

Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango

Effect of chemical conditioners on the quality of chicken litter

Efecto de los acondicionadores químicos sobre la calidad de la arena para pollos

Recebido: 19/02/2021 | Revisado: 28/02/2021 | Aceito: 24/03/2021 | Publicado: 31/03/2021

Leonardo Andre Fialkowski Bordignon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6343-8160>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: leonardob@zootecnista.com.br

Paulo Cesar Conceição

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5880-8094>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: paulocesar@utfpr.edu.br

Maiara Karini Haskel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9635-174X>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: maiara.haskel@hotmail.com

Angélica Signor Mendes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6644-1907>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: angelica@utfpr.edu.br

Augusto Vaghetti Luchese

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3389-9986>
Universidade Federal do Paraná, Brasil
E-mail: aluchese@gmail.com

Cristiane Dalagua Paier

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2236-2593>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: cryspaier@hotmail.com

Jaqueline Pereira Machado de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2236-2593>
SulAgro Pesquisa e Desenvolvimento, Brasil
E-mail: jaqpmachado@gmail.com

Lizete Stumpf

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7760-0803>
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
E-mail: zete.stumpf@gmail.com

Resumo

O estudo teve como objetivo avaliar o efeito do uso de condicionadores químicos na cama de aviário e a influência destes na liberação de amônia. Utilizaram-se cinco condicionadores químicos: cal hidratada, gesso agrícola, sulfato de alumínio, superfosfato simples e calcário calcítico, com diferentes manejos no parcelamento da dose: em dose única, parcelada em duas vezes e parcelada em três vezes. A adição dos tratamentos foi realizada no intervalo entre lotes. De cada unidade experimental coletou-se uma amostra que foi utilizada para determinação da umidade, do pH, da amônia volatilizada e do teor de nitrogênio. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com quatro repetições, sendo o fator "A" composto por 16 tratamentos (cinco condicionadores químicos e três formas de parcelamento, mais uma testemunha) e fator "B" composto por cinco lotes avaliados (1°, 4°, 5°, 7° e 8°). Dentre os condicionadores e formas de parcelamento da dose utilizada, o sulfato de alumínio apresenta maior magnitude na diminuição do pH e na volatilização de amônia, principalmente quando aplicado de forma parcelada. Contudo, não foram observados incrementos nos teores de N nos mesmos tratamentos supracitados.

Palavras-chave: Condicionadores; Volatilização; Avicultura.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the effects of the use of chemical conditioners on poultry litter and their influence on the release of ammonia. Five chemical conditioners were used: hydrated lime, agricultural gypsum, aluminum sulfate, simple superphosphate and calcitic limestone, with different treatments in the split of the dose: in single dose, divided in two times and divided in three times. The treatments were added in the interval between batches. From each experimental unit a sample was collected and used for chemical analyzes of pH, moisture and volatilized ammonia. A completely randomized design was used in a factorial scheme with four replications, with factor "A" consisting of 16 treatments (five chemical conditioners and three forms of installment plus one control) and a "B" factor

composed of five lots Evaluated (1st, 4th, 5th, 7th and 8th). Among the conditioners and ways of splitting the dose used, aluminum sulfate presents a greater magnitude in the decrease of pH and volatilization of ammonia, especially when applied in a piecemeal way.

Keywords: Conditioners; Volatilization; Poultry litter.

Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del uso de acondicionadores químicos en la cama de aves y su impacto en la liberación de amoníaco. Se utilizaron cinco acondicionadores químicos: cal hidratada, yeso, sulfato de aluminio, superfosfato simple y caliza calcítica, con diferente manejo en el split de dosis: en monodosis, partiendo en dos y partiendo en tres tiempos. La adición de los requisitos realizados en el intervalo entre lotes. De cada unidad experimental se tomó una muestra y se utilizó para determinar la humedad, el pH, el amoníaco volatilizado y el contenido de nitrógeno. Se utilizó un diseño completamente al azar en esquema factorial con cuatro réplicas, con factor "A" compuesto por 16 tratamientos (cinco acondicionadores químicos y tres formas de abono, más un testigo) y factor "B" compuesto por cinco lotes acumulados (1°, 4°, 5°, 7° y 8°). Entre los acondicionadores y formas de abono de la dosis utilizada, el sulfato de aluminio presenta mayor magnitud en la disminución del pH y en la volatilización del amoníaco, principalmente cuando se aplica en forma de abono. Sin embargo, no se observó ningún aumento en los niveles de N en los mismos tratamientos mencionados anteriormente.

Palabras clave: Acondicionadores; Volatilización; Aves de corral.

1. Introdução

Com a expansão da avicultura e as melhorias da tecnologia de produção, a cama em aviários em muitos casos, restringiu-se à maravalha. Estudos têm buscado alternativas, para as camas de aviário (Avila et al., 2008), desde disposição diferenciada da cama para reduzir a troca completa desta (Coufal et al., 2006) e/ou o uso de condicionadores que reduzam os problemas gerados pelo uso sucessivo do material (Choi & Moore Jr, 2008; Ferreira et al., 2004; Lee et al., 2013) principalmente a liberação de amônia (NH_3), oriunda das excretas das aves, que acabam se concentrando no sistema.

Para reter maior quantidade de N à cama, reduzindo as perdas para a atmosfera, alguns materiais condicionadores da cama têm sido avaliados, como o gesso agrícola (ou sulfato de cálcio), o sulfato de alumínio, o superfosfato simples, a cal virgem e o calcário (Ferreira et al., 2004; Lee et al., 2013; Loch et al., 2011; Lucca et al., 2012; Moore et al., 1996; Maria Cristina de Oliveira et al., 2003). A atuação dos condicionadores ocorre em duas rotas: Uma é pelo fornecimento de SO_4^- , que pode se ligar ao NH_4^+ quando este é produzido formando assim $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, dificultando a formação de NH_3 como é o caso do superfosfato simples, o gesso e o sulfato de alumínio; A outra é a de acidificação do meio, na qual ocorre o predomínio de nitrogênio na forma de NH_4^+ , evitando as perdas deste na forma de amônia, como é o caso do sulfato de alumínio, que reduz o pH da cama e, conseqüentemente, as perdas de N para a atmosfera (Loch et al., 2011). Há a necessidade de se entender melhor o uso de condicionadores para a retenção de N, proporcionando melhorias no ambiente de produção de aves e nas características finais da cama de aviário visando a diminuição da poluição atmosférica. Assim, este trabalho objetivou avaliar cinco condicionadores na cama de aviário e sua eficiência na redução da emissão de amônia para a atmosfera durante o período de oito lotes de frangos de corte.

2. Metodologia

O estudo foi desenvolvido em aviário comercial (120 x 12 m), instalado nas dependências da UTFPR – Campus de Dois Vizinhos/PR, com densidade de 16 aves m^2 , sendo o piso de chão batido e a cama de aviário composta de maravalha. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial (16 x 5) e quatro repetições, sendo cinco condicionadores com três diferentes manejos de aplicação e uma testemunha, totalizando 16 tratamentos e cinco lotes avaliados.

O uso dos condicionadores químicos seguiu quantidades definidas em literatura (Ferreira et al., 2004; Lee et al., 2013; Loch et al., 2011; Lucca et al., 2012; Moore et al., 1996; Maria Cristina de Oliveira et al., 2003) sendo: 0,5 kg de calcário calcítico (CC), 0,5 kg de gesso agrícola (GA), 0,5 kg de superfosfato simples (SSP), 1,0 kg de sulfato de alumínio (SA) e 0,3 kg de cal

hidratada (CH), aplicados em uma área de 0,5 m² contendo 10 kg de cama. Percentualmente os tratamentos corresponderam a 5% CC, 5% GA, 5% SSP, 10% AS e 3% CH. Manejou-se a aplicação dos condicionadores de três formas distintas, com relação à dose total: a) uma única aplicação (adicionada após a saída do primeiro lote)-1x, b) aplicação dividida em duas vezes (adicionada após a saída do primeiro e quinto lote)-2x e, c) aplicação dividida em três vezes (adicionada após a saída do primeiro, quarto e sétimo lote)-3x. Ao final do período de avaliação (oitavo lote) todos os tratamentos possuíam 100% da dose prevista, exceto a testemunha que não recebeu condicionadores.

O aviário experimental recebeu 64 boxes de madeira de 0,5 m (largura) x 1,0 m (comprimento) x 0,10 m (altura), fixados ao chão anterior a colocação da maravalha de pinus do primeiro lote. A aplicação dos tratamentos, homogeneização e coletas foram realizadas no intervalo entre lotes, ou seja, sem a presença dos animais. Após a saída das aves do primeiro lote, realizou-se a retirada de toda a cama de cada box sendo padronizado em 10 kg de material, acondicionado em recipiente plástico e homogeneizado o condicionador, coletado 200 g de cama para as análises laboratoriais. Ao longo dos oito lotes, o protocolo e o método de trabalho foram semelhantes, diferindo-se apenas no tratamento testemunha (sem adição de condicionadores), onde apenas realizou-se a homogeneização da cama.

A determinação da umidade foi realizada mediante pesagem inicial e final da amostra de cada tratamento, submetida à secagem em 65°C ± 3°C por um período de 48 horas em estufa de circulação de ar forçado (Silva & Queiroz, 2002)

A determinação do pH consistiu de pesagem de 10g de amostra de cada tratamento, a qual foi diluída em 50 mL de água destilada. Após a homogeneização da amostra, a mistura permaneceu em repouso por 30 minutos para a sedimentação do material e por fim realizou-se a leitura do pH com a introdução do bulbo do potenciômetro Digi-Sense® até a meia altura do volume da amostra diluída (Miragliotta, 2000).

A determinação da volatilização da amônia foi feita em condições de laboratório pela metodologia de captação de gases (Sampaio et al., 1999). Utilizou-se um recipiente de 400 mL contendo 40 g de cama de aviário e um frasco plástico com 10 mL de solução indicadora de ácido bórico 2%. Os recipientes hermeticamente fechados foram colocados em BOD à 30°C, por nove dias correspondentes ao período médio de intervalo entre lotes, com titulações em intervalos de três dias.

O teor de nitrogênio (N) dos diferentes tratamentos foi analisado pelo método Kjeldahl, segundo metodologia de tecido vegetal proposta pela (Embrapa, 1999).

Os resultados foram submetidos a análises de variância pelo teste F a um nível de significância de 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico Statgraphics Centurion XVI. Quando comprovada a significância dos efeitos dos tratamentos, as médias de efeito qualitativo foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro.

3. Resultados e Discussão

A umidade dos tratamentos não apresentou diferenças significativas durante o período experimental, com teor médio de 23,3% e amplitude variando de 21,2 a 25,6% (Tabela 1). Resultados similares foram observados por Carvalho et al. (2011), Medeiros et al. (2008) e Oliveira et al. (2002), onde os teores médios de umidade das camas de maravalha foram, respectivamente, de 34,92 a 37,16%, de 26,3 a 31% e de 16,9 a 26,5%.

Tabela 1. Valores de umidade em diferentes lotes de camas de frango tratadas com condicionadores químicos submetidos a diferentes formas de parcelamento da dose (única (1x), duas vezes (2x) e três vezes (3x)).

Tratamentos	Umidade (%)					Média
	1º Lote	4º Lote	5º Lote	7º Lote	8º Lote	
Testemunha	23,6 ^{ns}	23,8 ^{ns}	21,2 ^{ns}	23,9 ^{ns}	24,1 ^{ns}	23,3
Cal hidratada-1x	24,1 ^{ns}	22,4 ^{ns}	21,2 ^{ns}	24,4 ^{ns}	22,5 ^{ns}	22,9
Cal hidratada-2x	23,7 ^{ns}	22,6 ^{ns}	22,6 ^{ns}	21,9 ^{ns}	22,1 ^{ns}	22,6
Cal hidratada-3x	24,8 ^{ns}	23,0 ^{ns}	22,3 ^{ns}	24,4 ^{ns}	24,2 ^{ns}	23,7
Calcário calcítico-1x	24,3 ^{ns}	23,0 ^{ns}	22,1 ^{ns}	23,1 ^{ns}	22,3 ^{ns}	23,0
Calcário calcítico-2x	24,6 ^{ns}	22,3 ^{ns}	21,5 ^{ns}	23,7 ^{ns}	22,3 ^{ns}	22,9
Calcário calcítico-3x	25,2 ^{ns}	22,8 ^{ns}	21,6 ^{ns}	23,0 ^{ns}	22,4 ^{ns}	23,0
Gesso agrícola-1x	23,2 ^{ns}	23,2 ^{ns}	23,0 ^{ns}	24,4 ^{ns}	24,1 ^{ns}	23,6
Gesso agrícola-2x	25,0 ^{ns}	25,1 ^{ns}	23,7 ^{ns}	25,6 ^{ns}	22,8 ^{ns}	24,4
Gesso agrícola-3x	24,3 ^{ns}	23,0 ^{ns}	22,6 ^{ns}	24,4 ^{ns}	24,4 ^{ns}	23,7
Sulfato alumínio-1x	24,3 ^{ns}	22,4 ^{ns}	23,1 ^{ns}	23,4 ^{ns}	22,7 ^{ns}	24,1
Sulfato alumínio-2x	24,0 ^{ns}	23,5 ^{ns}	21,2 ^{ns}	23,2 ^{ns}	22,8 ^{ns}	22,9
Sulfato alumínio-3x	23,4 ^{ns}	22,4 ^{ns}	22,4 ^{ns}	25,1 ^{ns}	24,4 ^{ns}	23,5
Superfosfato simples-1x	23,9 ^{ns}	22,7 ^{ns}	21,4 ^{ns}	22,9 ^{ns}	22,9 ^{ns}	22,8
Superfosfato simples-2x	25,3 ^{ns}	22,9 ^{ns}	21,5 ^{ns}	23,2 ^{ns}	22,4 ^{ns}	23,0
Superfosfato simples-3x	25,1 ^{ns}	23,8 ^{ns}	22,3 ^{ns}	22,6 ^{ns}	23,2 ^{ns}	23,4
Média	24,3	23,4	22,1	23,7	23,1	
CV (%)	8,77					

ns: não significativo pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Como a umidade está diretamente ligada às características do material utilizado, os incrementos dos produtos em relação a massa da cama não foi elevada na maioria dos tratamentos, sendo que estes não ultrapassaram 5%, excluindo-se o sulfato de alumínio, aplicado numa relação massa/massa de 10%, mas, que apresenta alta solubilidade, não persistindo no meio para auxiliar na retenção de água.

O pH da cama na testemunha não apresentou variação significativa durante os lotes avaliados, variando de 7,4 a 7,7 (Tabela 2). Em experimento com palha de arroz (Do et al., 2005), obtiveram valores de 7,3 a 8,4. No entanto a maioria dos estudos apresentam valores de pH mais elevado, variando de 8,0 a 9,5 (Ferreira et al., 2004; Lee et al., 2013; Loch et al., 2011; Lucca et al., 2012). O manejo adotado pelo produtor não prevê o uso da cal como sanitizante, o que pode explicar o menor pH neste estudo.

Tabela 2. Valores de pH em diferentes lotes de camas de frango tratadas com condicionadores químicos submetidos a diferentes formas de parcelamento da dose (única (1x), duas vezes (2x) e três vezes (3x)).

Tratamentos	pH					Média
	1º Lote	4º Lote	5º Lote	7º Lote	8º Lote	
Testemunha	7,6 d A	7,4 b A	7,7 a A	7,4 a A	7,6 a A	7,5
Cal hidratada-1x	9,8 a A	7,7 a B	7,7 a B	7,6 a B	7,7 a B	8,1
Cal hidratada-2x	9,2 b A	8,3 a B	8,0 a B	7,5 a C	7,7 a C	8,1
Cal hidratada-3x	8,7 c A	8,0 a B	7,6 a C	7,9 a B	7,3 a C	7,9
Calcário calcítico-1x	8,4 c A	7,3 b B	7,5 a B	7,2 a B	7,6 a B	7,6
Calcário calcítico-2x	8,4 c A	6,9 c C	8,1 a A	7,5 a B	7,6 a B	7,7
Calcário calcítico-3x	8,1 d A	7,8 a A	7,5 a B	7,1 a B	7,7 a A	7,6
Gesso agrícola-1x	7,6 d A	7,3 b A	7,6 a A	7,4 a A	7,4 a A	7,4
Gesso agrícola-2x	7,5 d A	7,2 b A	7,6 a A	7,4 a A	7,7 a A	7,5
Gesso agrícola-3x	7,5 d A	7,2 b A	7,5 a A	7,4 a A	7,7 a A	7,4
Sulfato alumínio-1x	3,9 h C	6,6 c B	7,2 a A	7,2 a A	7,5 a A	6,5
Sulfato alumínio-2x	5,1 g C	6,7 c B	4,7 b C	6,7 b B	7,3 a A	6,1
Sulfato alumínio-3x	5,9 f B	6,9 c A	7,2 a A	6,3 b B	7,4 a A	6,7
Superfosfato simples-1x	6,7 e B	6,9 c B	7,3 a A	7,4 a A	7,6 a A	7,2
Superfosfato simples-2x	7,1 e A	7,0 c A	7,4 a A	7,6 a A	7,6 a A	7,3
Superfosfato simples-3x	7,3 d A	7,3 b A	7,4 a A	7,6 a A	7,4 a A	7,4
Média	7,4	7,3	7,4	7,3	7,5	
CV (%)	5,46					

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

O pH apresentou uma variação de comportamento entre os condicionadores, onde os tratamentos alcalinizantes como o CC (CaCO_3) e o CH ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), promoveram aumentos significativos dos valores do pH em relação à testemunha, respectivamente até o 4º e 1º Lote. Maiores valores de pH através do uso de cal hidratada e/ou carbonatos misturados às camas de frango também foram observados por Lucca et al. (2012), Medeiros et al. (2008) e Oliveira et al. (2004).

Os tratamentos SSP ($(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e SA ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$), reduziram o pH significativamente em relação à testemunha, principalmente até o 4º Lote (Tabela 2). Resultados semelhantes foram observados por Lucca et al. (2012) e Kim et al. (2012), Medeiros et al. (2008) e Oliveira et al. (2004) para o SSP e por Loch et al. (2011), para o SA. Por outro lado, o GA ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), não apresentou diferenças de pH com relação a testemunha, convergindo com o observado por Loch et al. (2011) e Oliveira et al. (2004) e divergindo da observação de Kim et al. (2012) Kim et al. (2012) os quais verificaram que, embora esta seja uma substância alcalina, o GA pode apresentar efeito de acidificação significativo.

Os comportamentos descritos acima ocorrem pelas reações que estes compostos sofrem quando aplicados à cama de frangos. Isto é, o CC e o CH tendem, ambos, a liberarem 2 mols de OH^- para cada mol de produto aplicado, promovendo o aumento do pH. O SSP e o SA irão liberar respectivamente 4 e 6 mols de H^+ para cada mol aplicado, acidificando desta forma o sistema. E o GA, em seu processo de dissociação, não libera H^+ nem OH^- de forma significativa, não influenciando assim no pH. Com base na quantidade aplicada na dose 100% dos produtos, estima-se que o CC tenha acrescentado 10 mols de OH^- , a CH 8,1 mols de OH^- , o SA 10,34 mols de H^+ , o SSP 5,13 mols de H^+ e o GA 0,0 mols de H^+ ou OH^- .

Os maiores efeitos no pH foram observados na adição do SA, pela acidificação do meio e, no CH, pela alcalinização, sendo também significativo, para ambos, o manejo de aplicação, conforme mostra a Tabela 2. No primeiro lote este manejo se caracteriza por três doses diferenciadas, evidenciando que, dentro da faixa avaliada, quanto maior a quantidade aplicada destes dois condicionadores (100, 50 e 33%), maior é o efeito no pH.

O SSP e o CC exerceram efeitos menos significativos em comparação ao SA e o CH, porém diferiram da testemunha (Tabela 2). O menor efeito do SSP em relação ao SA pode estar relacionado à menor quantidade de H^+ que este incorpora ao meio e à menor solubilidade deste material. Com relação ao CC, embora tenha fornecido uma quantidade maior de OH^- ao sistema, a sua menor solubilidade e, o fato de sua solubilização estar vinculada ao pH do meio, resulta que as duas maiores doses aplicadas no primeiro lote apresentaram o mesmo valor de pH (8,4). Neste pH a dissolução do CC acaba por ser muito baixa, provocando o tamponamento do meio, o que fica evidente com o passar dos lotes pois o efeito residual do CC ocorre de forma diferenciada nos dois manejos (1 e 2 aplicações) no lote 4.

O efeito da menor solubilidade dos compostos na ação residual destes é observado também para o SSP, pois as duas aplicações deste condicionador apresentam, no 4º lote, pH mais ácido que o manejo 3x deste condicionador, embora neste lote tenha ocorrido uma nova aplicação de SSP de 33% da dose cheia, resultando já em 66% da dose total, mas devido a solubilidade não supera o efeito dos 50% da dose que foi aplicado no manejo 2x. Assim, neste lote o efeito superior do SA desaparece, assemelhando-se com os resultados de pH do SSP no manejo 1x e 2x. Nenhum dos tratamentos avaliados apresentou efeito residual maior que quatro lotes, sendo os efeitos significativos com relação à testemunha nos lotes posteriores ao 4º, originados por novas aplicações de SA, exclusivamente (Tabela 2).

Houve interação significativa entre os condicionadores químicos e os lotes, independente da forma de aplicação da dose (única, parcelada em duas aplicações e parcelada em três aplicações) em todos os lotes avaliados para amônia. Nesse sentido, somente a aplicação de CH no manejo 2x e 3x não reduziram significativamente a volatilização da amônia. Os valores diferiram entre os tratamentos demonstrando que o SA, independente da dose aplicada no primeiro lote, foi o mais eficiente. Com desempenho semelhante a este, somente o SSP no manejo de aplicação única. Verifica-se a ação das doses menores de SSP aplicadas no 1º lote, com mesma resposta que o GA em todas as doses aplicadas e a ação do CC (Tabela 3).

A ação do SA e do SSP na redução da volatilização de amônia é reconhecida na literatura (Kim et al., 2012; Medeiros et al., 2008; Oliveira et al., 2004). Contudo, Oliveira et al. (2004) não encontraram resposta com a aplicação de SSP, com uma dosagem de 3%, que está dentro das faixas avaliadas neste trabalho. A tendência encontrada no presente estudo foi observada por Medeiros et al. (2008), com diferentes níveis de inclusão de condicionadores químicos (1%, 2%, 3%, 4% e 5% em relação ao peso da cama) em um lote apenas, com o objetivo de diminuir a volatilização de amônia, pois o sulfato de alumínio, seguido do superfosfato simples foram os principais condicionadores a reduzir a volatilização de amônia, sendo que quanto maior a quantidade aplicada, menor foi a volatilização de amônia.

Rashid et al. (2017), ao avaliar o uso de sulfato de alumínio ($25g\ kg^{-1}$), carbonato de cálcio ($50\ g\ kg^{-1}$) e combinação dos dois tratamentos, em mesma dosagem de cada, observaram eficiência do sulfato de alumínio na redução da volatilização de amônia em cama de aviário, com redução de 81,5 e 79,5 % de emissão para o tratamento de sulfato de alumínio isolado e combinado com carbonato de cálcio, respectivamente, enquanto o carbonato de cálcio apresentou redução de apenas 6,7% na volatilização de amônia, não se diferenciando estatisticamente da área de controle, sem aplicação de condicionadores.

Tabela 3. Amônia volatilizada em diferentes lotes de camas de frango tratadas com condicionadores químicos submetidos a diferentes formas de parcelamento da dose (única (1x), duas vezes (2x) e três vezes (3x)).

Tratamentos	Amônia Volatilizada (g kg ⁻¹)					Média
	1º Lote	4º Lote	5º Lote	7º Lote	8º Lote	
Testemunha	1,37 a A	1,29 a A	1,17 a A	0,76 a B	0,95 a B	1,10
Cal hidratada-1x	1,02 b A	1,28 a A	1,07 b A	0,66 a B	0,97 a A	1,00
Cal hidratada-2x	1,44 a A	1,02 a B	1,02 b B	0,59 a C	0,97 a B	1,01
Cal hidratada-3x	1,29 a A	1,04 a B	0,99 b A	0,65 a C	0,92 a B	0,98
Calcário calcítico-1x	0,97 b A	1,20 a A	1,05 b A	0,73 a B	1,05 a A	1,00
Calcário calcítico-2x	0,94 b B	1,10 a A	1,32 a A	0,70 a B	0,95 a B	1,00
Calcário calcítico-3x	1,13 b A	0,96 a A	1,10 b A	0,63 a B	1,03 a A	0,97
Gesso agrícola-1x	0,41 c B	1,04 a A	0,97 b A	0,91 a A	1,13 a A	0,89
Gesso agrícola-2x	0,55 c B	0,96 a A	0,82 b A	0,58 a B	1,07 a A	0,80
Gesso agrícola-3x	0,63 c A	0,10 b A	0,86 b A	0,67 a B	0,99 a A	0,77
Sulfato alumínio-1x	0,04 d B	1,12 a A	1,04 b A	0,95 a A	1,00 a A	0,83
Sulfato alumínio-2x	0,02 d C	0,66 b B	0,04 c C	0,67 a B	1,02 a A	0,48
Sulfato alumínio-3x	0,22 d D	0,72 b C	1,32 a A	0,36 b D	1,00 a B	0,72
Superfosfato simples-1x	0,28 d C	0,98 a A	1,02 b A	0,59 a B	0,97 a A	0,76
Superfosfato simples-2x	0,60 c B	1,15 a A	0,83 b A	0,63 a B	0,95 a A	0,83
Superfosfato simples-3x	0,69 c A	0,77 b A	0,92 b A	0,28 b B	0,90 a A	0,71
Média	0,72	1,00	0,97	0,65	0,99 a	
CV (%)	24,14					

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Com relação ao GA, Oliveira et al. (2003) também obtiveram respostas significativas com este condicionador para a redução da volatilização de amônia, embora com dosagens bem mais altas (40%). Contudo, a inexistência de efeito significativo deste condicionador é comum, assim como, a inexistência de efeito relacionado ao uso de cal hidratada e calcários (Lucca et al., 2012; Oliveira et al., 2003; Oliveira et al., 2004).

É notória a relação do pH com os índices de volatilização de amônia. Neme et al. (2000), afirmam que a liberação de amônia é menor quando o pH da cama está abaixo de 7,0, mas é substancial quando está acima de 8,0, pois, decomposição do ácido úrico é mais favorecida em condições de pH alcalino. No presente estudo o SA e SSP foram os condicionadores que proporcionaram os menores valores de pH (Tabela 2), aliados aos menores índices de emissão de amônia (Tabela 3). Contudo, mesmo os tratamentos que aumentaram o pH (CC e CH), ou não influenciaram este (GA) (Tabela 2), responderam positivamente na redução na volatilização da amônia (Tabela 3).

O efeito residual dos condicionadores foi baixo para todos os produtos, sendo que nenhum deles, independente da forma de aplicação, apresentou efeito até o 8º lote, conforme aponta Tab. 3. No 4º lote a reaplicação de 1/3 da dose de GA, SA e SSP resultou em resposta significativa. Além destes, somente o manejo 2x do SA apresentou diferença significativa ao não se diferir da testemunha. A maior retenção inicial de amônia na dosagem única do SA pode estar sendo liberada quando as condições ficam desfavoráveis para a retenção ao final do ciclo. No 5º Lote ocorreram respostas significativas, vinculadas ao somatório das aplicações no 4º e 5º lotes dos tratamentos, sendo a melhor resposta do SA no manejo 2x (aplicação novamente de 50% do

total), sendo que no 7º lote somente a reaplicação de SA e SSP nos manejos de aplicação em 3 etapas (3x) apresentaram efeito significativo.

No 8º lote, quando todos os tratamentos já houveram obtido 100% da dose proposta o efeito residual foi inexistente, sendo os melhores resultados similares a testemunha, tanto no pH (Tabela. 2), quanto na volatilização de amônia (Tabela 3). O teor de N na cama de frango pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4. Teor de nitrogênio (N) em diferentes lotes de camas de frango tratadas com condicionadores químicos submetidos a diferentes formas de parcelamento da dose (única (1x), duas vezes (2x) e três vezes (3x)).

Tratamentos	Teor de N (g kg ⁻¹)					Média
	1º Lote	4º Lote	5º Lote	7º Lote	8º Lote	
Testemunha	14,2 b B	14,9 b B	20,7 a A	19,1 a A	19,8 a A	17,7
Cal hidratada-1x	13,3 c B	17,9 b A	18,4 a A	17,3 b A	20,1 a A	17,4
Cal hidratada-2x	13,8 b B	18,2 a A	19,3 a A	18,9 a A	20,1 a A	18,1
Cal hidratada-3x	11,9 c B	20,1 a A	19,1 a A	19,1 a A	19,5 a A	17,9
Calcário calcítico-1x	12,3 c B	19,6 a A	18,4 a A	18,0 b A	18,7 a A	17,4
Calcário calcítico-2x	17,2 a A	16,8 b A	18,7 a A	17,3 b A	19,1 a A	17,8
Calcário calcítico-3x	16,1 a B	18,9 a A	19,4 a A	18,6 a A	19,6 a A	18,5
Gesso agrícola-1x	11,9 c B	20,3 a A	20,3 a A	19,1 a A	19,8 a A	18,3
Gesso agrícola-2x	12,8 c B	19,1 a A	18,9 a A	17,5 b A	20,8 a A	17,8
Gesso agrícola-3x	14,0 b B	18,9 a A	21,2 a A	19,8 a A	20,7 a A	18,9
Sulfato alumínio-1x	14,2 b C	17,3 b B	20,1 a A	18,7 a B	20,5 a A	18,2
Sulfato alumínio-2x	12,6 c B	20,0 a A	20,7 a A	19,8 a A	19,6 a A	18,5
Sulfato alumínio-3x	13,0 c B	17,1 a A	19,6 a A	20,7 a A	10,9 a A	15,0
Superfosfato simples-1x	12,1 c C	19,6 a A	21,0 a A	15,6 b B	18,9 a A	17,4
Superfosfato simples-2x	13,3 c B	17,4 b A	20,1 a A	18,7 a A	19,1 a A	17,8
Superfosfato simples-3x	8,8 d B	18,6 a A	20,5 a A	19,4 a A	19,6 a A	17,4
Média	13,2	18,0	19,8	18,6	19,2	
CV (%)	9,39					

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, minúscula na coluna e maiúscula na linha, pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Em relação à quantidade de nitrogênio presente na cama nos diferentes tratamentos, esperava-se que nos tratamentos que apresentaram menores perdas de nitrogênio na forma de amônia para atmosfera, em especial o sulfato de alumínio, como exposto na Tabela 3, apresentassem maiores teores de nitrogênio, porém tal evidência não foi confirmada em nenhum dos lotes avaliados (Tabela 4).

Contudo, se observa que, em geral, todos os tratamentos apresentaram incremento no teor de N do 1º para o 4º lote, quando os valores médios passaram de 13,2 g kg⁻¹ de N para 18,0 g kg⁻¹ N, mantendo-se semelhantes, a partir daí, até o 8º lote (Tabela 4). O menor teor de N apresentado no 1º lote deve-se possivelmente à menor quantidade de resíduos fecais das aves depositadas no lote inicial, por conta do pouco tempo de permanência das aves sobre a cama, convergindo com as observações de Bedin (2017). Contudo, a similaridade nos teores de N observada à medida que se aumentou o número de lotes, converge

com as observações de Bedin (2017) e Tabolka (2016), os quais também não encontraram grandes variações no teor deste nutriente quando, respectivamente, os aviários receberam o 7º a 11º lote ou 8º lote.

4. Conclusão

O sulfato de alumínio e o superfosfato simples acidificaram o sistema, a cal hidratada e o calcário calcítico aumentaram o pH e o gesso agrícola não alterou o pH.

Exceto o tratamento com a cal hidratada, os demais tratamentos diminuíram a volatilização de amônia quando comparados à testemunha no primeiro lote, destacando-se o sulfato de alumínio com melhor eficiência, seguido do superfosfato simples e o gesso agrícola. Nenhum dos tratamentos avaliados apresentou efeito residual até o 8º lote.

A aplicação parcelada dos condicionadores mostra-se um processo promissor para a manutenção das condições adequadas da cama, relacionadas à diminuição da volatilização de amônia por um período maior. Contudo, não foram observados incrementos nos teores de N nos mesmos tratamentos supracitados.

Agradecimentos

A CAPES e CNPq pelo aporte financeiro ao projeto, bolsa PQ do orientador e bolsas de apoio aos pós-graduandos.

Referências

- Avila, V. S. de, Oliveira, U. de, Figueiredo, E. A. P. de, Costa, C. A. F., Abreu, V. M. N., & Rosa, P. S. (2008). Avaliação de materiais alternativos em substituição à maravalha como cama de aviário. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(2), 273–277. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982008000200013>
- Bedin, F. C. B. (2017). Espectroscopia no infravermelho próximo para avaliação dos teores de N, P, K E C em cama de aviário [Universidade Tecnológica Federal do Paraná]. In Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 44(8). <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Carvalho, T. M. R., Moura, D. J., Souza, Z. M., Souza, G. S., & Medeiros, B. B. L. (2011). Qualidade da Cama e do Ar em Diferentes Condições de Alojamento de Frangos de Corte em Fase de Aquecimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1, 351–361. <https://doi.org/10.12702/ii-sgea-a43>
- Choi, I. H., & Moore Jr, P. A. (2008). Effects of liquid aluminum chloride additions to poultry litter on broiler performance, ammonia emissions, soluble phosphorus, total volatile fatty acids, and nitrogen contents of litter. *Poultry Science*, 87(10), 1955–1963. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00053>
- Coufal, C. D., Chavez, C., Niemeyer, P. R., & Carey, J. B. (2006). Effects of top-dressing recycled broiler litter on litter production, litter characteristics, and nitrogen mass balance. *Poultry Science*, 85(3), 392–397. <https://doi.org/10.1093/ps/85.3.392>
- Do, J. C., Choi, I. H., & Nahm, K. H. (2005). Effects of chemically amended litter on broiler performances, atmospheric ammonia concentration, and phosphorus solubility in litter. *Poultry Science*, 84(5), 679–686. <https://doi.org/10.1093/ps/84.5.679>
- Embrapa. (1999). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*.
- Ferreira, H. A., Oliveira, M. C., & Traldi, A. B. (2004). Effect of chemical conditioners in the poultry litter on the broiler performance. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 56(4), 542–546. <https://doi.org/10.1590/s0102-09352004000400017>
- Kim, C. M., Choi, J. H., & Choi, I. H. (2012). Effect of alum (top-dressed and mixed) with rice hulls on pH and ammonia emissions from poultry houses. *African Journal of Biotechnology*, 11(55), 11838–11841. <https://doi.org/10.5897/ajb11.3832>
- Lee, G. D., Kim, S. C., & Choi, I. H. (2013). Using anhydrous aluminum chloride with calcium carbonate to reduce ammonia volatilization and increase nitrogen content from poultry litter. *Journal of Poultry Science*, 50(2), 172–176. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0120139>
- Loch, F. C., de Oliveira, M. C., da Silva, D., Gonçalves, B. N., de Faria, B. F., & Menezes, J. F. S. (2011). Quality of poultry litter submitted to different treatments in five consecutive flocks. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(5), 1025–1030. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000500013>
- Lucca, W., Cecchin, R., Timbola, E., Gradin, J., & Lucca, M. S. (2012). Efeito de diferentes tratamentos químicos em cama para aves de corte. *Revista Agroambiental*, 4(1), 25–31. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v4n12012371>
- Medeiros, R., Santos, B. J. M., Freitas, M., Silva, O. A., Alves, F. F., & Ferreira, E. (2008). A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama de frango. *Ciencia Rural*, 38(8), 2321–2326. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000800035>
- Miragliotta, M. Y. (2000). Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciados. http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257526/1/Miragliotta_MiwaYamamoto_M.pdf
- Moore, P. A., Daniel, T. C., Edwards, D. R., & Miller, D. M. (1996). Evaluation of chemical amendments to reduce ammonia volatilization from poultry litter. *Poultry Science*, 75(3), 315–320. <https://doi.org/10.3382/ps.0750315>

- Neme, R., Sakomura, N. K., Oliveira, M. D. S. de, Longo, F. A., & Figueiredo, A. N. (2000). Adição de gesso agrícola em três tipos de cama de aviário na fixação de nitrogênio e no desempenho de frango de corte. *Ciência Rural*, 30(4), 687–692. <https://doi.org/10.1590/s0103-8478200000400022>
- Oliveira, Maria Cristina de, Almeida, C. V., Andrade, D. O., & Rodrigues, S. M. M. (2003). Dry matter content, pH and volatilized ammonia from poultry litter treated or not with different additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(4), 951–954. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982003000400022>
- Oliveira, Maria Cristina de, Goulart, R. B., & Silva, J. C. N. da. (2002). Efeito De Duas Densidades E Dois Tipos De Cama Sobre a Umidade Da Cama E a Incidência De Lesões Na Carcaça Defrango De Corte. *Ciência Animal Brasileira*, 3(2), 7–12. <https://doi.org/10.5216/cab.v3i2.291>
- Oliveira, M. C., Ferreira, H. A., & Cancherini, L. C. (2004). Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 56(4), 536–541. <https://doi.org/10.1590/s0102-09352004000400016>
- Rashid, A., Banday, M. T., Adil, S., Khan, A. A., Qureshi, S., Untoo, M., & Pal, M. A. (2017). Effect of chemically treated litter on ammonia emission, performance and carcass characteristics of broiler chicken. *Journal of World's Poultry Research*, 7(2), 88–93.
- Sampaio, M. A. P. M., Schocken-Iturrino, R. P., Sampaio, A. A. M., & Berchielli, S. C. P. (1999). Estudo da população microbiana e da liberação de amônia da cama de frango tratada com gesso agrícola. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 51, 559–564.
- Silva, D. J., & Queiroz, A. C. (2002). *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. UFV.
- Tabolka, C. L. (2016). Características químicas do solo e desempenho de culturas após quatro anos de aplicações de cama de aviário em diferentes épocas e níveis [Universidade Tecnológica Federal do Paraná]. In Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 9(2).