

INTERFERÊNCIA DO MANEJO DA CAMA DE AVIÁRIO NA LIBERAÇÃO DE NITROGÊNIO PARA O SOLO

Marcos Cesar Mottin¹, Alfredo Richart², Edleusa Pereira Seidel¹, André Luiz Alves¹ e Pablo Henrique Sostisso³

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Centro de Ciências Agrárias, Campus de Marechal Cândido Rondon. Rua Pernanbuco, 1777, CEP: 85960-000, Centro, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: marcos.c.mottin@hotmail.com, edleusaseidel@yahoo.com.br, andre_luiz.alves@outlook.com

²Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, Escola de Ciências Agrárias e Medicina Veterinária, Campus Toledo. Avenida da União, 500, CEP: 85902-532. Jardim Coopagro, Toledo, PR. E-mail: alfredo.richart@pucpr.br

³Engenheiro Agrônomo formado pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, Escola de Ciências Agrárias e Medicina Veterinária, Campus Toledo. Avenida da União, 500, CEP: 85902-532. Jardim Coopagro, Toledo, PR. E-mail: pablo_sostisso@hotmail.com

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo avaliar a liberação de nitrogênio (N) da cama de aviário para o solo, em diferentes condições de pH e profundidades da aplicação da cama de aviário (com e sem compostagem) em Latossolo Vermelho Distroférico típico do município de Toledo, região oeste do estado do Paraná. O experimento foi realizado em condições de campo, em delineamento experimental de blocos casualizados, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2x2x3, constando de dois ajustes do pH (5,5 e 6,0) do solo, cama de aviário (compostada e não compostada) e três profundidades de aplicação da cama de aviário (0, 5 e 10 cm), com quatro repetições. Quanto as avaliações, foram determinados os teores de N em amostras de solo, coletadas no momento da implantação do experimento, seguido por mais três coletas com intervalo entre elas de 15 dias. Quanto aos resultados, entre os efeitos isolados, apenas o pH 5,5 apresentou maior liberação de NH_4^+ para o solo. Quanto a interação entre fatores, a aplicação da cama de aviário sem compostagem a 0,10 m de profundidade, apresentou menor liberação de NH_4^+ para o solo.

PALAVRAS-CHAVE: Decomposição, fertilizante orgânico, disponibilidade de nutrientes.

INTERFERENCE MANAGEMENT OF POULTRY LITTER IN THE RELEASE OF NITROGEN TO THE SOIL

ABSTRACT: The present study aimed to evaluate the release of nitrogen (N) of poultry litter to soil at different pH conditions and depths of the application of poultry manure (with and without compost) in typical Red Distroferric Oxisol municipality Toledo, west of the state of Paraná. The experiment was conducted under field conditions in a randomized block design with treatments arranged in a factorial scheme 2x2x3, consisting of two adjustments of pH (5.5 to 6.0) soil, poultry manure (composted and not composted) and three depths of application of poultry manure (0, 5 and 10 cm), with four replications. As for the reviews, we determined the N content in soil samples collected at the time of implantation of the experiment, followed by three more collections with an interval between them of 15 days. As for the results, between the isolated effects, only the pH 5.5 released more NH_4^+ to the ground. The interaction between factors, the application of avian bed without composting to 0.10 m depth showed a lower release of NH_4^+ to the ground.

KEY WORDS: Decomposition, organic fertilizer, nutrient availability.

INTRODUÇÃO

A avicultura está presente em todo o território nacional, mas a produção de frangos de corte ocorre principalmente na região Sul do País, sendo o Paraná líder da produção interna de abates desde 2001, seguido por Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Brasil, 2013). Devido está intensificação da produção, ocorreu aumento no volume de resíduos gerados pela atividade, o qual é conhecido como cama de aviário. Sua composição química é variável em função do número de lotes alojados (Oviedo-Rondón, 2008). Segundo Costa (2009) cada animal produz em média 2,19 quilos de esterco ao longo de um ciclo de produção.

Esta cama de aviário pode ser utilizado como fertilizante orgânico nas diferentes culturas (Silva, 2009), principalmente para reposição de nitrogênio (N). Além disso, promove melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aumentando a produtividade das culturas agrícolas (Silva et al., 2009; Correa e Miele, 2011). Embora, o uso do mesmo em excesso pode vir a desencadear vários problemas ambientais (Konzen e Alvarenga, 2010).

Seu armazenamento deve ser em local seco, coberto para que a taxa de volatilização de amônia (NH_3) seja o mínimo possível (Matos et al., 2008; Adami, 2012). Também deve-se evitar adição de calcário a este material, pois a elevação do pH aumenta a volatilização de NH_3 antes do material ser aplicado ao solo (Ernani, 2003). Desta forma, é possível uma flexibilidade na época de aplicação e uma consequente sincronização entre a liberação de nutrientes da cama com a necessidade da planta, o que diminui o risco de contaminação do meio ambiente.

A aplicação da cama de aviário pode ser realizada em profundidade ou superficialmente, embora nesta forma de aplicação possa ocorrer perdas significativas de N através da volatilização da NH_3 , sendo o pH do solo um dos principais fatores que regula esta perda (Seidel e Costa 2005; Nachtigall, 2009), apresentando influência direta no equilíbrio NH_3 /amônio (NH_4^+). De acordo com Hao et al. (2004), esta perda pode chegar a 95%. Uma alternativa para minimizar este problema seria a aplicação da cama de aviário em profundidade no solo, pois, a decomposição ocorreria em seu interior, onde apresenta maior concentração de íons hidrogênio (H^+), favorecendo a transformação da NH_3 em NH_4^+ .

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a liberação de NH_4^+ da cama de aviário (com e sem compostagem) para o solo, em diferentes condições de pH (5,5 e 6,0) e profundidades de aplicação (0,00; 0,05 e 0,10 m) em Latossolo Vermelho Distroférico típico do município de Toledo, região oeste do estado do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Curso de Agronomia, Escola de Ciências Agrárias e Medicina Veterinária da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), campus Toledo – PR, situado nas coordenadas geográficas 24° 43'40 40" S e 53° 46'01 68" W, com altitude média de 581 m. Conforme classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com verões quentes, com temperaturas médias superiores a 22°C e invernos com temperaturas médias e inferiores a 18°C e uma precipitação pluviométrica média anual de 1600 – 1800 milímetros (Caviglione, 2000). Os dados climáticos de temperatura e precipitação ocorridos no período compreendido entre 27 de novembro de 2012 a 28 de janeiro de 2013, foram coletados diariamente pela estação meteorológica instalada no campus da PUCPR, os quais estão apresentados na Figura 1.

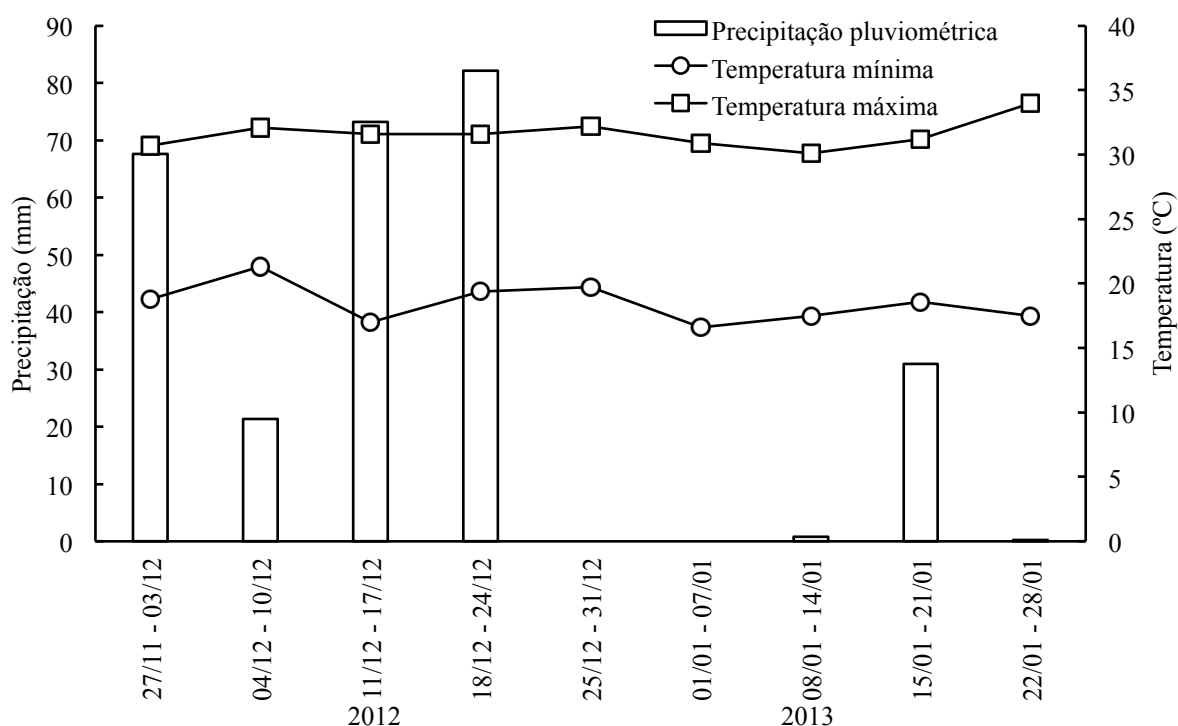


Figura 1 - Médias semanais da precipitação pluviométrica, temperaturas máximas e mínimas durante o período entre 27 de novembro de 2012 a 28 de janeiro de 2013. A precipitação acumulada foi de 276,4 mm.

Fonte: Informações coletadas pela Estação meteorológica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Campus Toledo – PR.

O solo da unidade experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura muito argilosa, relevo suave ondulado (Embrapa, 2013). A área

experimental utilizada apresentava-se degradada em virtude da remoção do horizonte superficial, o qual foi utilizado em aterro e, posterior construção do bloco administrativo do campus da PUCPR, ficando exposto o horizonte B.

Previamente à implantação do experimento, foi realizada coleta de amostras de solo na profundidade de 0,00 – 0,20 m para a determinação das características químicas, com os seguintes resultados: pH em CaCl_2 de 5,6; $15,63 \text{ g dm}^{-3}$ de M.O.; $8,23 \text{ mg dm}^{-3}$ de P; 3,23; 2,78; 0,30; 0,0; $4,54 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, Ca, Mg, K, Al e H + Al; e determinação das proporções granulométricas deste solo, apresentando 720, 160, e 120 g kg^{-1} , respectivamente, argila, silte e areia, conforme método proposto pela Embrapa (1997).

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados em esquema fatorial, $2 \times 2 \times 3$, sendo dois ajustes do pH (5,5 e 6,0), dois tipos da cama de aviário (com e sem compostagem) e três profundidades de aplicação da cama ao solo (0,00; 0,05 e 0,10 m), com quatro repetições, sendo que, cada parcela foi composta de $3,15 \times 5,75 \text{ m}$, totalizando $18,11 \text{ m}^2$. A cama de aviário utilizada no experimento foi adquirida de uma propriedade avícola da região, a qual provém de 12 lotes de produção de frangos de corte, na qual, efetuou-se análise química para determinação de sua composição, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da análise química da cama de aviário (com e sem compostagem) utilizadas no experimento

Determinação	Cama de aviário	
	Com compostagem	Sem compostagem
Nitrogênio (g kg^{-1})	27,90	42,60
Fósforo (g kg^{-1})	37,70	98,60
Potássio (g kg^{-1})	18,20	42,80
Cálcio (g kg^{-1})	76,70	32,40
Magnésio (g kg^{-1})	16,70	10,00
Enxofre (g kg^{-1})	8,60	7,50
Carbono (g kg^{-1})	264,60	410,70
Matéria Orgânica (g kg^{-1})	454,90	706,40
Cobre (mg kg^{-1})	240,70	76,28
Zinco (mg kg^{-1})	1.452,00	671,10
Ferro (mg kg^{-1})	21.770,00	1.654,00
Manganês (mg kg^{-1})	1.805,00	637,40
Boro (mg kg^{-1})	209,70	73,06
pH (CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$)	7,58	8,05
Relação C/N	9,47	9,65
Relação C/P	7,02	4,16
Umidade (%)	2,51	6,19

Fonte: Laboratório de análises Laborsolo.

O material coletado foi separado em duas partes, a primeira foi destinada ao processo de compostagem, por um período de 90 dias, conforme a metodologia descrita por Kiehl (2004), para a utilização no tratamento com cama de aviário compostada, e a outra parte, foi armazenada em local seco, visando conservação das suas características naturais para posterior utilização no tratamento da cama de aviário sem compostagem. Quanto a dose de cama de aviário, foi aplicado equivalente 10 Mg ha^{-1} com base na massa seca. Esta dose foi estabelecida em experimento em casa de vegetação, a qual mostrou-se eficiente em fornecer nutrientes a cultura do milho.

Para o ajuste do pH, realizou-se uma curva de calibração, a qual, consiste na obtenção de curvas de neutralização da acidez do solo por meio de incubação com CaCO_3 . Para isto, utilizou-se a metodologia descrita por Lana et al. (2010), na qual, foram incubadas amostras de solo, com doses crescentes de CaCO_3 p.a., com umidade mantida próxima da capacidade de campo por um período de 30 dias aproximadamente, com a finalidade de determinar a quantidade necessária de CaCO_3 para elevar o pH do solo para os valores pré-estabelecidos.

Quinzenalmente, foram coletadas amostras do solo incubado para medição do pH em CaCl_2 e pH SMP. Ocorrida a total reação, os dados pertinentes aos valores de pH foram submetidos a uma análise de variância e posterior análise de regressão polinomial utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011). De posse da equação ajustada $y = 5,239286 + 0,001345x - 0,0000002x^2$ e $R^2 = 0,982$, foi possível determinar a dose de calcário (kg ha^{-1}) necessária para elevar o pH do solo a valores de 5,5 e 6,0.

Na sequência, no mês de setembro de 2011, realizou-se à aplicação do calcário calcítico em cada parcela e, em seguida, o mesmo foi incorporado ao solo com subsolador. Após um ano da aplicação do calcário calcítico, realizou-se nova amostragem de solo na profundidade de 0,00 – 0,20 m, em todas as parcelas, para a verificação do pH do solo.

As amostras de solo foram encaminhadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo da PUCPR, secadas e peneiradas para posterior determinação do pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, conforme a metodologia descrita por Lana et al. (2010). Obtidos os resultados, verificou-se que ambos os pHs do solo estavam de acordo com o desejado para o desenvolvimento do presente trabalho (pH do solo 5,5 e 6,0), assim, procedeu-se a continuação do experimento.

Para realização da aplicação da cama ao solo, procedeu-se abertura de sulcos com o auxílio de um trator e uma semeadora, equipada com facão sulcador nas sete linhas, realizando-se desta forma a marcação das linhas. Na sequência, com um rastel de duas hastes confeccionado de madeira, no espaçamento de 0,45 m entre as hastes e estas foram ajustadas para as profundidades de 0,05 e 0,10 m, realizou-se a abertura dos sulcos manualmente, nas

respectivas profundidades. Após o sulco aberto, a cama de aviário foi aplicada conforme os tratamentos estabelecidos, em seguida, fez-se o fechamento do sulco com auxílio de uma enxada.

Quanto as avaliações, realizaram-se quatro coletas de solo, com intervalos de 15 dias. A primeira coleta foi realizada antecedendo a aplicação da cama ao solo e as demais aos 15, 30 e 45 dias após adição da cama. Em cada parcela, coletaram-se seis subamostras, juntado ambas, formaram uma amostra composta com aproximadamente 0,5 kg de solo e acondicionadas em sacos plásticos.

Em seguida, estas amostras compostas foram armazenadas em câmara fria do Hospital Veterinário da PUCPR. Para determinação dos teores de NH_4^+ , estas amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo, onde procedeu-se a homogeneização e peneiramento em malha de 2 mm. O teor de NH_4^+ de cada amostra de solo foi determinado por meio de extração com solução de KCl 1 mol L^{-1} , prosseguindo com destilação em aparelho semi-micro-kjeldahl e quantificado por titulação com solução de H_2SO_4 , conforme a metodologia descrita por Lana et al. (2010).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância considerando um nível de significância de 5% para o teste F. Quando significativos, as médias foram comparados entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos isolados de cada fator avaliado

De forma geral, dentre os fatores estudados, apenas o pH do solo promoveu diferenças significativas ($p < 0,05$) para os teores de NH_4^+ no solo, como mostra a Tabela 2.

Observa-se que os valores foram de 24,79 e 20,85 mg kg^{-1} de NH_4^+ , respectivamente, pH 5,5 e 6,0. Estes resultados podem ser atribuídos a calagem realizada com a finalidade de ajustar os valores de pH pré-estabelecidos no delineamento experimental. Provavelmente, estes resultados favoreceram o processo de nitrificação do NH_4^+ , devido à elevação do pH do solo, criando condições propícias as bactérias nitrificadoras.

Resultados semelhantes foram encontrados por Fioreze et al. (2012), e Sauer et al. (2009), em que verificaram aumento da taxa de nitrificação do NH_4^+ no solo nos tratamentos que receberam a aplicação de cama de aviário. Rosolem et al. (2003) demonstraram que em condições pH baixo, o processo de nitrificação é retardada, podendo até mesmo ser inibido.

Sendo de conhecimento que o processo de nitrificação é intensificado quando o pH do solo está mais próximo a neutralidade (pH 7,0).

Tabela 2 - Resultados médios para disponibilidade de NH_4^+ no solo em função da natureza da cama de aviário (com e sem compostagem), do pH (5,5 e 6,0) e as profundidades de aplicação (0,00; 0,05 e 0,10 m) da cama em Latossolo Vermelho Distroférico típico de Toledo – PR

Fatores avaliados		NH_4^+
		— mg kg^{-1} —
Cama de aviário	Com compostagem	24,35 a
	Sem compostagem	21,29 a
pH	5,5	24,79 a
	6,0	20,85 b
Profundidade de aplicação (m)	0,00	24,50 a
	0,05	21,00 a
	0,10	22,97 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Interações entre os fatores avaliados

Analisando os resultados relativos ao NH_4^+ no solo, observa-se que a interação entre o pH x profundidade de aplicação da cama de aviário foi significativa ($p < 0,05$), como mostra a Tabela 3. Os maiores teores de NH_4^+ foram observados com aplicação da cama na superfície do solo e para o pH 5,5. Nesta mesma faixa de pH, observa-se que os teores de NH_4^+ diminuíram nas demais profundidades.

Tabela 3 - Resultados médios para os teores de NH_4^+ no solo em função dos diferentes valores de pH e profundidades de aplicação da cama de aviário em Latossolo Vermelho Distroférico típico do município de Toledo, região oeste do estado do Paraná

Profundidade de aplicação (m)	pH	
	5,5	6,0
	— mg kg^{-1} —	
0,00	30,19 Aa	18,81 Ba
0,05	23,19 Aa	18,91 Aa
0,10	21,00 Aa	24,94 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Possivelmente, com a aplicação em profundidade no solo, ocorreu maior mineralização da cama e conseqüentemente, maior nitrificação do NH_4^+ formado a partir da liberação da NH_3 durante o processo de mineralização. Estes resultados podem ser apontados como promissores, pois constata-se que aplicação da cama de aviário em profundidade no solo, possivelmente, promoveu menores perdas gasosas de NH_3 , favorecendo a formação do NH_4^+ e posterior oxidação a NO_3^- .

Enquanto que para o pH 6,0 ocorreu o inverso, ou seja, os maiores teores foram observados na profundidade de 0,10 m (Tabela 3). O que nos evidencia que a maior profundidade de aplicação da cama de aviário, proporciona menores perdas de N por meio da volatilização de NH_3 , sendo deste modo a medida que aumentava-se a profundidade de aplicação no solo, aumentava-se a nitrificação do NH_4^+ e conseqüentemente a diminuição de perdas por volatilização.

Segundo Urquiaga (2000), é necessário uma aplicação da cama de aviário de aproximadamente 0,05 m de profundidade a fim de se obter uma redução da volatilização do N na forma de NH_3 , de acordo com Scivittaro e Gomes (2005), a aplicação da cama em profundidade é uma prática viável, pois diminui as perdas de N a qual aumenta o aproveitamento pela planta e conseqüentemente o maior rendimento na produção das culturas. Ballem (2011) estudando a volatilização de NH_3 , verificou que a medida que se aprofundava a cama de aviário no solo, diminuía a perda por volatilização protegendo o N- NH_3 dos fatores responsáveis pela emissão dessa forma de N para a atmosfera, resultados estes que corroboram com o presente estudo.

Para a interação entre pH x cama de aviário não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$), conforme apresentado na Tabela 4, sendo os valores para NH_4 no solo de 24,79; 25,01 mg kg^{-1} no pH 5,5 e 23,92; 17,80 mg kg^{-1} para pH 6,0, respectivamente da cama de aviário com e sem compostagem. No entanto, maiores teores de NH_4 são observados para o pH 5,5 em ambos os tipos de cama, possivelmente isto se deve em função do menor processo de nitrificação, já que o mesmo é beneficiado e intensificado quando próximo a neutralidade, resultados semelhantes foram encontrados por Silva e Vale (2000), onde trabalhou com diferentes fontes de N em função do efeito da calagem, resultados estes que corroboram com o presente trabalho. Quanto ao tipo de cama dentro de cada faixa de pH também não houveram diferenças significativas ($p > 0,05$).

Tabela 4 - Resultados médios para os teores de NH_4^+ no solo em função dos diferentes valores de pH e tipo de cama de aviário em Latossolo Vermelho Distroférico típico do município de Toledo, região oeste do estado do Paraná

Cama de aviário	pH	
	5,5	6,0
	mg kg ⁻¹	
Com compostagem	24,79 Aa	23,92 Aa
Sem compostagem	25,01 Aa	17,80 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a relação pH x coleta, podemos observar na Tabela 5 que todas as coletas realizadas, os maiores teores de NH_4^+ no solo foram encontrados no pH 5,5, porém, não ocorreu diferenças significativas ($p > 0,05$). No entanto, para as coletas dentro de cada faixa de pH, observa-se que apenas o pH 5,5 apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo estas diferenças apenas entre as coletas 0 e 45 dias após a aplicação da cama. Possivelmente isto ocorreu em função do processo de mineralização ser praticamente igual o processo de mineralização do N orgânico em NH_4^+ , sendo que este processo pode ser até mesmo superior, como no caso do pH 6,0 em que a coleta aos 30 dias apresentou maior acúmulo de NH_4^+ em relação ao coleta aos 15 dias.

Tabela 5 - Resultados médios para os teores de NH_4^+ no solo em função dos diferentes valores de pH e épocas de coleta (dias) em Latossolo Vermelho Distroférico típico do município de Toledo, região oeste do estado do Paraná

Coleta (dias)	pH	
	5,5	6,0
	mg kg ⁻¹	
0	32,67 Aa	25,70 Aa
15	24,50 Aab	20,42 Aa
30	23,50 Aab	21,00 Aa
45	17,50 Ab	16,33 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando o processo de mineralização do N orgânico supera o processo de nitrificação, pode ocorrer acúmulo no teor de NH_4^+ no solo, sendo que o contrário também é verdadeiro. Resultados semelhantes foram encontrados por Boeira et al. (2002) utilizando material

orgânico, verificou oscilações no teor de NH_4^+ e um incremento dos teores de NO_3^- no solo, e confirmado por Da Cas (2009) em estudo sobre o processo de mineralização do N em material orgânico, resultados estes que corroboram com o presente estudo.

Quanto a interação entre o tipo de cama x profundidade, pode-se observar na Tabela 6 que não ocorreram diferenças significativas ($p>0,05$). Contudo, verifica-se que para a comparação entre os tipos de cama em função da profundidade de aplicação existe diferença significativa ($p<0,05$). Isto possivelmente ocorreu em função da cama de aviário com compostagem ter apresentado uma redução no processo de mineralização quando aplicada a 0,10 m, sendo a maior liberação de NH_4^+ para o solo quando a cama foi aplicada com compostagem.

Tabela 6 - Resultados médios para os teores de NH_4^+ no solo em função dos diferentes tipos de cama de aviário e profundidades de aplicação da cama em Latossolo Vermelho Distroférico típico do município de Toledo, região oeste do estado do Paraná

Profundidade (m)	Cama de aviário	
	Com compostagem	Sem compostagem
	mg kg ⁻¹	
0,00	24,06 Aa	24,94 Aa
0,05	21,00 Aa	21,00 Aa
0,10	28,00 Aa	17,94 Ab

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Neto et al. (2010) o qual verificou em seu trabalho um aumento significativo nos teores de NH_4^+ a medida que se depositava material orgânico sem compostagem na superfície do solo, sendo os maiores teores observados de NH_4^+ nos primeiros 0,05 m, explicando desta maneira a semelhança significativa entre as profundidades de aplicação a 0,00 e 0,05 m para a cama sem compostagem, sendo as condições ambientais do solo, principalmente temperatura, umidade e principalmente oxigênio, os principais responsáveis pelo processo de mineralização do N e também da nitrificação (Knoepp e Swank, 2002).

Para a relação profundidade x coleta, não ocorreram diferenças significativas ($p>0,05$), assim como para cada profundidade em função das coletas, conforme apresentado na Tabela 7. O mesmo ocorre para a relação entre cama x coleta a qual não apresentou diferenças significativas ($p>0,05$), no entanto, verifica-se que para cada tipo de cama dentro

da mesma época de coleta, a cama de aviário com compostagem apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$), não ocorrendo o mesmo com a cama de aviário sem compostagem, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 7 - Resultados médios para os teores de NH_4^+ no solo em função das diferentes profundidades de aplicação da cama de aviário e épocas de coleta em Latossolo Vermelho Distroférico típico do município de Toledo, região oeste do estado do Paraná

Coleta (dias)	Profundidade (m)		
	0,00	0,05	0,10
	mg kg^{-1}		
0	33,25 Aa	21,88 Aa	32,38 Aa
15	24,50 Aa	20,12 Aa	22,75 Aa
30	22,75 Aa	24,50 Aa	21,00 Aa
45	17,50 Aa	17,50 Aa	15,75 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observando os valores encontrados na cama com compostagem, podemos verificar que a coleta aos 0, 15 e 30 dias não se diferenciaram significativamente assim como as coletas aos 15, 30 e 45 dias. Ainda, podemos verificar que os valores foram sendo reduzidos gradativamente com o passar das coletas, possivelmente isto ocorreu em função da nitrificação do NH_4^+ .

Tabela 8 - Resultados médios para os teores de NH_4^+ no solo em função dos diferentes tipos cama de aviário e épocas de coleta em Latossolo Vermelho Distroférico típico do município de Toledo, região oeste do estado do Paraná

Coleta (dias)	Cama de aviário	
	Com compostagem	Sem compostagem
	mg kg^{-1}	
0	32,08 Aa	26,25 Aa
15	26,83 Aab	18,08 Aa
30	22,17 Aab	23,33 Aa
45	16,33 Ab	17,50 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto a cama sem compostagem podemos observar que possivelmente houve uma fase de nitrificação após a aplicação seguida por acúmulo de NH_4^+ na coleta aos 30 dias, e novamente nitrificação, resultado semelhante foi encontrado por Boeira et al. (2002), em materiais orgânicos frescos, o qual verificou redução inicial de NH_4^+ no solo nas primeiras semanas, seguido de acúmulo e novamente redução, o que evidencia a nitrificação desde o início da aplicação, assim como ocorreu com a cama com compostagem, a qual já apresenta o N mineral, resultado este que corroborou com o presente estudo.

CONCLUSÕES

Entre os efeitos isolados, apenas o pH 5,5 apresentou maior liberação de NH_4^+ para o solo.

Quanto a interação entre fatores, a aplicação da cama de aviário sem compostagem a 0,10 m de profundidade, apresentou menor liberação de NH_4^+ para o solo.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, P.F. **Intensidades de Pastejo e Níveis de Cama de Aviário em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária**. 2012. 111 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- BALLEM, A. **Inibidor de nitrificação adicionado ao solo com cama de aviário e sua influência na dinâmica do nitrogênio e do carbono**. 2011. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Esplanada dos Ministérios – Bloco D – Brasília, DF, 2013.
- BOEIRA, R.C.; LIGO, M.A.V.; DYNIA, J.F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.11, p.1639-1647, 2002.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000.
- CORREA, J.C.; MIELE, M.A. cama de aves e os aspectos agronômicos, ambientais e econômicos. **Manejo Ambiental na Avicultura**, Embrapa Suínos e Aves, 2011. Concórdia. p. 125-152.
- COSTA, L.V.C. da. **Biodigestão anaeróbia da cama de frango associada ou não ao biofertilizante obtido com dejetos de suínos: produção de biogás e qualidade do biofertilizante**. 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. São Paulo, 2009.

DA CAS, V.L.S. **Mineralização do carbono e no nitrogênio no solo com o uso de lodo de esgoto e palha aveia**. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 212p. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA – CNPS, 2013.

ERNANI, P.R. **Disponibilidade de nitrogênio e Adubação Nitrogenada para a Macieira**. Lages: Graphel, 2003. 76 p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, C.; CERETTA, C.A.; GIACOMINI, S.J.; TRENTIN, G.; LORENSINI, F. Liberação do N em solos de diferentes texturas com ou sem adubos orgânicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.42, n.7, p.1187-1192, 2012.

HAO, X.; CHANG, C.; LARNEY, J.F. Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, n. 1, p. 37-44, 2004.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4. ed. Piracicaba, 2004.

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

KNOEPP, J. D.; SWANK, W. T. Using soil temperature and moisture to predict forest soil nitrogen mineralization. **Biology e Fertility of Soils**, Berlin, v.36, p.177-182, 2002.

LANA, M.C.; FEY, R.; FRANDOLOSO, J.F.; RICHART, A.; FONTANIVA, S. **Análise Química de Solo e Tecido Vegetal: Práticas de Laboratório**. Cascavel: Editora: EDUNIOESTE, 129p, 2010.

MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; LIMA, P.C.; COELHO, M.S.; MATEUS, R.F.; CARDOSO, I.M. Green manure in coffee systems in the region of Zona da Mata, Minas Gerais: characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, p.2027-2035, 2008.

NACHTIGALL, G.R.; NOGUEIROL, R.C.; ALLEONI, L.R.F. Extração sequencial de Mn e Zn em solos em função do pH e adição de cama-de-frango. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 13, n. 3, p. 240-249, 2009.

NETO, M.S.; PICCOLO, M. de C.; FILHO, S. de P.V.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C. Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.4, p.923-936, 2010.

OVIEDO-RONDÓN, E.O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Minas Gerais, v.37, p.239-252, 2008.

ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; OLIVEIRA, R.H. de. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p. 301-309, 2003.

SAUER, T. J.; COMPSTON, S.R.; WEST, C.P.; HERNANDEZ, R.G.; GBUR, E.E.; PARKIN, T.B. Nitrous oxide emissions from a bermudagrass pasture: Interseeded winter rye and poultry litter. **Soil Biology e Biochemistry**, v. 41, p. 1417-1424, 2009.

SCIVITTARO, W. B.; GOMES, A. S. Manejo do nitrogênio para a cultura do arroz irrigado. **Comunicado Técnico 125**, Pelotas, RS, dez. 2005.

SEIDEL, E. P.; COSTA, A. C. S. Perda de Nitrogênio (N-NH₃) por volatilização em Latossolo Vermelho Eutroférico tratado com dejetos de suínos. **Scientia Agraria Paranaensis**. v.4, n.2, p.21-32, 2005.

SILVA, C.A.; VALE, F.R. do. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p.2461-2471, 2000.

SILVA, T.R. Produtividade de massa seca da parte aérea e de raízes de milho adubado com cama de aviário. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1., 2009, Florianópolis. **Anais...Florianópolis: SIGERA**, 2009. p. 290-294.

URQUIAGA, S. Eficiencia de la fertilización nitrogenada em los principales cultivos anuales. In: URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales em America Latina y El Caribe**. Porto Alegre: Gênese; Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, p. 31-49, 2000.