

Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização de amônia¹

Nitrogen lost by ammonia volatilization from pig slurry

Claudir José Basso² Carlos Alberto Ceretta³ Paulo Sérgio Pavinato⁴
Márcio José da Silveira⁵

RESUMO

A volatilização de amônia é uma das principais formas de perdas de nitrogênio, especialmente com a aplicação de dejetos, devido a sua distribuição a lanço, em superfície. Este trabalho teve por objetivo determinar as perdas de N por volatilização de amônia em função de doses e horários de aplicação de dejetos líquidos de suínos. O trabalho foi conduzido a campo em fevereiro, maio, outubro e dezembro de 2001, sendo que, em fevereiro e dezembro, aplicou-se o dejetos em dois horários (10 e 18h). As doses testadas foram 0, 20, 40 e 80m³ ha⁻¹ e as determinações das perdas de amônia foram feitas às 3, 6, 12, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72, 96, 120, e 144 horas após a aplicação do dejetos, totalizando um período de avaliação de seis dias. O uso de menores doses de dejetos líquidos de suínos minimizou as perdas de N por volatilização de amônia. Os picos de perda ocorreram nas primeiras horas após a aplicação indicando que, quando possível, a sua incorporação seria uma alternativa à diminuição nas perdas de N por volatilização de amônia. O horário de aplicação do dejetos não afetou de maneira consistente as perdas de N por volatilização de amônia.

Palavras - chave: esterco, resíduos orgânicos, dejetos de animais, adubação orgânica.

ABSTRACT

Ammonia volatilization is one of the main mechanisms of soil nitrogen loss, especially associated with application of pig slurry on soil surface. The objectives of this study were to determine the ammonia volatilization after soil application of pig slurry in soil surface, at different times of the year and hour of application. The pig slurry was spread over the soil surface in February, May, October and December. In February and December the ammonia volatilization was also evaluated for application at 10:00 AM and 6:00 PM. The rates tested were 0, 20, 40 and 80m³ ha⁻¹ and the determination of ammonia loss were made at 3, 6, 12, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72, 96, 120, and 144 hours after the slurry application, adding up to six days of loss

evaluation. Minimum ammonia volatilization was achieved with small amount of pig slurry application. The largest losses peaks were observed in the few hours following application indicating that, whenever possible, its soil incorporation would be an option to decrease N loss. The application time was not a consistent solution to the ammonia volatilization problem.

Key words: manure, crop residue, organic fertilizer, animal waste.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes encontrados em maior proporção no dejetos líquidos de suínos. Na maioria dos casos, cerca de 50% desse N encontra-se na forma mineral, podendo ocorrer perdas de N por volatilização na forma de amônia (NH₃), que além de poluir o ar também diminui o potencial fertilizante do dejetos. As perdas de N por volatilização podem ocorrer quando os dejetos de suínos são armazenados por longos períodos (SCHERER et al., 1995), e principalmente, após aplicação no campo. Por ser um gás em condições normais de temperatura e pressão atmosférica, a amônia presente no solo, na água, fertilizantes e esterco, pode rapidamente volatilizar para a atmosfera e reagir rapidamente com prótons, metais e compostos ácidos para formar íons ou compostos que variam em estabilidade.

Os percentuais de perda de N por volatilização de amônia dependem das características do dejetos e do ambiente e podem, segundo GORDON et al. (1988) e THOMPSON et al. (1990), ser pequenos

¹Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Biodinâmica do Solo, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Trabalho parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo a Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e Programa de Núcleos de Excelência (PRONEX).

²Engenheiro Agrônomo, Doutor, SLC Agrícola Ltda, 97620-010, Porto Alegre, RS. E-mail: cjbasso@bol.com.br

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Titular, Departamento de Solos, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS. Bolsista do CNPq. E-mail: ceretta@ccr.ufsm.br. Autor para correspondência.

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutorando na Universidade Estadual de São Paulo, Faculdades de Ciências Agrônomicas, Departamento de Produção Vegetal, 18603-970, Botucatu, SP. E-mail: pspavinato@mail.ufsm.br

⁵Engenheiro Agrônomo, Mestre, Weisul Agrícola Ltda, 98920-000, Horizontina, RS. E-mail: mjsilveira@bol.com.br

ou até superiores a 90% do N mineral aplicado. Dejetos com maiores teores de matéria seca favorecem as perdas de N por volatilização. Contudo, aplicar dejetos sobre uma superfície com presença de plantas que diminuem a velocidade do vento pode diminuir as perdas de amônia (Sommer et al., 1997).

O horário de aplicação também pode afetar a quantidade de N volatilizado. Exemplo disso é o trabalho de MOAL et al. (1995), os quais observaram que cerca de 75 % das perdas de NH_3 ocorreram até 15h após a aplicação do dejetos e diminuíram a partir da aplicação ao meio dia, no entardecer e próximo à meia noite. Esses autores atribuíram as diferenças observadas na volatilização de amônia às variações na temperatura do ar e do solo e o teor de matéria seca e de N amoniacal (mineral) do dejetos.

A incorporação imediata do dejetos diminui as perdas de N por volatilização de amônia (BLESS et al., 1991). Entretanto, a incorporação do dejetos não é realizada na maioria das propriedades onde o plantio direto é adotado.

O objetivo do trabalho foi determinar as perdas de N por volatilização de amônia com doses, épocas do ano e horários de aplicação de dejetos líquido de suínos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Universidade Federal de Santa Maria, em Argissolo Vermelho Distrófico arênico, com as seguintes características na camada de 0-10cm: argila 240gkg^{-1} ; pH (em água) 4,70; matéria orgânica 16gkg^{-1} ; 15,0 e 96mgdm^{-3} de P e K, respectivamente; 0,8, 2,7 e $1,1\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de Al, Ca e Mg, respectivamente.

Foram aplicadas as doses 0, 20, 40 e $80\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ de dejetos líquido de suínos, em fevereiro, maio, outubro e dezembro de 2001, em superfície, em área sob plantio direto e onde havia uma quantidade de palha de aveia de 3,4, 2,8, 3,7 e $3,0\text{Mg ha}^{-1}$, respectivamente. O dejetos foi coletado em uma unidade de produção de leitão do Condomínio de Suinocultores em Paraíso do Sul, RS. O dejetos apresentava pelo menos 30 dias em tanque de fermentação/armazenamento. Em todas as épocas, a aplicação foi feita às 10h. Em fevereiro e dezembro, que são os períodos mais quentes do ano, o dejetos também foi aplicado às 18h. Os tratamentos foram arranjados em blocos ao acaso, com quatro repetições. As características dos dejetos são apresentadas na tabela 1.

As quantidades de amônia volatilizadas foram determinadas às 3, 6, 12, 24, 30, 36, 42, 48,

Tabela 1 - Características do dejetos de suíno utilizado em cada época de aplicação.

Características do dejetos ⁽¹⁾	Épocas de aplicação e avaliação			
	fevereiro	maio	outubro	dezembro
pH	7,10	7,30	6,60	7,40
Matéria seca - %	6,50	1,86	9,94	8,85
N-total - %	0,65	0,11	0,75	0,46
NH_4^+ - %	0,39	0,05	0,30	0,33
$\text{NH}_4^+/\text{N-total}$ - %	60	47	40	72

⁽¹⁾ Dados obtidos em base úmida. As quantidades de N mineral aplicadas com a dose de $20\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ correspondem a 78, 10, 60 e 66kg ha^{-1} , com as aplicações feitas em fevereiro, maio, outubro e dezembro, respectivamente.

60, 72, 96, 120 e 144h após a aplicação do dejetos, totalizando um período de seis dias. O pH e os teores de N total e N mineral (NH_4^+) foram determinados no dejetos "in natura" (fração líquida + pastosa). Fez-se a separação das frações líquida e pastosa, pela centrifugação de aproximadamente 50g de dejetos durante 20 minutos a 2500rpm (1027g), segundo SCHERER et al., (1996). O N mineral do dejetos foi determinado utilizando-se destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995). Na determinação do N total do dejetos "in natura", utilizou-se o método descrito por TEDESCO et al. (1995), mas sem a utilização de H_2O_2 .

A instalação dos coletores de amônia no campo iniciou um mês antes da instalação do experimento, quando anéis de PVC com 190mm de diâmetro e 70mm de altura foram fixados ao solo a uma profundidade de 40mm. Nas áreas dos anéis o dejetos foi aplicado manualmente e, imediatamente após foram acoplados os coletores de NH_3 do tipo semi-aberto estático, modificado de NÖMMIK (1973), os quais foram construídos com tubos de PVC (branco) de 200mm de diâmetro e 360mm de altura. Nos coletores eram colocados dois discos de espuma (20mm de espessura e densidade 28) apoiados sobre estrutura metálica. No disco inferior era retida a NH_3 proveniente do solo e no superior a NH_3 da atmosfera, evitando que esta última interferisse nos resultados. Previamente os discos de espuma eram preparados em laboratório e acondicionados em sacos plásticos (5kg) com 100mL de uma solução contendo 50mL de H_3PO_4 e 40mL de glicerol por litro, sendo comprimidos dentro dos sacos plásticos até reterem aproximadamente 70mL da solução. Após cada retirada, os discos eram acondicionados em sacos plásticos, fechados e levados ao laboratório, para lavagem com solução de KCl 1mol L^{-1} . Essa solução

foi coletada em balões de 500mL, de onde era retirada uma alíquota de 20mL para determinação do teor de NH_3 em destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995). Foram instalados três geotermômetros a 20mm de profundidade em cada tratamento para determinação da temperatura do solo no interior dos coletores no momento de cada coleta. Maiores detalhes da metodologia utilizada podem ser obtidos em BASSO (2003).

A comparação das médias de volatilização de amônia nos horários de aplicação foi feita pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro e o efeito das doses de dejetos em cada época de aplicação foi avaliado por meio de análise de regressão linear simples.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As perdas acumuladas de N por volatilização de NH_3 durante seis dias após aplicação do dejetos variaram de 19 a 39% nos meses de fevereiro, outubro e dezembro. Em maio, essas perdas foram menores, provavelmente devido ao baixo teor de N no dejetos utilizado, como consequência de seu baixo teor de matéria seca (Tabela 2). As menores temperaturas em maio (Tabela 3) também contribuíram para diminuir as perdas de N por volatilização.

O alto percentual médio de perdas de N por volatilização de NH_3 em dezembro (33%), foi favorecido pelas altas temperaturas máximas e mínimas e pelo teor de matéria seca de 8,85% do dejetos, que pode ser considerado alto, porque SCHERER et al. (1995) mostraram que quase 50% das 98 amostras de dejetos líquidos de suínos coletadas no Oeste Catarinense apresentavam teores de matéria seca inferiores a 2%. Além disso, no dejetos aplicado em dezembro havia o maior

percentual de N mineral em relação ao N total (Tabela 1), o que significa que até 72% do N do dejetos poderia potencialmente volatilizar. Assim, as maiores temperaturas nos períodos mais quentes do ano podem, também, potencializar as perdas de N por volatilização, porque favorecem a decomposição do dejetos nas unidades de fermentação/armazenamento, proporcionando maiores quantidades de N mineral (NH_4^+) em relação ao N total. Isso pode ser observado na tabela 1, a qual demonstra que, nos meses mais quentes do ano, os percentuais de N mineral (NH_4), em relação ao N total, foram de 60 e 72% para fevereiro e dezembro, respectivamente, e de 47 e 40% para maio e outubro, respectivamente, que são meses com menores temperaturas (Tabela 3).

Na avaliação feita em outubro, as perdas de N por volatilização foram inferiores às de fevereiro e dezembro, mesmo o dejetos possuindo maior teor de matéria seca. Isso pode estar associado às menores temperaturas do ar, menor concentração de N mineral (40%) em relação ao N total do dejetos e ao menor pH do dejetos (6,60). O pH do dejetos é responsável pelo equilíbrio $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ e quando NH_3 é perdida por volatilização, irá ocorrer uma dissociação do íon NH_4^+ ($\text{NH}_3 + \text{H}^+$) diminuindo o pH e consequentemente a volatilização. Isso foi demonstrado por MACKENZIE & TOMAR (1987), os quais observaram rápido decréscimo nas perdas de NH_3 quando o pH do dejetos foi inferior a 6,0. Contudo, após sua aplicação a campo será o pH do solo o fator mais importante nesta relação, porque o NH_4 predomina em solos de menor pH, enquanto que é maior a quantidade de NH_3 em meio com pH mais elevado.

As perdas de amônia foram incrementadas à medida que houve um aumento na quantidade de dejetos aplicado (Figura 1), embora isso tenha ficado

Tabela 2 - Perdas acumuladas de amônia em 144 horas (seis dias) após aplicação do dejetos em cada época do ano ⁽¹⁾

Doses de dejetos $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$	Épocas de aplicação do dejetos								
	fevereiro		maio		outubro		dezembro		Média
	NH_3 (kg ha^{-1})								
0	1,1		1,6		2,0		2,5		1,8
20	14,9	(19) ⁽²⁾	2,2	(23)	15,2	(25)	15,0	(23)	11,8 (23)
40	36,0	(23)	3,4	(16)	25,1	(21)	48,8	(37)	28,3 (24)
80	81,0	(26)	6,4	(15)	53,3	(22)	102,9	(39)	60,9 (26)
Média	33,0	(23)	3,4	(18)	23,9	(23)	42,3	(33)	

⁽¹⁾ Aplicação do dejetos feita pela parte da manhã (10h).

⁽²⁾ Representam a porcentagem das perdas de NH_3 em relação à quantidade de N mineral (NH_4^+) aplicado.

Tabela 3 - Temperaturas máximas e mínimas diárias do ar durante as determinações de perdas de NH₃, nas épocas de aplicação de dejetos⁽¹⁾.

Período de avaliação	Épocas de aplicação de dejetos							
	fevereiro		maio		outubro		dezembro	
dia	Temperatura °C							
	máxima	mínima	máxima	mínima	máxima	mínima	máxima	mínima
1º	33	19	18	9	24	8	30	15
2º	34	20	19	8	25	10	30	16
3º	30	18	21	8	23	14	28	19
4º	31	20	23	10	21	15	26	21
5º	33	20	21	12	21	13	31	20
6º	29	21	22	14	26	12	33	19
Média	31,7	19,5	20,7	10,2	23,3	12,0	29,7	18,3

⁽¹⁾ Dados obtidos na estação meteorológica da Universidade Federal de Santa Maria, RS.

menos evidente no dejetos aplicado no mês de maio, devido à pequena quantidade de N mineral aplicada (Tabela 1). Isso evidencia que o uso de doses menores de dejetos pode ser mais eficiente à produção vegetal. Deve-se ressaltar que as perdas de NH₃ podem estar subestimadas pelo uso de coletor semi-aberto estático, conforme mencionam LARA & TREVELIN (1990). Isso se deve principalmente pelas dificuldades às trocas gasosas no interior dos coletores, podendo subestimar as perdas em torno de 28%, conforme relata DA ROS (2004), após efetuar uma revisão sobre o assunto.

A temperatura do ar correlacionou-se com as perdas de NH₃ somente nas primeiras 24h após a aplicação do dejetos apresentando coeficientes de determinação (r^2) de 0,82 e 0,52, respectivamente,

sendo essa correlação ($p < 0,05$) também encontrada por SOMMER & OLSEN (1991). Esses autores obtiveram uma correlação positiva entre as perdas de NH₃ e a temperatura do ar imediatamente após a aplicação do dejetos. Contudo, em períodos mais longos pode não haver alta correlação entre a temperatura do ar e as perdas de NH₃ (BRUNKE et al., 1988).

Os picos de perdas de NH₃ em fevereiro ocorreram em torno de 24h após a aplicação, atingindo 50, 53 e 45% do total de perdas ocorridas até seis dias após a aplicação com o uso de 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹ de dejetos, respectivamente (Figura 2a). Essas perdas aumentaram para 70, 71 e 68% em torno de 48h. Isso pode ser devido às maiores temperaturas máximas e mínimas ocorridas em fevereiro, logo após a aplicação do dejetos (Tabela 3). Por outro lado, os picos de perdas

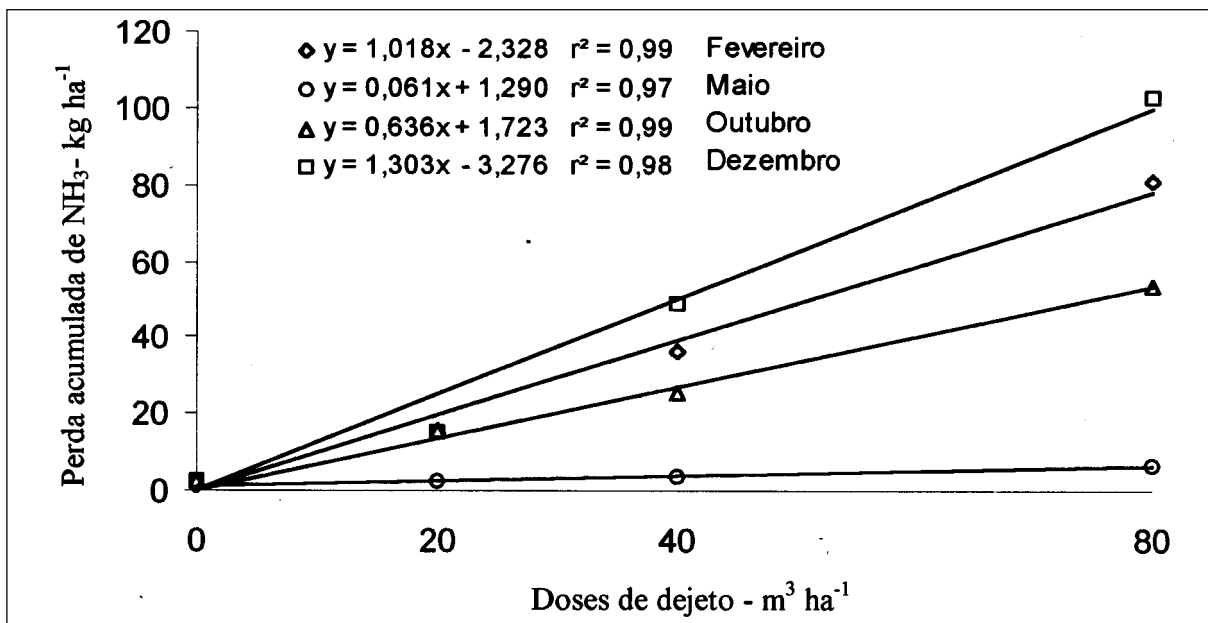


Figura 1 - Perdas acumuladas de NH₃ nas doses de dejetos de suínos para os meses de fevereiro, maio, outubro e dezembro.

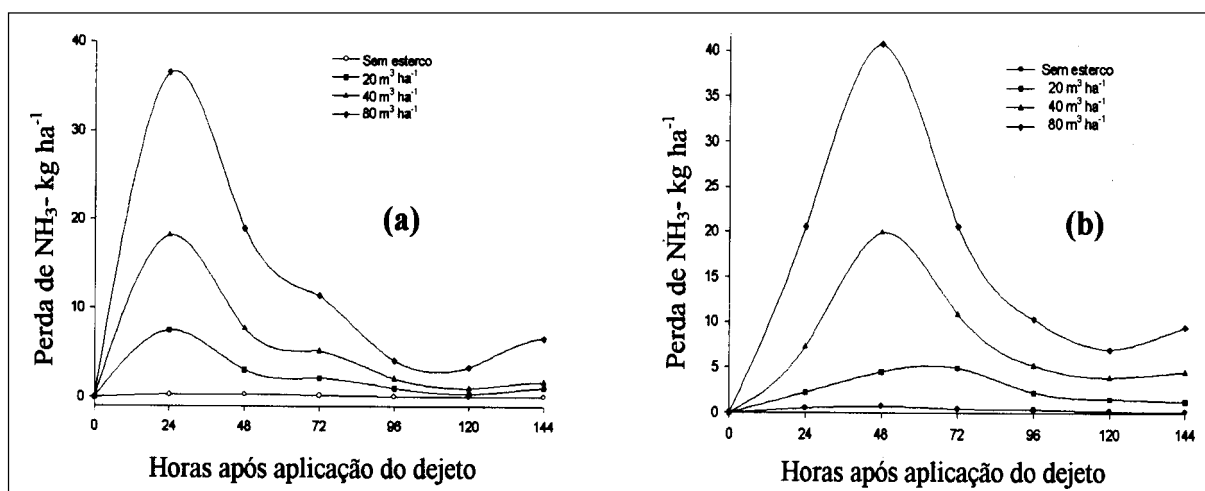


Figura 2 - Variação das perdas de amônia com o uso de dejetos de suínos nos meses de fevereiro (a) e dezembro (b).

de NH₃ em dezembro ocorreram em torno 48h após a aplicação, atingindo 45, 56 e 59% do total de perdas ocorridas até seis dias após a aplicação com o uso de 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹ de dejetos, respectivamente, comparado com 15, 15, e 19% nas primeiras 24h (Figura 2b).

O horário de aplicação do dejetos somente influenciou as perdas de NH₃ com a aplicação de 80 m³ ha⁻¹ no mês de fevereiro, quando as perdas acumuladas durante os seis dias foram maiores com a aplicação às 18h (Tabela 4). Em algumas situações, os percentuais de perdas de NH₃ foram maiores com aplicação do dejetos às 18h, principalmente para doses de dejetos de 40 m³ ha⁻¹ ou maiores. Por outro lado, MOAL et al. (1995) encontraram 83% de perdas de NH₃ com a aplicação ao meio dia, em comparação com 43% quando aplicaram ao entardecer e zero de perda ao aplicarem à meia noite. Embora tenham utilizado dejetos líquidos de bovinos, proveniente de gado leiteiro, BEAUCHAMP et al. (1982) também obtiveram as maiores perdas de NH₃ com aplicação próxima do meio dia, em comparação com o dejetos aplicado no início da manhã. No entanto, deve-se considerar que, no trabalho de MOAL et al., (1995) as

temperaturas diurnas médias foram ao redor de 20°C, sendo inclusive próxima de 0°C à meia noite, enquanto que, no presente trabalho, a temperatura média das mínimas diárias foi de 20 e 18°C e a média das máximas diárias de 32 e 30°C para os meses de fevereiro e dezembro, respectivamente.

A temperatura do solo em dezembro, no momento da aplicação do dejetos às 10h, foi de 25°C a 20mm de profundidade, e os percentuais de perdas de NH₃ foram menores do que quando o dejetos foi aplicado às 18h, quando a temperatura no solo foi de 30°C. Quando o esterco foi aplicado às 10h, o solo na superfície está num processo inicial de aquecimento, já que toda a energia armazenada no dia anterior foi perdida durante a noite. Assim, as menores perdas de N-NH₃ com aplicação do esterco às 10h podem estar associadas com as menores temperaturas do solo neste horário, com a aplicação de esterco com alto teor de água, que pode contribuir para o abaixamento da temperatura do solo, bem como o sistema de coletores que não permite a radiação global incidente sobre a superfície onde foi aplicado o esterco, que neste caso poderia favorecer as perdas com a aplicação às 10h.

Tabela 4 – Perdas acumuladas de amônia com doses de dejetos aplicadas em fevereiro e dezembro, em dois horários diários.

Época de aplicação	Horário de aplicação	Doses de dejetos (m ³ ha ⁻¹)				Média
		0	20	40	80	
Fevereiro	10h	1,1 A ⁽¹⁾	14,9 A (19) ⁽²⁾	36,0 A (23)	81,0 A (26)	33,0 (23)
	18h	1,2 A	14,7 A (19)	45,5 A (29)	90,0 B (29)	38,0 (26)
Dezembro	10h	2,5 A	15,0 A (23)	48,8 A (37)	102,9 A (39)	42,0 (33)
	18h	2,5 A	19,9 A (30)	54,0 A (41)	116,0 A (44)	48,0 (38)

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada época de aplicação de dejetos, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

⁽²⁾ Representam perdas de amônia em porcentagem, em relação à quantidade total de N mineral (NH₄⁺) aplicado.

CONCLUSÕES

O uso de menores doses de dejetos líquidos de suínos minimiza as perdas de N por volatilização de amônia. Os picos de perda ocorreram nas primeiras horas após a aplicação indicando que, quando possível, a sua incorporação seria uma alternativa à diminuição nas perdas de N por volatilização. O horário de aplicação do dejetos não se mostrou uma alternativa consistente para diminuir as perdas de N por volatilização de amônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASSO, C.J. **Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos**. 2003. 125f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.
- BEAUCHAMP, E.G.; KIDD, G.E.; THURTELL, G. Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field. *Canadian Journal of Soil Science*, v.62, n.1, p.11-19, 1982.
- BLESS, H-G.; BEINHAEUER, R.; SATTELMACHER, B. Ammonia emission from slurry applied to wheat stubble and rape in North Germany. *Journal of Agricultural Science*, v.117, n.1, p.225-231, 1991.
- BRUNKE, R. et al. Effects of meteorological parameters on ammonia loss from manure in the field. *Journal of Environmental Quality*, v.17, n.3, p.431-436, 1988.
- DA ROS, C. **Dinâmica do carbono e do nitrogênio com o uso de uréia na sucessão aveia preta/milho no sistema plantio direto**. 2004. 156f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria.
- GORDON, R. et al. Field estimates of ammonia volatilization from swine manure by a simple micrometeorological technique. *Canadian Journal of Soil Science*, v.68, n.2, p.369-380, 1988.
- LARA, C.W.A.R.; TREVELIN, P.C.O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de NH volatilizado da uréia aplicada ao solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, n.1, p.345-352, 1990.
- MACKENZIE, A.F.; TOMAR, S.J. Effect of added monocalcium phosphate monohydrate and aeration on nitrogen retention by liquid hog manure. *Canadian Journal of Soil Science*, v.67, n.3, p.687-692, 1987.
- MOAL, J.F. et al. Ammonia volatilization following surface-applied pig and cattle slurry in France. *Journal of Agricultural Science*, v.125, n.2, p.245-252, 1995.
- NÖMMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. *Plant & Soil*, v.39, n.2, p.309-318, 1973.
- SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; DIAS, L.F.X. Potencial fertilizante do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense. *Agropecuária Catarinense*, v.8, n.1, p.35-39, 1995.
- SCHERER, E.E.; AITA, C.; BALDISSERA, I.T. **Avaliação da qualidade do esterco da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis : Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina, 1996. 46p. (Boletim Técnico, 79).
- SOMMER, S.G.; OLSEN, J.E. Effects of dry matter content and temperature on ammonia loss from surface applied cattle slurry. *Journal of Environmental Quality*, v.20, n.3, p.679-683, 1991.
- SOMMER, G.S. et al. Ammonia volatilization from pig slurry applied with trail hoses or broad spread to winter wheat: effects of crop developmental stage, microclimate, and leaf ammonia absorption. *Journal of Environmental Quality*, v.26, n.4, p.1153-1160, 1997.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre : Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p.
- THOMPSON, R.B.; PAIN, B.F.; REES, Y.J. Ammonia volatilization from cattle slurry following surface application to grassland. *Plant & Soil*, v.125, n.1, p.119-128, 1990.