumulated CO₂ emissions were measured. Daily CO₂ emissions increased with SS use. There was no difference considering the way the fertilizers were applied. The use of straw increased CO₂ emissions. Accumulated CO₂ emissions were higher under use of straw associated with SS.

Index terms: fertilization; manure; organic matter.

Introdução

A atividade suinícola está em expansão, com previsão de crescimento de 31,7% na produção de carne suína até o ano de 2024 (MAPA, 2014). Entretanto, a produção de suínos gera expressivo volume de dejetos com alto potencial poluente, concentrando-se em poucas regiões, onde há excedentes do resíduo em relação às necessidades nutricionais das plantas e à capacidade de suporte dos solos. A forma usual da aplicação do dejetos líquido de suínos (DLS) é sua distribuição superficial em solos agrícolas, a qual apresenta menor custo operacional e se adequa ao sistema de plantio direto. Essa aplicação sobre os resíduos das culturas

favorece o acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo (VEIGA et al., 2012), mas pode potencializar perdas de nutrientes e efeitos negativos na qualidade da água e do ar.

A injeção de dejetos no solo permite maior contato com as partículas deste, promovendo retenção de amônio (NH₄⁺) (DELL et al., 2011). A injeção de DLS no solo facilita ou possibilita a disponibilização de carbono para sua metabolização, e conseqüentemente aumenta a atividade microbiana e estimula a respiração microbiana (WEBB et al., 2010). Giacomini et al. (2008) encontraram maiores emissões de CO₂ (3.750Kg ha⁻¹) quando o DLS foi injetado no solo e menores (2.750Kg ha⁻¹) quando aplicado em superfície.

A utilização de inibidores de

nitrificação como dicianodiamida (DCD) é outra estratégia que pode ser utilizada visando maior aproveitamento do nitrogênio proveniente do dejetos. Este inibidor retarda a reação do amônio para nitrito, conseqüentemente há maior estabilização do amônio, afetando sua disponibilidade para as plantas, com possíveis efeitos sobre a atividade biológica do solo (GONZATTO et al., 2016a).

A incorporação de materiais orgânicos ao solo pode afetar a atividade microbiana e a disponibilidade de nutrientes, em especial o nitrogênio. Além disso, materiais com alta concentração de carbono e pobres em nitrogênio, com alta relação C/N, têm lenta decomposição e podem induzir

Recebido em 30/7/2018. Aceito para publicação em 6/3/2019.

¹Engenheiro-agrônomo, M.sc., Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) / Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), Avenida Luís de Camões, 2090, 88520-000, Lages – SC e-mail: augustofriederichs@hotmail.com

²Graduando em Agronomia, bolsista de iniciação científica (CNPq), Udesc /CAV, e-mail: walter.junior@edu.Udesc.br

³ Engenheiro-agrônomo, doutorando em Ciência do Solo, Udesc/CAV, e-mail: diegoroters@gmail.com

⁴ Engenheiro-agrônomo, Prof. dr., Udesc/CAV, e-mail: alvaro.mafra@udesc.br

<http://dx.doi.org/10.22491/RAC.2019.v32n2.13>

deficiência de nitrogênio às plantas (GIACOMINI et al., 2013).

A eficácia do DLS em relação à alteração da matéria orgânica (MO) é variável. Alguns autores afirmam que a aplicação de DLS aumenta os teores de carbono orgânico do solo (STEINER, 2011), através do efeito direto da adubação orgânica ou do efeito indireto no desenvolvimento das culturas neste sistema, que por sua vez adiciona mais resíduos vegetais ao solo (LOSS et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de DLS e ureia, tratados ou não com inibidor de nitrificação (DCD), e o modo de distribuição dos fertilizantes na presença e ausência de resíduos culturais sobre as emissões de CO₂ em ambiente controlado.

Material e métodos

Os tratamentos consistiram de um fatorial 2x2x5, com quatro repetições. O primeiro fator foi a utilização e ausência de palha, o segundo fator foi a forma de aplicação dos fertilizantes, com injeção ou aplicação superficial. O terceiro fator foi o tipo de fertilizante utilizado: DLS, DLS+DCD, ureia, ureia+DCD e tratamento controle sem fertilizantes. O experimento foi conduzido em câmara de incubação do tipo BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio), com temperatura de 25°C e umidade de 50%, constantes durante todo o período de condução, sem fotoperíodo.

Como unidade experimental, foram utilizados cilindros de solo indeformado coletados de campo em um Cambissolo Húmico Alumínico (EMBRAPA, 2013), em local que não ocorreu aplicação de fertilizantes orgânicos e minerais. Nele apenas foi realizada a calagem do solo três anos antes da coleta do solo do experimento. O solo coletado apresentou as seguintes características químicas e físicas na camada de 0-20cm: pH (H₂O): 5,4; SMP: 5,9; Al: 5,1cmolc kg⁻¹; Ca: 5,6cmolc kg⁻¹; Mg: 1,9cmolc kg⁻¹; P: 3,1mg dm⁻³; K: 92mg dm⁻³; argila:

455g kg⁻¹; matéria orgânica: 46g kg⁻¹. O material foi coletado de 0-15cm com um cilindro de PVC com 7,5cm de diâmetro e em seguida coberto com papel-alumínio para manter a integridade do solo.

Os tratamentos que receberam aplicação superficial de fertilizantes tiveram a sua aplicação realizada sobre a superfície do solo nos anéis. Nos tratamentos em que houve injeção dos fertilizantes, houve corte vertical do solo na parte central do cilindro, com aplicação no interior do solo, com auxílio de um sulco formado com uma haste de alumínio, como forma de simular o efeito da máquina de injeção utilizada no campo.

O dejetto utilizado para a aplicação foi proveniente de uma granja de terminação de suínos. O teor de matéria seca do DLS era 12,4%, o teor de nitrogênio era 2,9kg m⁻³ e apresentava 40,6% de carbono (base seca). A dose de dejetto líquido de suíno foi baseada na recomendação da CQFS-RS/SC (2004), estabelecida como 160kg de N ha⁻¹, com eficiência de 80% do nitrogênio do DLS, o que totalizou 69m³ ha⁻¹. A dose de ureia foi equivalente ao total de N adicionado na forma de DLS. Os teores de superfosfato triplo e cloreto de potássio aplicados aos tratamentos com ureia, foram equivalentes aos respectivos teores de P e K adicionados pelo DLS. A dose de inibidor foi de 10kg ha⁻¹, sendo homogeneizado aos fertilizantes.

A palhada aplicada aos tratamentos consistiu de plantas inteiras de milho, que foram moídas e peneiradas em malha de 3mm. Utilizou-se a quantidade correspondente a 10Mg ha⁻¹ de massa seca de palha, que foi espalhada sobre a superfície das amostras nos anéis.

A umidade inicial do solo foi padronizada, todos os anéis receberam 25mL de água. Cada cilindro foi pesado e a massa de solo seco foi determinada para expressar as emissões de CO₂ com base na mesma massa de solo. Após a aplicação dos tratamentos, os cilindros foram acomodados dentro de potes

plásticos hermeticamente fechados com tampa de rosca. No interior dos potes havia um tubo falcon com solução de NaOH para realizar a captura do CO₂ emitido, conforme metodologia proposta por Stotzky (1965). Os recipientes eram completamente vedados. Para capturar o CO₂ do ambiente, oito potes foram utilizados como controle, contendo apenas o tubo falcon como solução de NaOH 0,5mol L⁻¹, e solução de HCl 0,5mol L⁻¹ padronizada e com a utilização de fenoltaleína (2 gotas).

Para o cálculo do CO₂ evoluído, foi utilizado a seguinte fórmula: CO₂ = (B-V)*M*6*(V1/V2), onde, B é o volume de HCl na prova em branco; V é o volume de HCl na amostra; M é a molaridade real do ácido; 6 é a massa atômica da reação do CO₂, V1 é o volume total de CO₂ gasto na amostra para capturar o CO₂; V2 é o volume gasto na titulação.

As coletas foram realizadas diariamente nos primeiros dez dias, após 24h da incubação. A partir do décimo dia as coletas foram realizadas a cada 48h. Ao total foram procedidas 25 coletas, momento em que as emissões se compararam com as testemunhas. Durante as coletas, os potes permaneciam abertos por 15min para permitir reoxigenação do solo. A solução de NaOH dos tubos falcon era aspirada e acomodada em copos contendo cloreto de bário (BaCl), que visa paralisar a reação de alcalinização do CO₂ atmosférico. Na sequência cada amostra era titulada para quantificar os teores de CO₂ emitidos no período de coleta.

Os resultados foram testados pela análise de variância, comparando-se os fatores principais e suas interações. Para comparação de médias utilizou-se o teste de Tukey a 5% de significância. Utilizou-se o programa SAS® para realizar as análises estatísticas.

Resultados e discussão

As emissões de CO₂ tiveram efeito de acordo com o tipo de fertilizantes ►

(Figura 1) e da adição de palha sobre o solo (Figura 2), mas não houve interação entre fatores. A forma de aplicação não influenciou a respiração microbiana. Da mesma forma, Giacomini et al. (2008) também não encontraram diferenças na decomposição de resíduos orgânicos adicionados na superfície ou incorporados ao solo, sendo uma possível explicação para isso que a quantidade de N presente na palha é suficiente para manter a demanda de N aos microrganismos.

Na primeira coleta, 24 horas após a incubação, as maiores emissões ocorreram no tratamento DLS+DCD, diferindo dos tratamentos com ureia. O DLS foi semelhante à ureia, no entanto, ambos fertilizantes diferiram da testemunha (Figura 1).

No quarto dia após a aplicação, houve as maiores emissões em todos os tratamentos, fato que pode ser associado à reposição de água ao solo, o que estimulou a multiplicação dos organismos (PAMPILLÓN-GONZÁLEZ et al., 2017). Nesta coleta, as maiores emissões ocorreram com a adição de DLS. Parte das emissões iniciais de CO₂ relacionadas com a adição de DLS ao solo ocorrem devido à atividade microbiana dos organismos presentes no próprio dejetos. Odlare et al. (2012) relatam que a ocorrência de picos de emissões iniciais pode ser relacionada aos constituintes de fácil decomposição presentes nos dejetos.

A adição de fertilizantes orgânicos é considerada fonte de energia para os microrganismos do solo (SÁ et al., 2014). Nesse caso, a adição de DLS aumentou as emissões de CO₂ em relação à ureia até o 19º dia após a incubação e também foi superior ao tratamento-controle até o 29º dia (Figura 1). Os dejetos de animais, por conterem nitrogênio prontamente disponível e serem fonte de carbono, estimulam o crescimento microbiano, ocasionando maior liberação de CO₂. A aplicação de N na forma de ureia não diferiu da testemunha na emissão de CO₂.

Pode se verificar que no decorrer do

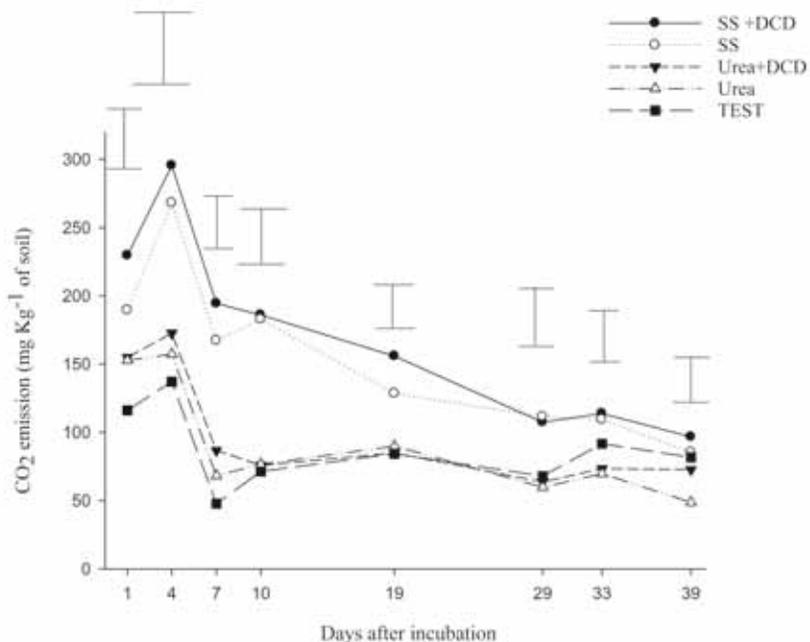


Figura 1. Efeito simples dos diferentes tipos de fertilizantes aplicados ao solo sobre as emissões de CO₂. Barras indicam a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey para p<0,05. TESTE: tratamento testemunha; DLS: dejetos líquidos de suíno; DLS+DCD: dejetos líquidos de suíno com adição de DCD; Ureia: ureia; Ureia+DCD: ureia com adição de DCD
 Figure 1. Simple effect of different types of fertilizers applied to the soil on CO₂ emissions. Bars indicate the least significant difference by the Tukey test for p < 0.05. TEST: control treatment; SS: swine slurry; SS + DCD: swine slurry with addition of DCD; Urea: urea; Urea + DCD: urea with DCD addition

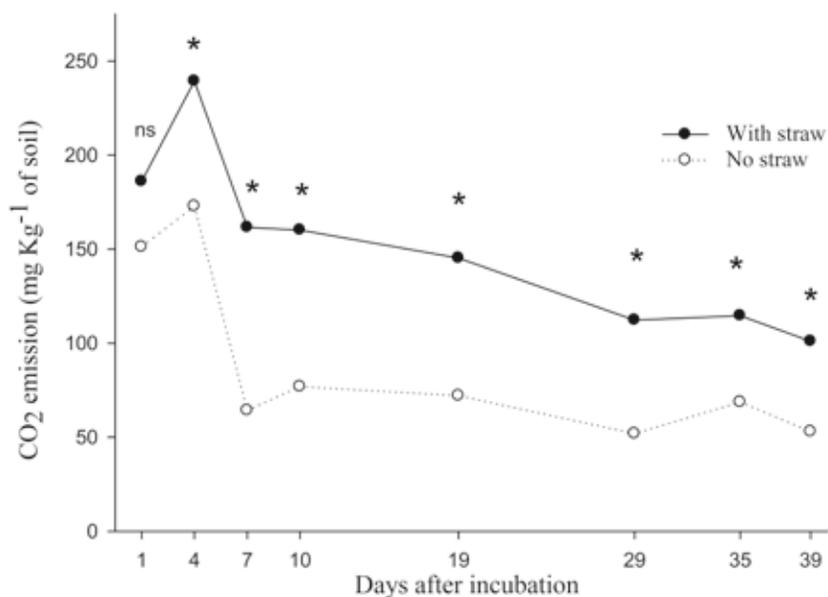


Figura 2. Efeito da adição de palha em superfície sobre as emissões de CO₂ do solo. *: Diferença significativa para p<0,05; ns: não significativo p>0,05, para o teste de Tukey; Com Palha: tratamentos com adição de palha; Sem Palha: tratamentos sem adição de palha
 Figure 2. Effect of surface straw addition on soil CO₂ emissions. *: Significant difference for p < 0.05; ns: not significant p > 0.05, for the Tukey test; With Straw: treatments with straw addition; No Straw: treatments without straw

período de incubação houve diminuição das emissões diárias de CO₂, igualando os tratamentos com a testemunha a partir do 29º dia (Figura 1). Fato também observado por Pampillón-González et al. (2017), que 28 dias após a aplicação dos tratamentos observaram estabilização das emissões de CO₂.

O aproveitamento de compostos orgânicos de fácil decomposição como substrato para o crescimento microbiano no solo é responsável por boa parte das emissões de CO₂ na fase inicial após a aplicação, considerando que estas emissões provêm do material orgânico aplicado, sendo maior nos primeiros 15 dias, com posterior redução, segundo Maris et al. (2016).

Isso pode ser explicado pela fração mais solúvel e disponível de carbono ser utilizada primeiro e, após alguns dias, restar a fração menos acessível aos microrganismos, que diminuem seu ritmo de atividade.

Aita et al. (2006) verificaram que a velocidade de liberação de CO₂ a partir da aplicação de dejetos suínos é alta nos primeiros dias de incubação e diminui no decorrer dos dias. Adicionalmente, mostraram que a utilização de DLS não alterou a velocidade de mineralização de palhada. Este fato corrobora os resultados encontrados neste trabalho, onde não houve interação entre a aplicação de DLS e o uso de palha para emissões diárias, apenas resultando no efeito simples de cada fator.

Vale destacar que a decomposição da palhada de milho, por apresentar uma relação C/N alta, é maior por causa da influência do N aplicado e do contato dos resíduos culturais com o solo, regulando, assim, a disponibilidade de N para os microrganismos que atuam na decomposição (GIACOMINI et al., 2008).

A utilização de palha aumentou a emissão de CO₂, se comparada à ausência de palha, exceto na primeira coleta (Figura 2). Houve um pico de emissão diária no 4º dia de coleta, o que pode ser resultado do estímulo provocado pela adição de água ao solo.

Maris et al. (2016) também observaram estímulo à população microbiana pela variação nos teores de água no solo. A adição de palha representa aporte de energia e nutrientes, o que estimula a população microbiana e aumenta sua atividade metabólica, ocasionando maior emissão de CO₂. Além disso, a presença da palhada sobre a superfície de solo exerce papel importante sobre o condicionamento do microclima no solo, com preservação da umidade no solo e manutenção da atividade biológica mais ativa. Solos que permanecem por um período maior com cobertura vegetal, especialmente em sistemas de plantio direto, podem apresentar maior atividade microbiana.

A emissão acumulada de CO₂ mostrou interação dos fatores tipo de fertilizantes e palha, mas não houve efeito relacionado ao modo de aplicação dos fertilizantes (Figura 3). Maris et al. (2016) verificaram que a injeção de fertilizantes orgânicos até 10cm não é suficiente para mitigar as emissões de

CO₂. Uma possível explicação é proposta por Giacomini et al. (2008), que atribuem a semelhança nas emissões de CO₂ à baixa relação C/N da palha. Assim, a quantidade de nitrogênio fornecida pela palha não seria suficiente para aumentar a atividade microbiana.

Contraditoriamente aos resultados citados anteriormente, Grave et al. (2015) encontraram maiores emissões de CO₂ quando resíduos orgânicos foram incorporados ao solo. No entanto, esses resultados foram apenas 9% superiores aos tratamentos com disposição dos resíduos orgânicos na superfície do solo. Gonzatto et al. (2016b) atribuem os efeitos da aplicação de DLS incorporado ao solo e às condições ambientais, temperaturas de solo e umidade, não podendo generalizar os resultados.

A emissão acumulada de CO₂ com uso de ureia aliada ou não ao uso de DCD foi semelhante à testemunha, independentemente do uso de palha (Figura 3). Os tratamentos com uso DLS foram os que mais emitiram CO₂ e não ►

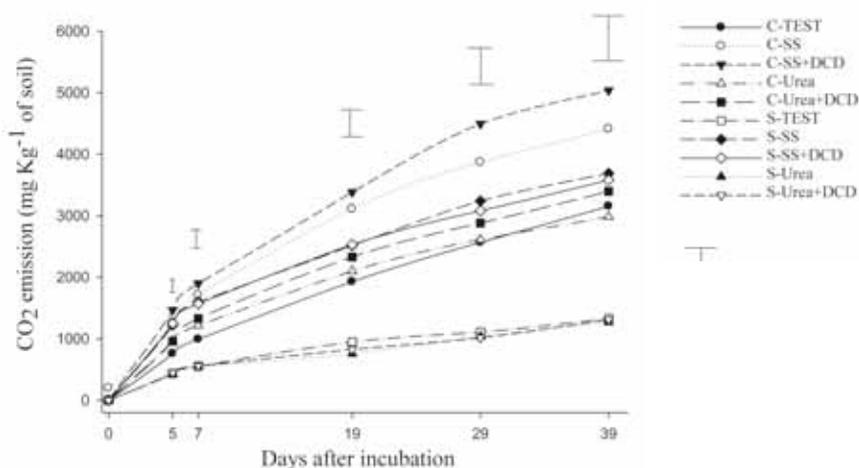


Figura 3. Efeito de interação entre a forma de aplicação e tipo de fertilizante nas emissões acumuladas de CO₂. Barras indicam diferença mínima significativa ($p < 0,05$) para o teste de Tukey; C-: no início do nome do tratamento: adição de palha; Letra S- no início do nome do tratamento: sem adição de palha; TEST: testemunha; DLS: dejetos líquidos de suíno; DLS+DCD: dejetos líquidos de suíno com adição de DCD; Ureia: ureia; Ureia+DCD: ureia com adição de DCD

Figure 3. Effect of interaction between the form of application and type of fertilizer on the accumulated CO₂ emissions. Bars indicate a significant minimum difference ($p < 0,05$) for the Tukey test; Letter C- at the beginning of the treatment name indicates addition of straw; Letter S- at the beginning of the treatment name indicates no straw added; TEST: Witness; SS: swine slurry; SS + DCD: swine slurry with addition of DCD; Urea: urea; Urea + DCD: urea with DCD addition

houve efeito do uso de DCD.

As maiores emissões acumuladas de CO₂ ocorreram no tratamento de DLS+DCD com palha, sendo semelhante ao DLS. Gonzatto et al. (2016a) justificam que a DCD inibe temporariamente a nitrificação, restando dessa maneira o nitrogênio amoniacal por mais tempo no solo. Essa maior permanência do N no solo possibilita maior oportunidade de utilização dele pelos microrganismos, os quais consequentemente emitem mais CO₂.

Já na segunda coleta os tratamentos com DLS emitiram 493mg kg⁻¹ de CO₂. As testemunhas por sua vez emitiram 203mg kg⁻¹. Este fator pode ser associado à baixa relação C/N e à maior quantidade de carbono lábil do DLS, o que permite melhor acesso para os microrganismos do solo (ANGNES et al., 2013). Este fator pode ser desejado quando se procura mineralização mais rápida dos nutrientes da palhada, para aproveitamento pelo cultivo subsequente.

Grave et al. (2015) verificaram maiores emissões de CO₂ nos tratamentos com adição de DLS. A adição de DLS ao solo nos tratamentos em que houve adição de palha, seja superficial ou incorporada, promoveu maiores emissões de CO₂ (Figura 3), fato também observado por Aita et al. (2012) ao avaliarem o impacto da dinâmica de C e N na aplicação de dejetos líquido suíno em condições controladas.

Ao final do experimento, os tratamentos com adição de ureia, com ou sem uso de DCD, emitiram maiores quantidades de CO₂ nos tratamentos com palha do que nos sem palha. Esse fato ocorre principalmente na decomposição de resíduos de cereais, que apresentam relação C/N alta. Assim, a necessidade de nitrogênio para os organismos decompositores é mais alta, e a adição de nitrogênio ao solo favorece essa atividade, emitindo consequentemente maiores quantidades de CO₂.

Analisando isoladamente o efeito

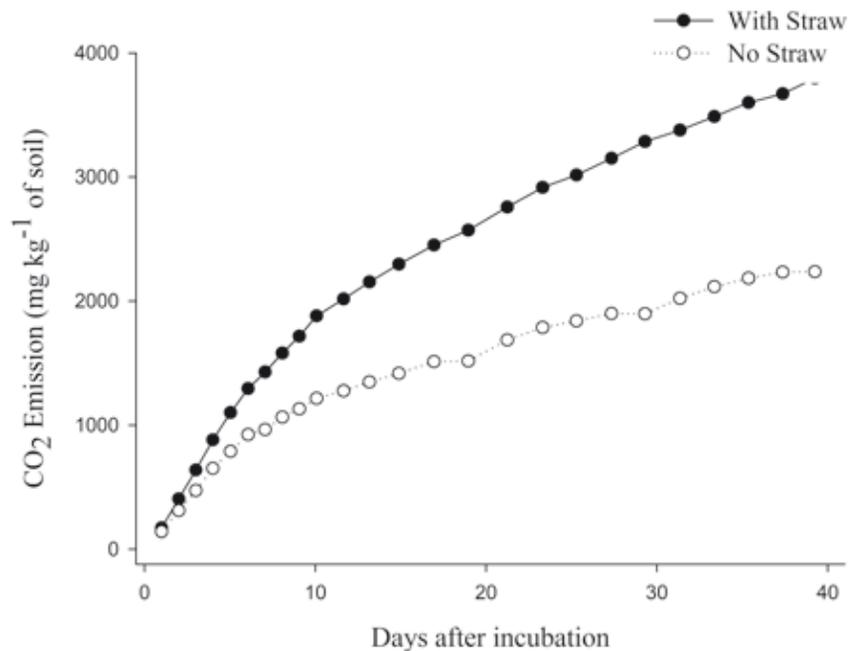


Figura 4. Efeito da adição de palha em superfície sobre as emissões acumuladas de CO₂ do solo. Diferença estatística para todas as coletas segundo teste de Tukey para p<0,05; Com Palha: tratamentos com adição de palha; Sem Palha: tratamentos sem adição de palha.

Figure 4. Effect of surface straw addition on accumulated CO₂ emissions from soil. Statistical difference for all samples according to Tukey test for p < 0.05; With Straw: treatments with straw addition; No Straw: treatments without straw

da adição da palha a partir do 7º dia de incubação houve maior emissão acumulada em relação aos tratamentos sem palha. Na média dos tratamentos com palha aumentou em 44% a emissão de CO₂ em comparação com os tratamentos sem palha (Figura 4).

Conclusões

A aplicação de DLS aumentou as emissões de CO₂ em relação à ureia, mas não houve diferença relacionada ao modo de aplicação dos fertilizantes.

A utilização de palhada aumentou as emissões de CO₂ em relação ao tratamento sem palha.

A adição de DCD no DLS aumentou as emissões de CO₂, no entanto, quando utilizado com a ureia não houve efeito.

Referências

AITA, C.; CHIAPINOTTO, I. C.; GIACOMINI, S. J.; HÜBNER, A. P.; MARQUES, M. G.

Decomposição de palha de aveia preta e dejetos de suínos em solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras, v.30, n.1, p.149-161, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000100015>. Acesso em: 3 nov. 2017.

AITA, C.; RECOUS, S.; CARGNIN, R. H. O.; LUZ, L. P.; GIACOMINI, S. J. Impact on C and N dynamics of simultaneous application of pig slurry and wheat straw, as affected by their initial locations in soil. **Biology and Fertility of Soils**, Florença, v.48, n.6, p.633-642, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00374-011-0658-x>. Acesso em: 5 nov. 2017.

ANGNES, G.; NICOLOSO, R. S.; SILVA, M. L. B.; OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M.; MEZZARI, M. P.; MILLER, P. R. M. Correlating denitrifying catabolic genes with N₂O and N₂ emissions from swine slurry composting. **Bioresource Technology**, Lucknow, v.140, p.368-375, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.04.112>. Acesso em: 3 nov. 2017.

- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS/Núcleo Regional Sul; Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC, 2004. 400p.
- DELL, C. J.; MEISINGER, J. J.; BEEGLE, D. B. Subsurface application of manures slurries for conservation till age and pasture soils and their impact on the nitrogen balance. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.40, n.2, p.352-361, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2010.0069>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; MIOLA, E. C. C.; RECOUS, S. Mineralização do carbono da palha de aveia e dejetos de suínos aplicados na superfície ou incorporados ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras, v.32, n.6, p.2661-2668, 2008.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; BARBOSA, S. P.; MIOLA, E. C. C. Transformações do nitrogênio no solo após adição de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.48, n.2, p.211-219, 2013. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200012>. Acesso em: 18 nov. 2017.
- GONZATTO, R.; STÜKER, F.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; LÜDTKE, R. C.; DESSBESELL, A.; PUJOL, S. B.; STUKER, F. Dicyandiamide as nitrification inhibitor of pig slurry ammonium nitrogen in soil. **Ciência Rural**, Santa Maria v.46, n.5, p.802-808, 2016a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20141664>. Acesso em: 20 nov. 2017.
- GONZATTO, R.; CHANTIGNY, M. H.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; ROCHETTE, P.; ANGERS, D. A.; LUDKE, R. Injection and nitrification inhibitor improve the recovery of pig slurry ammonium nitrogen in grain crops in Brazil. **Agronomy Journal**, [S.l.], v.108, n.3, p.978-988, 2016b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2015.0462>. Acesso em: 18 nov. 2017.
- GRAVE, R. A.; NICOLOSO, R. S.; CASSOL, P. C.; AITA, C.; CORRÊA, J. C.; DALLA COSTA, M.; FRITZ, D. D. Short-term carbon dioxide emissions under contrasting soil disturbance level sand organic amendments. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.146, p.184-192, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.10.010>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; TEIXEIRA M. B.; LIMA F. M.. Frações orgânicas do solo em áreas sob manejo agroecológico em Capivari, Duque de Caxias, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.3, p.245-251, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2013/2014 a 2023/2024 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica**. Brasília, DF, 2014. 100p.
- MARIS, S. C.; TEIRA-ESMATGES, M. R.; BOSCH-SERRA, A. D.; MORENO-GARCÍA, B.; CATALÀ, M. M. Effect of fertilizing with pig slurry and chicken manure on GHG emissions from Mediterranean paddies. **Science of the Total Environment**, Barcelona, v.569, p.306-320, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.040>. Acesso em: 18 nov. 2017
- ODLARE, M.; ABUBAKER, J.; LINDMARK, J.; PELL, M.; THORIN, E.; NEHRENHEIM, E. Emissions of N₂O and CH₄ from agricultural soils amended with two types of biogas residues. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v.44, p.112-116, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.05.006>. Acesso em: 20 nov. 2017
- PAMPILLÓN-GONZÁLEZ, L.; LUNA-GUIDO, M.; RUÍZ-VALDIVIEZO, V. M.; FRANCO-HERNÁNDEZ, O.; FERNÁNDEZ-LUQUEÑO, F.; PAREDES-LÓPEZ, O.; HERNÁNDEZ, G.; DENDOOVEN, L. Greenhouse gas emissions and growth of wheat cultivated in soil amended with digestate from biogas production. **Pedosphere**, Pequim, v.27, n.2, p.318-327, 2017. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60319-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60319-9). Acesso em: 13 nov. 2017.
- SÁ, M. F.; AITA, C.; DONEDA, A.; PUJOL, S. B.; CANTÚ, R. R.; JACQUES, I. V. C.; BASTIANI, G. G.; OLIVEIRA, P. D.; LOPES, P. D. Dinâmica da população de coliformes durante a compostagem automatizada de dejetos líquidos de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.66, n.4, p.1197-1206, 2014. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/1678-6135>. Acesso em: 20 nov. 2017.
- STOTZKY, G. Microbial respiration. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L. (Eds.). **Methods of soil analysis**. Part 2 – microbiological and biochemical properties. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.1550-1572.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.
- STEINER, F.; COSTA, M. S. S.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G. Atributos químicos do solo em diferentes sistemas de culturas e fontes de adubação. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.4, n.1, p.16-27, 2011.
- VEIGA, M.; PANDOLFO, C. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SPAGNOLLO, E. Chemical attributes of a Hapludox soil after nine years of pig slurry application. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.47, n.12, p.1766-1773, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012001200013>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- WEBB, J.; PAIN, B.; BITTMAN, S.; MORGAN, J. The impacts of manure application methods on emissions of ammonia, nitrous oxide and on crop response: a review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.137, n.1-2, p.39-46, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.01.001>. Acesso em: 12 nov. 2017. ■