



# XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## FLUXO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM ARGISSOLO SOB APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE E INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO

**Cássio Strassburger de Oliveira<sup>(1)</sup>; Juliano do Prado Rodrigues<sup>(1)</sup>; Mariana Ibarra<sup>(1)</sup>; Décio Oscar Cardoso Ferreto<sup>(1)</sup>; Cimélio Bayer<sup>(2)</sup>; Michely Tomazi<sup>(3)</sup>; Frederico Costa Beber Vieira<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Acadêmicos do curso de Engenharia Florestal da UNIPAMPA, bolsistas IC FAPERGS, CNPq e UNIPAMPA/PBDA, respectivamente; Campus São Gabriel; Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Av. Antônio Trilha, 1845, São Gabriel, RS, CEP: 97300-000; cassios.deoliveira@gmail.com; <sup>(2)</sup> Professor Adjunto, UFRGS - Bolsista CNPq, UFRGS, Porto Alegre, RS, CEP: 90640-000; <sup>(3)</sup> Embrapa Dourados; <sup>(4)</sup> Professor Adjunto, Campus São Gabriel, UNIPAMPA.

**Resumo** – Com a atual preocupação ambiental em oferecer um destino apropriado aos resíduos de abatedouro de bovinos, a sua utilização como fertilizante parece ser a mais promissora devido às suas características orgânicas e altos índices de nutrientes, característica potencializada com a adição de inibidor de nitrificação. Porém, o mesmo resíduo oferece risco de contaminação ambiental, tanto de águas como da emissão de gases que degradam a qualidade do ar. O presente trabalho possui o objetivo de avaliar a emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) oriunda da aplicação de resíduo de abatedouro de bovinos com a presença de inibidor de nitrificação. O trabalho apresenta o fluxo dos principais Gases do Efeito Estufa, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, em 21 dias em campo antropizado sob aplicação de biofertilizante, constituído de um terço de sangue tratado e dois terços de resíduo oriundo da lagoa de decantação, nas doses de 0 e 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Além da avaliação da adição do resíduo, houve a avaliação dos fluxos nas parcelas com adição de 0,11, 22 e 33 kg ha<sup>-1</sup> de inibidor de nitrificação. Imediatamente após a aplicação do biofertilizantes, houve incremento na liberação de N<sub>2</sub>O em 100 vezes, com o pico deste gás apresentando valor de 10706,77 µg m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>. As emissões de CH<sub>4</sub> foram maiores na parcelas que não tiveram adição de resíduo, mostrando um possível potencial de recuperação de área do resíduo utilizado. Houve redução de 16220,83 kg CE em 21 dias proporcionado pela dose de 33 kg ha<sup>-1</sup> de inibidor.

**Palavras-Chave:** resíduos de abatedouro de bovinos, dicianodiamida, emissão de N<sub>2</sub>O.

### INTRODUÇÃO

Com a crescente atividade industrial e uso agrícola dos solos, houve um aumento na emissão dos Gases do Efeito Estufa (GEE), com destaque para o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), principais causadores do aquecimento global que o planeta evidencia. Por isso, a busca por alternativas que visem mitigar o efeito estufa antrópico deve ser uma constante em todos os setores de produção (Gomes, 2006).

Os resíduos de abatedouro de bovinos possuem alto teor de nutrientes e material orgânico, apresentando

potencial para ser utilizado como fertilizante, liberando lentamente nutrientes às plantas e aportando carbono orgânico ao solo. Estas características fazem com que seu uso em áreas de recuperação seja potencializado. Entretanto, essas mesmas características possibilitam grande capacidade de contaminação ambiental, quer seja pela lixiviação e percolação de nutrientes pelo solo, potencializando o processo de contaminação/eutrofização de águas superficiais e sub-superficiais (Basso, 2003), quanto pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa pelo solo (Vieira et al., 2010). Estes autores evidenciaram que a adição, ao solo, de biofertilizante de abatedouro de bovinos contendo resíduos de sangue promoveu acréscimo na emissão dos três gases de efeito estufa, sendo que este aumento foi proporcional à dose aplicada. O maior incremento se deu na emissão de óxido nitroso, com perdas de aproximadamente 250 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> em um período de apenas 23 dias após a aplicação de 60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> do resíduo ao solo.

No solo, o N<sub>2</sub>O pode ser produzido durante a nitrificação do N amoniacal advindo dos resíduos e durante a desnitrificação do nitrato formado, e, portanto, variáveis de solo envolvidas nestes processos, tais como o teor de N mineral, a oxigenação e a atividade biológica, podem afetar a produção e emissão de N<sub>2</sub>O (Denega, 2009; Carvalho et al., 2006).

A fim de potencializar o uso dos resíduos de frigorífico como fertilizantes e reduzir os fluxos de N-N<sub>2</sub>O, Damasceno (2010) propõem a utilização de inibidor de nitrificação, retardando a oxidação do NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e diminuindo o potencial de perda do nitrato por lixiviação, aumentando o tempo de permanência do N na forma amoniacal no solo. Entretanto, as doses recomendadas para uso dos inibidores de nitrificação existentes no mercado são obtidas, basicamente, para uso com fertilizantes nitrogenados minerais, sendo pouco conhecido o efeito de doses de inibidor em misturas com adubações orgânicas em geral.

Neste contexto, o trabalho tem como objetivo principal avaliar os fluxos dos Gases do Efeito Estufa, (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) do solo em campo antropizado sob aplicação de resíduo de abatedouro de bovinos com diferentes doses de inibidor de nitrificação, bem como o efeito do inibidor em variáveis do solo envolvidas com o fluxo dos gases.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi estabelecido no município de São Gabriel, RS, em outubro de 2009, em campo antropizado, de propriedade do frigorífico Vanhove, em um Argissolo com  $175 \text{ g kg}^{-1}$  de argila na camada de 0-20 cm de profundidade. O delineamento experimental é o de blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro tratamentos: 0, 20, 40 e  $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de resíduo, reaplicados a cada 30 a 60 dias sobre a superfície do solo. O resíduo aplicado foi um biofertilizante líquido constituído de um terço de resíduo de sangue, tratado com vapor de caldeiras, e dois terços de solução oriunda de lagoa de tratamento de efluentes do mesmo frigorífico. Antes de cada aplicação, no campo é realizada análise de produção de massa seca da forragem, seguida de corte manual e retirada desta do local, a fim de simular um pastejo.

Para este estudo, foram avaliadas, durante novembro e dezembro de 2010, as parcelas onde há aplicação de 0 e  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de resíduo, podendo a primeira ser caracterizada como testemunha.

Nas parcelas onde é aplicado o resíduo, foi utilizado o Agrotain Plus<sup>®</sup>, um composto na forma de pó concentrado que contém como princípios ativos 81% de dicianodiamida (DCD) e 6,5% de NBPT (inibidor da urease). Como o teor de ureia do resíduo aplicado é negligível, considerou-se para o presente trabalho que os efeitos da aplicação do produto deveriam-se apenas ao inibidor de nitrificação. Imediatamente antes de aplicar o resíduo sobre o solo, o Agrotain foi adicionado ao resíduo nas doses de 0, 11, 22 e  $33 \text{ kg Agrotain ha}^{-1}$  e homogeneizado.

Para análise dos fluxos de GEE, utilizou-se o método da câmara fechada, onde os gases foram coletados em tempos pré-determinados de 0, 10 e 20 minutos após o fechamento das câmaras. Foram utilizadas três câmaras por parcela, as quais constituíram as repetições. A primeira coleta foi realizada três dias antes da aplicação do resíduo. As coletas subsequentes foram realizadas após 2, 4, 7, 11 e 18 dias da aplicação do resíduo. Em cada ocasião de coleta, amostras de solo (0 a 10 cm de profundidade) foram coletadas para análise de umidade gravimétrica e teor de N mineral. As temperaturas do ar dentro das câmaras e do solo, a cinco cm de profundidade, também foram monitoradas. A quantificação das concentrações de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  foi realizada por cromatografia gasosa. A concentração de nutrientes do resíduo foi determinada segundo Tedesco et al. (1995).

As taxas de fluxo estão demonstradas juntamente com as barras de desvio padrão ( $n=3$ ). As emissões acumuladas foram submetidas à análise de regressão. Variáveis de clima e solo foram correlacionadas com as taxas de fluxo através da correlação de Pearson.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O biofertilizante apresentou teor médio de nitrogênio de  $12,05 \text{ kg m}^{-3}$ , o que ocasionou em aplicação de  $482 \text{ kg N ha}^{-1}$  ao aplicar  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de resíduo. Esta alta concentração de N se deve à presença

de sangue, constituindo um terço do volume do biofertilizante.

Tanto a aplicações do resíduo de abatedouro quanto as doses de inibidor aplicadas tiveram efeito sobre as taxas de fluxo do GEE (Figura 1).

A aplicação superficial do biofertilizante acarretou em incremento na emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  (Figura 1a). Além da adição de grande quantidade de N ao solo, a presença desse material orgânico facilmente decomponível pela microfauna do solo aumenta a demanda por  $\text{O}_2$ , o que pode resultar em microsítios de anaerobiose no solo, favorecendo a desnitrificação (Giacomini, 2006).

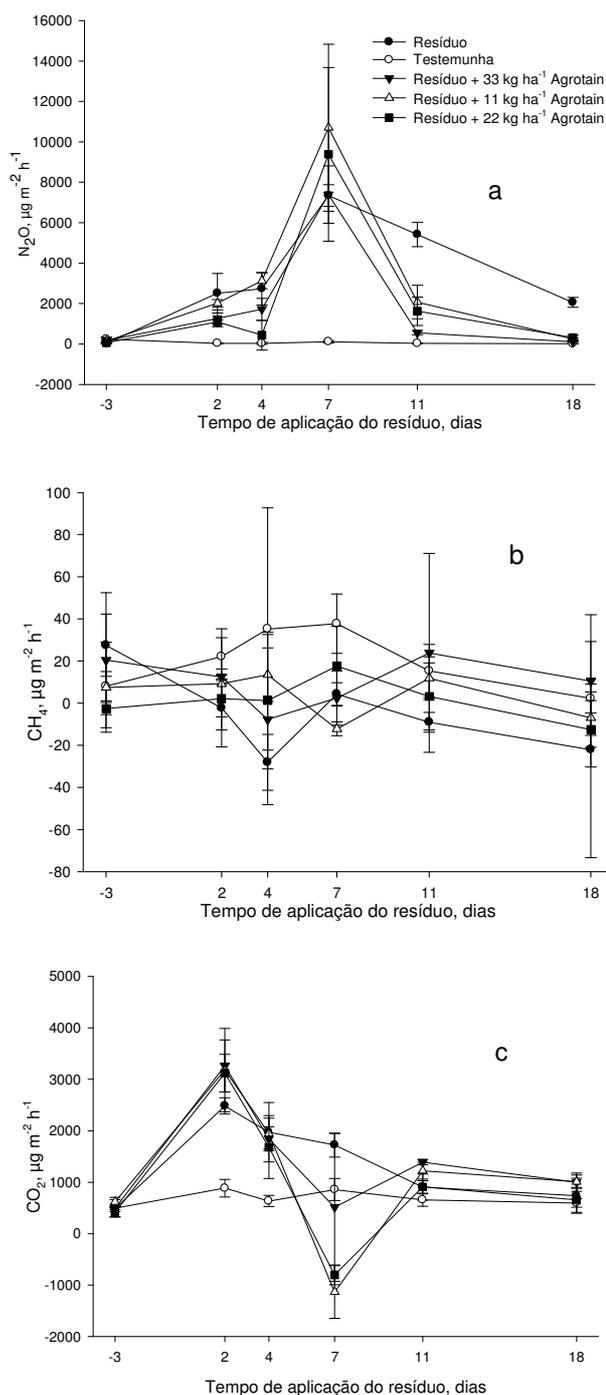
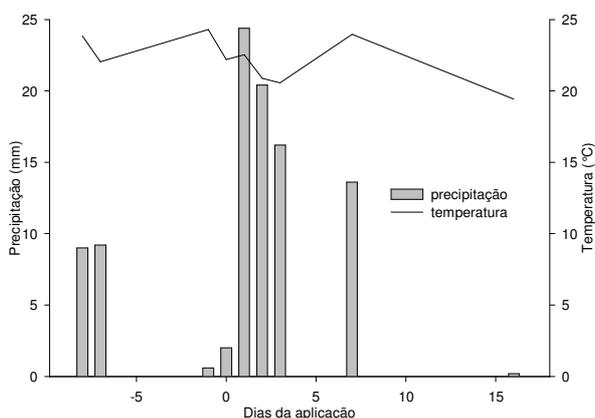


Figura 1. Taxas de fluxo de óxido nitroso, metano e gás carbônico (figuras a, b e c, respectivamente) em solo

sob aplicação de resíduos de abatedouro de bovinos. Barras verticais representam o desvio padrão das taxas.

O óxido nitroso apresentou emissão, logo após aplicação, de  $2510 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$  na parcela com  $0 \text{ kg Agrotain ha}^{-1}$ , o que representa um aumento de mais de 100 vezes em comparação ao período antes da adição de resíduo. Nesta primeira avaliação após a aplicação, já é evidente a ação do inibidor, devido a todas as parcelas com adição desse composto emitir menos  $\text{N}_2\text{O}$  do que a parcela com  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  do composto. Mesmo durante o pico de fluxo desse gás, que deve ter sido favorecido pela ocorrência de precipitação antes da coleta (Figura 2), as emissões foram proporcionais com a dose de inibidor, onde a adição desse composto nas quantidades de 11, 22 e  $33 \text{ kg ha}^{-1}$  apresentaram, respectivamente, emissões de 10706, 9386 e  $7397 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ . Após esse pico, as emissões das parcelas sem inibidor decresceram rapidamente, emitindo 61,73, 70,13 e 89,77% menos óxido nitroso que a parcela sem inibidor.



**Figura 2.** Precipitação e temperaturas nos dias de coleta.

Em trabalho utilizando o mesmo inibidor de nitrificação em dejetos líquidos de suínos, Damasceno (2010) constatou redução dos fluxos de  $\text{N-N}_2\text{O}$  para a atmosfera com utilização de apenas  $7 \text{ kg ha}^{-1}$  de inibidor. Entretanto, a quantidade de N aplicada pelo autor foi de  $153 \text{ kg N ha}^{-1}$ . No presente estudo, verificou-se que houve resposta ao inibidor inclusive na dose mais elevada ( $33 \text{ kg Agrotain ha}^{-1}$ ) para o resíduo de abatedouro de bovinos. Deve ser ressaltado que a quantidade total de N aplicado foi de  $482 \text{ kg ha}^{-1}$ , o que dá uma relação N/inibidor de 14,60.

O solo sem aplicação de resíduos apresentou maior emissão de  $\text{CH}_4$  durante as três coletas subsequentes à aplicação do resíduo, as quais coincidiram com o período de precipitação. Ao 7º dia depois da aplicação, a emissão média foi a mais alta da avaliação, atingindo  $37,73 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$  (Figura 1b) e sugerindo um favorecimento das bactérias metanogênicas pela maior presença de sítios anaeróbicos no solo. As taxas de fluxo de metano não foram afetadas pela adição de resíduo e nem pela dose de inibidor. Apesar de que o maior teor de N mineral no solo possa diminuir a

oxidação de  $\text{CH}_4$  (Chan e Parkin, 2001; Tabela 1), tal fato não é evidenciado pelos resultados. Provavelmente, isto aconteceu porque a adição do resíduo ao solo tem promovido melhoria nas condições químicas, físicas e biológicas do solo e, portanto, podem estar favorecendo o restabelecimento de comunidades de bactérias metanotróficas no solo local (Gomes, 2006).

Quanto aos valores de  $\text{CO}_2$ , há maior emissão após aplicação de resíduo ao solo (Figura 1c), o que se deve ao aumento na atividade biológica pelo aporte de material orgânico de fácil decomposição (Giacomini, 2005). As taxas de fluxo de  $\text{CO}_2$  dependem, também, da existência de condições aeróbicas no solo, além das condições de temperatura e umidade (Falbérni, 2005), o que poderia justificar a menor produção de  $\text{CO}_2$  no período de chuvas (Tabela 1).

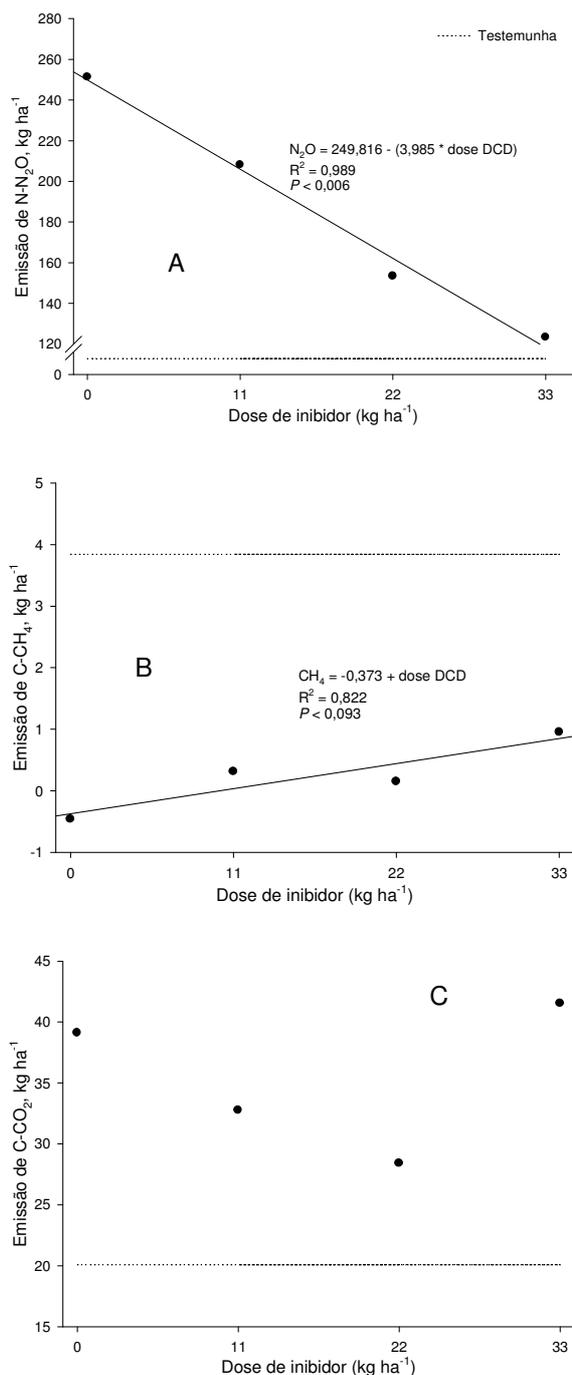
**Tabela 1.** Coeficientes de correlação e nível de significância das correlações entre as taxas de fluxo dos gases de efeito estufa e variáveis de clima e solo (n=88).

		Teor de $\text{NH}_4^+$	Teor de $\text{NO}_3^-$	PPA <sup>a</sup>	Tcam <sup>b</sup>	Tsolo <sup>c</sup>
$\text{N}_2\text{O}$	$R^2$	0,0885	0,00781	-0,132	-0,242	0,389
	$P <$	ns	ns	ns	*	*
$\text{CH}_4$	$R^2$	-0,0759	-0,31	0,161	0,109	0,161
	$P <$	ns	*	ns	ns	ns
$\text{CO}_2$	$R^2$	-0,0952	0,0471	-0,321	-0,328	0,113
	$P <$	ns	ns	*	*	ns

<sup>a</sup> Porosidade preenchida por água; <sup>b</sup> Temperatura do ar da câmara de coleta; <sup>c</sup> Temperatura do solo a 5 cm de profundidade; \*:  $p < 0,05$ ; ns = não significativo.

A redução nas emissões de  $\text{N-N}_2\text{O}$  pela adição de dicianodiamida ao resíduo é mais claramente evidenciada quando se observam as quantidades acumuladas de  $\text{N}_2\text{O}$  emitido no período (Figura 3a). As doses proporcionaram decréscimo no fluxo de óxido nitroso de 17,2, 38,9 e 50,9% para as doses de inibidor de 11, 22 e  $33 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente, em comparação com a dose de  $0 \text{ kg ha}^{-1}$ .

A adição de  $33 \text{ kg ha}^{-1}$  de inibidor proporcionou uma redução de  $127,86 \text{ kg N-N}_2\text{O}$ , que em termos de carbono equivalente (CE), significa dizer que a maior dose de inibidor proporcionou mitigação de cerca de 16 toneladas de CE em 21 dias. Em outras palavras, cada kg de Agrotain adicionado ao resíduo contribuiu para diminuir em cerca de 500 kg de CE emitidos, o que, do ponto de vista ambiental, é um valor muito relevante. Afinal, se considerarmos que o potencial de taxa de acúmulo de carbono orgânico no solo é, em média, de  $0,48 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em regiões subtropicais com a adoção de práticas conservacionistas (Bayer et al., 2006), seria necessário mais de 8 anos de acúmulo de C no solo para promover o mesmo efeito mitigador da adição do Agrotain sobre o aquecimento global.



**Figura 3.** Emissão acumulada de óxido nitroso, metano e gás carbônico (figuras A, B e C, respectivamente) de solo sob aplicação de resíduos de abatedouro de bovinos em 18 dias.

## CONCLUSÕES

1. A aplicação de resíduo oriundo de abatedouro de bovinos promove acréscimo nas emissões dos três principais gases de efeito estufa (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>).

2. O inibidor de nitrificação diminui significativamente as emissões de óxido nitroso em solo sob aplicação de resíduos de abatedouro bovino, ao mesmo

tempo em que não apresenta efeito significativo sobre as emissões de metano e gás carbônico do solo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimento à FAPERGS, CNPq e UNIPAMPA pela concessão de bolsa de iniciação científica aos três primeiros autores, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

- BASSO, C. J. Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003. 125p.
- BAYER, C. et al., Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soil under no-till. *Soil & Tillage Research*, 86:237-245, 2006.
- CARVALHO, A.M. de, et al. Emissão de óxidos de nitrogênio associada à aplicação de uréia sob plantio convencional e direto. *Pesq. agropec. bras.*, 41:679-685, 2006.
- CHAN, A.S.K., PARKIN, T.B. Methane Oxidation and Production Activity in Soils from Natural and Agricultural Ecosystems. *J. Environ. Qual.* 30:1896-1903, 2001.
- DAMASCENO, F. Injeção de dejetos líquidos de suínos no solo e inibidor de nitrificação como estratégias para reduzir as emissões de amônia e óxido nitroso. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010. 121p.
- DENEGA, G.L. Emissão de óxido nitroso e dióxido de carbono após aplicação de dejetos de suínos e bovinos em um argissolo. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. 91p.
- FALBERNI, S.C. Estoques de carbono orgânico e efluxos de dióxido de carbono e metano de solos em preparo convencional e plantio direto no subtropical brasileiro. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. 143p.
- GIACOMINI, S.J. Avaliação e modelização da dinâmica de carbono e nitrogênio em solo com o uso de dejetos de suínos. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. 247p.
- GIACOMINI, S.J., et al. Emissão de óxido nitroso com a aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo sob plantio direto. *Pesq. agropec. bras.*, 41:1653-1661, 2006.
- VIEIRA, F.C.B.; BAYER, C.; TOMAZI, M.; OLIVEIRA, C.S.; RODRIGUES, J.P.; IBARR, M.A. Fluxo de gases de efeito estufa em Argissolo sob aplicação de resíduos de abatedouro de bovinos. In: FERTBIO 2010, 2010. Anais. Guarapari, ES. SBSCS, 2010. CD-ROM.