

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**LEONARDO ANDRÉ FIALKOWSKI BORDIGNON**

**EFEITO DE CONDICIONADORES QUÍMICOS SOBRE A QUALIDADE DA  
CAMA DE FRANGO**

**DISSERTAÇÃO**

**DOIS VIZINHOS**

**2013**

**LEONARDO ANDRÉ FIALKOWSKI BORDIGNON**

**EFEITO DE CONDICIONADORES QUÍMICOS SOBRE A  
QUALIDADE DA CAMA DE FRANGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia – Área de Concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição

Co-Orientador: Prof. Dr. Augusto Vaghetti Luchese

**DOIS VIZINHOS**

**2013**

B729e Bordignon,Leonardo André Fialkowski.  
Efeitos de condicionadores químicos sobre a qualidade da  
cama de frango / Leonardo André Fialkowski Bordignon–  
Dois Vizinhos : [s.n], 2013.  
66f.;il.

Orientador: Paulo Cesar Conceição  
Co-orientador: Augusto Vaghetti Luchese  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Dois  
Vizinhos, 2013.  
Inclui Bibliografia

1. Avicultura. 2. Pragas-controle. I. Conceição,Paulo Cesar,  
orient. II. Luchese,Augusto Vaghetti. III.Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos. IV. Título.

CDD: 636.50896



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Dois Vizinhos  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**



## TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 012

**Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango**

por

**Leonardo André Fialkowski Bordignon**

Dissertação apresentada às oito horas e trinta minutos do dia nove de julho de dois mil e treze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, Linha de Pesquisa – Produção e Nutrição Animal, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Produção animal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho. ....

Banca examinadora:

---

**Dr. Paulo Cesar Conceição**  
UTFPR - DV

---

**Dr. Laércio Ricardo Sartor**  
UTFPR - DV

---

**Dr. Augusto Vaghetti Luchese**  
UTFPR - MD

Visto da Coordenação:

---

**Prof. Dr. Ricardo Yuji Sado**  
Coordenador do PPGZO

\*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

A Minha mãe Maria Madalena F. Bordignon

Ao meu pai Oswaldo José Bordignon

Aos meus irmãos Vinicius e Heloísa

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida, pela oportunidade de realizar este sonho e por ter me amparado nos momentos mais difíceis, dando força para persistir e conquistar os meus objetivos;

Aos meus pais, Oswaldo José Bordignon e Maria Madalena Fialkowski Bordignon, pelo amor incondicional, pela educação, pelos ensinamentos, pelos valores criteriosamente estabelecidos e pelo apoio sempre prestado nos momentos difíceis da minha vida;

Aos meus irmãos, Vinicius e Heloisa, por me estimular sempre a alcançar meus objetivos;

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, e ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado;

Ao meu orientador Professor Paulo Cesar Conceição, pelas sábias orientações, paciência, dedicação e conselhos.

A todos os professores e colegas do PPGZO pelo ensinamento e troca de experiências ao longo desse período, em especial aos Professores Laercio Sartor e Augusto Luchese, pela ajuda e orientação dos procedimentos necessários para o cumprimento correto das análises necessárias;

Aos estagiários e colegas do Grupo de Pesquisa em Manejo do Solo (Cristiane, Jaqueline, Nilson, Gilvanei, Ana, Emanuel, Carol), que auxiliaram durante o desenvolvimento do projeto;

Ao Sr. Valtuir Mezzalira pelo auxílio prestado durante o período de condução do experimento a campo;

A empresa Brasil Foods por ter permitido a realização desse projeto nas instalações de seu parceiro;

E a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho, meu muito obrigado!

## RESUMO

BORDIGNON, Leonardo André Fialkowski. Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango. 2013. 66 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Nutrição e Produção Animal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2013.

A produção avícola vem crescendo em grandes proporções em todo o Brasil ao longo dos anos, especialmente na região sul do país, sendo uma atividade produtora de resíduos, como a cama de aviário, merecendo grande atenção nas pesquisas na área. O experimento foi desenvolvido em aviário comercial de frango de corte localizado nas dependências da UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, onde foram avaliados cinco condicionadores químicos, cal hidratada, gesso agrícola, sulfato de alumínio, super fosfato simples e calcário calcítico, com diferentes formas de parcelamento/aplicação da dose: aplicação única (realizada apenas no primeiro lote) aplicação dividida em duas vezes (primeira parte realizada no primeiro lote e a segunda realizada no quinto lote) e aplicação dividida em três vezes (aplicações realizadas no primeiro, quarto e sétimo lote) e seu desempenho no que se refere à liberação de amônia e CO<sub>2</sub> para o ambiente, bem como a composição química do substrato. A aplicação dos tratamentos foi realizada no intervalo entre lotes, onde foram instalados 64 quadros de madeira (boxes) com dimensões de 0,5 m (largura) x 1,0m (comprimento) x 0,10 (altura) , que ficaram alocados na área de pinteiro, e cada quadro representou uma unidade experimental. Após aplicação dos tratamentos foram coletados cerca de 200g de amostra por quadro, que foram utilizadas para realização das análises químicas (pH, teor de nutrientes, umidade, amônia volatilizada e CO<sub>2</sub> respirado). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (16X5) e quatro repetições, sendo o fator “A” composto por 16 tratamentos (cinco condicionadores químicos e três formas de aplicação, mais uma testemunha) e fator “B” composto por cinco lotes avaliados. O teste utilizado foi de comparação de médias, Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. Dentre os condicionadores testados e formas de aplicação da dose utilizadas, o sulfato de alumínio apresentou os melhores resultados para diminuição do pH e volatilização de amônia, principalmente quando aplicado de forma parcelada, seguido do superfosfato simples, já a cal hidratada e o calcário não contribuíram para diminuição da volatilização de amônia, resultando em comportamento semelhante ao da testemunha. O gesso agrícola contribui para diminuição na emissão de dióxido de carbono quando aplicado de forma única e parcelada. Nenhum dos condicionadores, na quantidade e formas de aplicações testadas, possui capacidade para alterar o teor de umidade do substrato, sendo que o teor de umidade não foi diferente do manejo usual do aviário, sem utilização de condicionadores. Para os teores de nutrientes da cama, não foram observados ganhos significativos na composição química final, quando avaliado N e K da cama com o uso de condicionadores químicos e diferentes formas de aplicação, quando analisado a cama do último lote. Porém os tratamentos contendo superfosfato simples foram observadas diferença significativa na média, quando comparado com outros tratamentos, devido a composição do superfosfato simples.

**Palavras-chave:** Condicionadores. Volatilização. Avicultura.

## ABSTRACT

BORDIGNON, Leonardo André Fialkowski Bordignon. Effect of chemical conditioners on the quality of poultry litter. 2013. – 66 F. Dissertation MSc in Animal Science) - Graduate Program in Animal Sciences (Area of Concentration: Nutrition and Animal Production), Federal Technological University of Parana. Dois Vizinhos, 2013.

Poultry production has grown in large proportions in Brazil over the years, especially in the southern region of the country, being an activity that produced the waste, such as poultry litter, deserving great attention in the research area. The experiment was conducted on avian commercial broiler located on the premises of UTFPR Campus Dois Vizinhos were evaluated in five chemical conditioners: hydrated lime, gypsum, aluminum sulphate, single super phosphate and limestone, with different forms of installment or application rate; i) single (performed only in the first batch) ii) application divided twice (first performed in the first batch and the second held in the fifth batch) and iii) divided into three application times (applications made in the first, fourth and seventh batch) and their performance with regard to the release of CO<sub>2</sub> and ammonia to the environment as well as the chemical composition of the substrate. The spraying was performed in the interval between batches, which were installed 64 wooden frames (boxes) with dimensions of 0.5 m (width) x 1.0 m (length) x 0.10 (height), which were allocated in brooding area, and each table represented an experimental unit. After application of the treatments were collected about 200g sample per frame, which were used for the chemical analyzes (pH, nutrient content, moisture, ammonia volatilized and respired CO<sub>2</sub>). Was used a completely randomized factorial (16x5) and four replicates, where the factor "A" consists of 16 treatments (five and three chemical conditioners application forms, plus a control) and Factor "B" consists of five lots evaluated. The test was used to compare means, Scott Knott at 5% probability. Among conditioners and tested ways of applying the dose used, aluminum sulfate showed the best results for lowering the pH and ammonia volatilization, particularly when applied in a piecemeal manner, followed by superphosphate, as hydrated lime and limestone did not contribute to decrease in ammonia volatilization, resulting in behavior similar to the witness. The gypsum contributes to reduction in the emission of carbon dioxide when applied in a unique way and parcels. None of the conditioners, the amount and types of applications tested, has the capacity to change the moisture content of the substrate, while the moisture content was not different from the usual management of the aviary, without the use of conditioners. For the nutrient content of the poultry litter was not observed significant gains in final chemical composition, where N and K to the estimated poultry litter with the use of chemical conditioners and different forms of application, where the last analyzed poultry litter batch. However superphosphate containing treatments were observed significant difference in average, when compared with other treatments due to the composition of superphosphate.

Keywords: Conditioners. Volatilization. Poultry litter.

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b> - Condicionadores, Época de aplicação e Quantidade aplicada. ....	29
<b>Tabela 2</b> - Umidade (%) de camas de frango tratadas com condicionador químico com diferentes formas de aplicação da dose (única, duas vezes e em três vezes) em diferentes lotes .....	33
<b>Tabela 3</b> - pH de camas de frango tratadas com condicionador químico com diferentes formas de aplicação da dose (única, duas e três aplicações). ....	36
<b>Tabela 4</b> - Emissão de CO <sub>2</sub> de camas de frango tratadas com condicionador químico com diferentes formas de aplicação da dose (única, duas vezes e três vezes) em diferentes lotes.....	39
<b>Tabela 5</b> - Amônia volatilizada de camas de frango tratadas com condicionador químico em diferentes formas de aplicação da dose (única, duas vezes e três vezes).....	42
<b>Tabela 6</b> - Quantidade total de amônia volatilizada dos 8 lotes. ....	46
<b>Tabela 7</b> - Valores de N (g kg <sup>-1</sup> ) da cama de frango, em diferentes lotes, tratada com condicionadores químicos. ....	48
<b>Tabela 8</b> - Valores de P (g kg <sup>-1</sup> ) da cama de frango, em diferentes lotes, tratada com condicionadores químicos. ....	50
<b>Tabela 9</b> - Valores de K (g kg <sup>-1</sup> ) da cama de frango, em diferentes lotes, tratada com condicionadores químicos. ....	52

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
2.1 CAMA DE AVIÁRIO .....	13
2.2 POTENCIAIS POLUENTES .....	16
2.3 CONDICIONADORES QUÍMICOS.....	20
2.3.1 Principais produtos testados .....	21
2.3.2 Modo de ação.....	24
2.3.3 Doses e aplicação .....	25
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO .....	28
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	28
3.3 CONDICIONADORES UTILIZADOS E APLICAÇÃO .....	29
3.4 AVALIAÇÕES.....	30
3.4.1 Quantificação das emissões de CO <sub>2</sub> .....	30
3.4.2 Volatilização de amônia.....	31
3.4.3 Teor de Umidade.....	31
3.4.4 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	32
3.4.5 Análise de nutrientes.....	32
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	32
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>33</b>
4.1 UMIDADE (%) .....	33
4.2 pH.....	35
4.3 EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> AVALIADA POR INCUBAÇÃO.....	38
4.4 VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA AVALIADA POR INCUBAÇÃO.....	41
4.5 VOLATILIZAÇÃO TOTAL DE AMÔNIA (8 LOTES).....	45
4.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA (N, P e K) .....	47
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>54</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>55</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>56</b>
<b>8. APÊNDICES</b> .....	<b>65</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o início da produção de frangos no Brasil, a cadeia produtiva modernizou-se e continua buscando formas de melhorar o desempenho do setor, sendo uma das áreas mais organizadas do país, destacando-se das demais pelos resultados alcançados não só em produtividade e volume de abate, como também no desempenho econômico, onde têm contribuído de forma significativa para economia do país (GIROTTO & AVILA, 2003).

No ano de 2011 a produção de carne de frango no Brasil chegou a 13,1 milhões de toneladas, em um crescimento de 6,5% em relação a 2010, quando foram produzidas 11 milhões de toneladas, se aproximando assim da China, o segundo maior produtor mundial cuja produção de 2011 somou 13,2 milhões de toneladas, abaixo apenas dos Estados Unidos com 16,8 milhões de toneladas (ABEF, 2011).

O Brasil é destaque no cenário mundial como o maior exportador de carne de frango com 31% da produção total destinada ao mercado externo, atingindo 3,8 milhões de toneladas exportadas em 2010, aumentado cada vez mais a participação nos mercados do Oriente Médio. No Brasil, a região Sul é responsável por 70% da produção nacional de frangos (ABEF, 2011). Esses expressivos números de produção são facilmente justificados devido ao custo da carne de frango ao consumidor, pois é uma das proteínas mais barata quando comparada com a carne bovina e suína. Devido seu menor custo o consumo per capita vem aumentando a cada ano no Brasil, passando de 29,9 kg/hab/ano em 2000, para 47,4 kg<sup>-1</sup>/hab<sup>-1</sup>/ano<sup>-1</sup> em 2011, atingindo um novo recorde para o setor (ABEF, 2011).

Devido os números expressivos da produção avícola brasileira, a atividade vem acompanhada de problemáticas, sendo uma delas o destino dos resíduos gerados pelos ciclos de produção, e a cama de frango apresentando-se como o principal resíduo. Segundo Konzen & Alvarenga (2000) a criação de frangos de corte gera, em média, 4 kg de dejetos por ave durante um ano. Outra problemática é a produção de gases, gerado através da decomposição da matéria orgânica presente no substrato da cama, gerando efeitos deletérios para os

animais alojados, pessoas envolvidas diretamente com a atividade e ao meio ambiente.

Outro fato importante foi à proibição pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do uso deste resíduo para alimentação de ruminantes (Instrução Normativa nº 15, de 17 de julho de 2001) impossibilitando aos avicultores a venda da cama como insumo nutricional para pecuaristas. Conseqüentemente, os produtores tiveram que buscar outros meios de aproveitamento e/ou tratamento para a cama, como por exemplo, o uso como fertilizante (MENDES et al., 2008).

O Sudoeste do Paraná ocupa grande destaque no campo da produção avícola, devido à presença de grandes empresas do ramo avícola e constante expansão dos sistemas de produção tipo integração, empregada pelas mesmas.

Por isso, são de extrema relevância, estudos focados para minimização e caracterização dos dejetos avícolas, visto que existem poucos experimentos científicos abordando o uso de condicionadores químicos no tratamento da cama de aviário. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do uso de condicionadores químicos na cama de aviário, a influência dos condicionadores na volatilização de gases como a  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$ , nocivos para os animais, homem e ambiente, e também no valor nutricional de cama de aviário durante oito lotes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CAMA DE AVIÁRIO

No setor avícola, cama é todo o material distribuído sobre o piso de galpões para servir de leito às aves (PAGANINI, 2004), sendo uma mistura de excreta, penas das aves, ração e o material inicial utilizado sobre o piso. Vários materiais são utilizados como cama: maravalha, casca de amendoim, casca de arroz, casca de café, capim seco, sabugo de milho picado, entre vários outros, e seu uso e disponibilidade varia de acordo com cada região e época do ano (GRIMES, 2004). Geralmente, independente do substrato formador da cama de aviário, o material deve estar distribuído uniformemente por toda a extensão do piso do aviário, onde as aves estão condicionadas, atingindo de 5 a 8cm no verão e 8 a 10cm no inverno (LANA, 2000).

Embora tenha havido contínua expansão da avicultura e melhoria das tecnologias de produção, o material utilizado na preparação das camas dos aviários, tem se restringido à maravalha, principalmente na região sul do Brasil, a qual foi se tornando progressivamente mais escassa e com maior valor de mercado. A sua obtenção, em muitos casos, depende de fornecedores distantes, aumentando acentuadamente o custo, o que induz a utilização de materiais alternativos e a reutilização dos materiais, por vários lotes consecutivos (AVILA et al., 2007).

A reutilização da cama de frango consiste na utilização de um substrato para forração do piso do aviário durante vários ciclos de alojamento das aves. Ela tem sido uma importante forma de driblar dificuldades de disponibilidade de materiais para forração do piso do aviário, além de ser uma prática realizada pela quase totalidade dos avicultores (SANTOS, 2005).

Para que o reuso seja viabilizado é necessário que se faça a fermentação da cama ao final de cada lote, a fim de diminuir a carga microbiológica de acordo com as exigências internacionais, otimizando sua utilização, permitindo o bom desempenho do lote para exportação (SONODA, 2011).

A escolha do material a ser utilizado como substrato na cama é de relevante importância uma vez que no Brasil, há aproximadamente 4,98 bilhões

de aves de corte alojadas (IBGE, 2011). Ainda, considerando uma produção de 1,3 kg de cama por ave por ciclo (Bellaver & Palhares, 2003) é possível estimar que em 2011 no Brasil, a produção de cama foi de 6,5 milhões de toneladas. Diante deste contexto, a cama de aviário se destaca como opção de fertilizante por apresentar características físico-químicas adequadas para uso agrícola (PREUSCH et al., 2002).

A cama de frango foi fornecida para ruminantes por muito tempo, porém devido aos problemas sanitários ocorridos na Europa em 2001, como a encefalopatia espongiforme bovina (BSE), o Ministério da Agricultura publicou a Instrução Normativa nº15/2001, proibindo entre outros, a comercialização da cama de frango com a finalidade de alimentação para ruminantes.

Tal proibição se deve aos riscos de haver contaminação da cama com restos de ração que porventura tenha proteína de ruminantes em sua composição. Com esta correta proibição, o destino para cama de frango tornou-se restrito, sendo em sua maior parte destinada para a produção vegetal como fonte de nutriente para as plantas, se mostrando uma boa alternativa de adubação orgânica (FUKAYAMA, 2008).

A exploração da cama de aviário como fonte de adubo orgânico tem sido incrementada, existindo, entretanto pouca informação sobre a adequada disposição da mesma ao solo no tocante a épocas, doses de aplicação, velocidade de decomposição e potencial como fertilizante.

Apesar das vantagens do uso desse material para a fertilização dos solos, a cama de aviário utilizada em excesso pode trazer alguns problemas como a alcalinização dos solos, desequilíbrio nas relações entre cálcio e magnésio, lixiviação de íons tóxicos e metais pesados como nitrato, amônia, cobre e zinco (EMBRAPA, 2008).

Tendo em vista a produção total de cama em relação à área agrícola brasileira, percebe-se que há demanda para uma quantidade muito superior de nutrientes do que atualmente é produzido via cama (TESSARO, 2011). Entretanto, o problema é a forma concentrada de como estes resíduos estão sendo produzidos.

Nos principais estados produtores, como Santa Catarina, por exemplo, a quantidade de nutrientes gerados via produção de frangos excedem as

necessidades das culturas em algumas áreas localizadas, especialmente porque a produção de aves é frequentemente concentrada em regiões com pequenas propriedades, onde a disponibilidade de terras aptas para a aplicação da cama de aviário é limitada, saturando assim os solos dessas regiões com  $\text{NO}_3^-$  (ADAMI, 2012).

A compostagem deste resíduo no final da vida útil da cama, permite a produção de um biofertilizante sólido que pode ser exportado para fora das regiões produtoras, as quais geralmente, já se encontram saturadas dos nutrientes que causam impacto ambiental negativo. Os cuidados com o manejo da cama entre os ciclos produtivos são fundamentais, já que envolve um processo aeróbio e a ausência do oxigênio pode levar a um processo de degradação inadequado, com de maus odores (AIRES, 2009).

A composição química da cama de aviário é muito variável, dependendo muito do material formador do substrato e do número de ciclos produzidos na cama (TESSARO, 2011). Outra problemática é referente a informações bibliográficas que relatam os níveis de nutrientes presentes na cama de aviário, que na maioria dos trabalhos não são especificados claramente o material formador da cama e o número de ciclos criados sobre a mesma, sendo fatores fundamentais para condução de estudos futuros e aplicação do dejetos na produção vegetal.

Em estudo realizado por Santos (1997), referente a teores de macro nutrientes em três diferentes tipos de substrato formadores da cama de frango (napier, mistura de napier + maravalha e maravalha) após dois ciclos de criação, constatou que houveram aumentos, com a reutilização da cama ( $P < 0,01$ ), nos teores de nitrogênio (38%), fósforo (20%), potássio (6%), cálcio (12%) e magnésio (6%).

A concentração de nutrientes também é variável de acordo com finalidade de produção. Quando comparadas as concentrações de minerais entre frangos de corte e aves de postura, observa-se a alta relação entre a nutrição e a quantidade de nutrientes nas excretas (EYNG, 2009).

Para as aves de postura e matrizes, as exigências nutricionais são formuladas para se obter ótimo desempenho em produção de ovos e no caso de matrizes, para formação do ovo e do embrião. Com isso, as quantidades de

minerais, principalmente cálcio e fósforo, apresentam-se superiores às fornecidas para frangos de corte (FUKAYAMA, 2008).

É importante que nutrientes, como cálcio e fósforo, sejam evitados em altos níveis (adequado manter a relação Ca:P em 2:1) para dietas de frangos de corte, pois além de afetar o desempenho, pode aumentar a contaminação ambiental, devido a maior excreção desses nutrientes não aproveitados pelo animal, sendo eliminado nas excretas (ROSTAGNO, 2005).

A composição química da cama, esta diretamente ligada à dieta fornecida as aves e atualmente a nutrição esta passando por modificações, com o objetivo de reduzir a excreção de elementos poluentes, por meio do fornecimento de dietas mais balanceadas, conceito de proteína ideal e do uso de aditivos em rações (enzimas, por exemplo) para melhorar a eficiência de nutrientes contidos nos alimentos pelos animais, conseqüentemente alterando a composição química do substrato e diminuindo o impacto ambiental (SILVA et al., 2006).

## 2.2 POTENCIAIS POLUENTES

Os resíduos de aviários apresentam o potencial de ser tanto um recurso como um poluente. Quando adequadamente usados apresentam riscos ambientais mínimos. Quando manipulados de forma imprópria, no entanto, podem degradar o ambiente e causar dificuldades para a condução da atividade junto à comunidade.

Seguir boas práticas de manejo de resíduos é absolutamente essencial para o desenvolvimento da avicultura. Fontes poluidoras, quando mal manejadas, podem provocar a degradação da água em áreas rurais, através da lixiviação e escoamento de águas superficiais com potenciais contaminantes, atingindo os lençóis freáticos em áreas pecuárias e agrícolas de exploração intensiva. Os poluentes potenciais encontrados em esterco de aves que podem alcançar os corpos de água, são nutrientes minerais, substâncias que demandam oxigênio, materiais em suspensão e patógenos (SEIFFERT, 2000).

Os problemas ambientais que vem recebendo atenção especial nos últimos anos, não apenas no que se refere à avicultura, mas a produção animal em geral, é o alto potencial de emissão de gases de efeito estufa proveniente da

degradação dos dejetos em locais inapropriados e também os gases gerados nas instalações e espaços utilizados para produção dos animais, proveniente das excretas.

Segundo a United Nations Framework Convention on Climate Change (1998) 20% das emissões mundiais de gases de efeito estufa são provenientes das atividades agropecuárias, sendo o metano (produzido durante a degradação da matéria orgânica em meio anaeróbio) e o óxido nitroso (produzido em meios anaeróbios utilizando os compostos nitrogenados de natureza orgânica ou inorgânica) os principais gases envolvidos. Estes gases diminuem a transmissão da radiação solar que é refletida da superfície da terra para o espaço contribuindo assim para o aumento da temperatura global (AIRES, 2009).

A finalidade da tecnologia de manejo de resíduos é aproveitar todos os nutrientes disponíveis com mínimas perdas para o ambiente. Os resíduos sólidos de frangos incluem a cama ou crostas ao final de cada ciclo de produção e a mortalidade diária (OVIEDO-RONDÓN, 2008).

Quando a cama de aviário é aplicada no solo e a mesma não é corretamente dimensionada para cada terreno, sendo os teores de nutrientes (N, P e K) do substrato levados em conta na definição das doses utilizadas, esta pode acarretar a degradação de águas em áreas rurais. Segundo Krieder et al., (1992), o escoamento de água pluvial, de pastagens fertilizadas com excesso de esterco de aves, pode também conduzir à rede de drenagem concentrações elevadas de amônia. A amônia não ionizada ( $\text{NH}_3$ ) dissolvida na água, pode ser tóxica para peixes, mesmo em baixas concentrações. A agência americana de proteção ambiental, estabelece um limite de  $0,02 \text{ mg L}^{-1}$  de N na forma de  $\text{NH}_3$  em águas, para proteção da vida aquática (SEIFFERT, 2000).

O nitrato pode ser a maior forma contaminante do lençol freático quando níveis excessivos de cama de frangos são utilizados como adubo. Estes nitratos são solúveis em água e são transportados pela solução do solo às raízes das plantas, mas também ao lençol freático, onde podem contaminar suprimentos de água potável subterrânea (OVIEDO-RONDÓN, 2008).

Ainda dentro da contaminação química, ocorrem os resíduos oriundos das dietas de frangos contendo antibióticos, coccidiostatos ou larvicidas aplicadas na cama também podem ser encontrados em resíduos avícolas. Os antibióticos são

cada vez menos frequentes devido à restrição, voluntária ou mandatória, da adição destes produtos na ração das aves, pressionada principalmente pelos consumidores. Sendo assim, a maioria das empresas avícolas não utilizam nenhum aditivo químico, ou somente há utilização de alguns produtos muito específicos em circunstâncias com alta incidência de doenças (WILLIAMS et al., 1999).

Um problema muito comum ao manejar a cama durante o ciclo produtivo é a liberação para a atmosfera de certa quantidade de nitrogênio na forma de gás amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). O processo é o resultado da atividade de microrganismos sobre o composto orgânico, que são convertidos para  $\text{NH}_3$ . Consequências dessa perda são a diminuição da quantidade de nitrogênio disponível na compostagem dos materiais e o aumento da poluição do ar (PROCHNOW, 1995).

Dentro da emissão de gases gerada pela atividade avícola, a amônia ( $\text{NH}_3$ ) é considerada como o gás mais nocivo produzido em galpões de frangos além de afetar a saúde das aves. A emissão de amônia dos galpões de frangos é muito variável. Estas emissões dependem de vários fatores incluindo o tipo de ventilação, a idade da cama e a duração do ciclo de produção dos frangos (OVIEDO-RONDÓN, 2008).

A amônia é um gás incolor e irritante, gerado a partir da decomposição do ácido úrico e de compostos nitrogenados, não digeridos, excretado nas fezes, que causa significativas perdas econômicas para os criadores e integradores de aves (Ferreira, 2010). O controle deste gás não é simples, mas é relativamente de baixo custo tendo em vista o retorno do investimento. A maioria dos criadores desconhecem as perdas ocasionadas pela concentração de amônia em seus galpões.

Níveis de amônia até  $50 \text{ mg L}^{-1}$  não são percebidos como nocivos pelos criadores. Teoricamente, o olfato humano não detecta a presença de amônia em níveis abaixo de  $20 \text{ mg L}^{-1}$ . Além disso, os humanos perdem a sua sensibilidade olfativa depois de longas ou repetidas exposições ao mesmo odor, sendo assim as aves são afetadas muito antes que o problema seja percebido ou identificado por seus criadores (OWADA et al., 2007).

A reutilização da cama na produção de frangos de corte é uma prática adotada para diminuir custos com a aquisição de camas novas e aumentar a

quantidade de nutrientes presentes na cama, para posterior utilização como biofertilizante na agricultura. Também é uma forma de estabilizar ou diminuir o impacto ambiental, ao reduzir a quantidade de camas por ave produzida. No entanto, essa reutilização pode levar a altos níveis de amônia no interior dos galpões, de 60 a 100 mg L<sup>-1</sup>, valores considerados acima do recomendado, que deve ser inferior a 20 mg L<sup>-1</sup> (CARVALHO et al., 2011). Pesquisas feitas nos últimos 20 anos tem mostrado consistentemente que níveis de amônia em torno de 50 mg L<sup>-1</sup> causam sérias perdas no desempenho das aves (MILES et al, 2004).

Pelos padrões atuais de peso das aves, as perdas chegam à ordem de 250 g por ave. Níveis de 25 mg L<sup>-1</sup> de NH<sub>3</sub> também ocasionam perdas significativas na performance das aves, indicando perdas de peso médio de até 90 gramas por aves durante as 7 semanas de alojamento (Vigoderis, 2010; Kocaman, 2006). A presença de amônia nos galpões provoca outros problemas além da redução de pesos das aves. Muitas aves apresentam lesões nos olhos, com agravamento para um quadro de cegueira, enquanto outras apresentam um subdesenvolvimento da carcaça e problemas de pés (LOTT & DONALD, 2002).

Segundo McWard & Taylor (2000), a amônia pode apresentar concentrações diferentes de acordo com a umidade, temperatura, densidade de animais e época do ano. Os problemas produtivos podem ser aumentados no inverno, devido o manejo da produção, onde nessa época os aviários permanecem na maior parte do dia fechados e com ventilação mínima, dificultado a renovação do ar e em consequência os níveis de amônia na instalação atingem valores superiores a 50 mg L<sup>-1</sup>.

Um aspecto muitas vezes esquecido, é a elevação de NH<sub>3</sub> em instalações avícolas, causando efeitos sobre a saúde do produtor. Produtores de aves muitas vezes passam até 8 horas por dia em aviários, particularmente quando as aves são jovens. Este período geralmente coincide com os maiores níveis de NH<sub>3</sub> (por vezes em excesso de 100 mg L<sup>-1</sup>) (FARIA, 2005).

Os gases emitidos nas instalações avícolas, principalmente a amônia, além de comprometer o desempenho das aves podem afetar diretamente a saúde das pessoas envolvidas na produção. Assim como diversas outras atividades, o risco dos avicultores adquirirem doenças ocupacionais está presente em todas as etapas da produção avícola (JUNIOR, 2007).

O limite para exposição humana a  $\text{NH}_3$  segundo a OSHA (Occupational Safety and Health Administration) é de  $25 \text{ mg L}^{-1}$ , considerando 8 horas de exposição ao gás por dia e  $35 \text{ mg L}^{-1}$  para a exposição de 10 minutos. Esses níveis de exposição são muitas vezes ultrapassado nos meses mais frios do ano (MOORE et al., 1999).

O  $\text{CO}_2$  é um gás sem odor presente normalmente na atmosfera em uma concentração próxima a  $300 \text{ mg L}^{-1}$  e é um dos gases responsáveis pelo efeito estufa. Sua concentração pode ser aumentada no ambiente de instalações mal ventiladas, pois este gás é principalmente proveniente da respiração dos animais e de aquecedores onde ocorre a combustão. Pode ser liberado também pela decomposição das excretas, em virtude da respiração exercida pelos microrganismos decompositores e é um dos gases responsáveis pelo efeito estufa (VIGODERIS, 2006).

De acordo com Campos et al., (2009), quando a concentração de  $\text{CO}_2$  ultrapassa  $5.000 \text{ mg L}^{-1}$  causa nos animais aumento no ritmo respiratório e respirações mais profundas. Em concentrações de  $40.000 \text{ mg L}^{-1}$  pode ocasionar ansiedade, seguida de vertigem.

Estudos referentes a emissões de  $\text{CO}_2$  na avicultura, seja proveniente da respiração dos animais ou da decomposição das excretas, são pouco explorados e encontrados na literatura, concentrando os trabalhos de emissão de  $\text{CO}_2$  na respiração de microrganismos presente no solo.

### 2.3 CONDICIONADORES QUÍMICOS

Condicionadores químicos são substâncias que adicionadas à cama melhoram sua qualidade física, química e microbiológica, propiciando maior conforto às aves, favorecendo seu desempenho zootécnico e sanitário (OLIVEIRA et al., 2004). O uso de condicionadores químicos na cama de frango é apontado como uma solução rápida e econômica para reduzir a volatilização da amônia e amenizar alguns problemas como o aumento na incidência de doenças respiratórias nas aves e no ser humano, a desclassificação de carcaça devido à lesões na pele e também a redução do teor de nitrogênio na cama, o que altera seu valor como fertilizante (OLIVEIRA et al., 2003).

Alguns minerais presentes nos condicionadores químicos possuem potencialidades de atuarem diretamente na diminuição da atividade microbiana no esterco de aves, rico em ácido úrico, o qual é o principal responsável por perdas de gases para atmosfera, principalmente na forma de  $\text{NH}_3$  (KIM & PETERSON, 2003).

### 2.3.1 Principais produtos testados

Dentre os condicionadores químicos utilizados se destaca o sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), que usualmente é utilizado como agente floculante em estações de tratamento de água (Bohrer, 1997), e segundo pesquisas apresentou resultados satisfatórios quando utilizado no tratamento de cama de aviário (OLIVEIRA et al., 2004; SILVA et al., 2008).

Pesquisadores tem avaliado o uso do sulfato de alumínio com o objetivo de diminuir o pH em valores inferiores a 7 e conseqüentemente diminuir a volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ). Em pesquisa realizada por Burgess et al. (1998) observou-se que o sulfato de alumínio reduziu de 7,47 para 4,43 o pH da cama de frango composta por palha de arroz. Mais tarde Moore et al. (2000) verificaram que a queda no pH foi significativa com o uso de sulfato de alumínio, principalmente nas primeiras semanas do ciclo produtivo.

O gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4$ ) ou fosfogesso é um subproduto da indústria de ácido fosfórico derivado da reação de ácido sulfúrico sobre a rocha fosfatada (Belchior et al., 2010) e possui potencialidade para redução dos níveis de volatilização de amônia, além do baixo custo.

Usualmente o gesso agrícola é utilizado agronomicamente como produto condicionador de solo que apresenta uma alta mobilidade no perfil, capaz de disponibilizar os íons  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{SO}_4^{-2}$  em solução e pode ser lixiviado, enriquecendo de nutrientes as camadas subsuperficiais e reduzindo a saturação por  $\text{Al}^{+3}$  em profundidade, o que demonstra a possibilidade de aumentar o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade com a aplicação de calcário e gesso (BROCH et al., 2008).

Segundo Glória et al. (1991, citado por BRUNO et al., 1999) o gesso agrícola é capaz de reduzir a volatilização da amônia em até 49,5% em 30 dias.

Demais pesquisadores obtiveram valores menores de amônia volatilizada com o uso do gesso em esterco animais. Em estudo realizado por Sampaio et al., (1999) com diferentes formas de aplicação, única e parcelada, conclui que o gesso aplicado em até 40%, em relação ao peso do substrato, na cama de frango, diminuiu a volatilização de amônia. Já Neme et al. (2000) trabalhando com três diferentes substratos formadores da cama e utilizando o gesso agrícola para o tratamento, não obtiveram resultados positivos a respeito da volatilização de amônia.

Na compostagem, o gesso pode ser utilizado como um aditivo, visando o aumento do sulfato e, por consequência, a redução do processo de volatilização do  $\text{NH}_3$ , visto que este processo é reduzido quando o  $\text{NH}_3$  combina-se com o sulfato (SANTOS, 2008).

Outro produto utilizado para tratamento de cama de aviário é o Super Fosfato Simples (SSP), o qual é obtido a partir do beneficiamento da rocha fosfática. Normalmente utilizado como fertilizante, disponibiliza cálcio, fósforo e enxofre para absorção das plantas e apresenta alto percentual de participação nos custos de produção vegetal juntamente com os demais fertilizantes (MONTEIRO, 2008).

O SSP como é chamado comercialmente, apresenta ação inibidora da volatilização da amônia da cama de frango é uma das recomendações mais antigas para inibir as perdas de amônia de resíduos orgânicos (GLÓRIA et al., 1991).

Em estudo realizado por Medeiros et al. (2008), onde trabalharam com diferentes doses de super fosfato simples (0, 5, 10, 15, 20 e 25%) aplicado em camas de frango de quatro ciclos de produção, obtiveram melhores resultados em relação a variável volatilização de amônia, na dose de 15% de SSP, aonde a mesma teve uma maior eficiência, reduzindo em 95,4% a volatilização de amônia.

A cal hidratada, também conhecida como cal apagada ou extinta, é muito utilizada no setor da construção civil, sendo utilizada para revestimento de alvenarias e participando como aditivo na argamassa de cimento. A cal hidratada é ainda utilizada na avicultura como forma de controle de umidade e desidratação das larvas do cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) (PAIVA, 2000).

A cal hidratada ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) também vem sendo utilizada no intuito de melhorar a qualidade da cama de frango. Este produto foi avaliado com o propósito de reter nitrogênio na cama de frango por Wildey (1984), e o autor constatou que a retenção do nitrogênio na cama de frango durou apenas duas semanas, necessitando de nova aplicação após esse período. Já Oliveira et al., (2003) utilizando cal para o tratamento da cama, não observaram redução nos níveis de volatilização de amônia.

O Calcário utilizado largamente na agricultura é obtido através da moagem da rocha calcária (ALCARDE, 1992), e é utilizado no solo agricultável a fim de se obter controle da acidez e fornecer Ca e Mg possibilitando o desenvolvimento radicular, com reflexos positivos no crescimento da parte aérea das plantas (NATALE et al., 2007).

Em estudo realizado por Loch et al., (2011), foram testado diversos produtos melhoradores de qualidade da cama, entre eles o calcário. O autor relata que apesar de ser um produto alcalinizante, como a cal, pode atuar melhorando a qualidade da cama, interferindo na umidade e conseqüentemente na sobrevivência dos microrganismos presente na cama, podendo diminuir a volatilização de amônia.

Segundo Loch et al., (2011) resultados da qualidade da cama de frango obtidas através do utilização de calcário dolomítico não são encontrados na literatura. Porém a cal e o calcário são substâncias conhecidas por terem a capacidade de absorver umidade (Alcarde et al, 1992), o que pode trazer relativos benefícios para redução de amônia nos galpões, embora este efeito não ocorreu.

Experimentos foram conduzidos em laboratório para avaliar a eficácia de outros produtos também utilizados como condicionadores químicos para reduzir as emissões de  $\text{NH}_3$  (Moore et al., 1995, 1996). Estes estudos mostraram que muitos dos compostos químicos atualmente utilizados pelos produtores nos Estados Unidos, tais como etileno glicol, cálcio, ferro, silicatos, bissulfato de sódio, e extratos de plantas de mandioca, não tiveram qualquer efeito significativo sobre a volatilização de  $\text{NH}_3$  ao longo de um período de 42 dias, quando aplicada na dose recomendada pelos fabricantes (MOORE et al., 1995, 1996).

### 2.3.2 Modo de ação

O modo de ação dos condicionadores químicos não está totalmente claro, mas segundo McWard & Taylor (2000) acredita-se que os condicionadores com propriedades ácidas, atuam diretamente diminuindo valores de pH da cama de frango, através a liberação de ácido sulfúrico, quando colocado em água. Esta característica é importante, porque a maioria das bactérias não possuem desenvolvimento em condições ácidas.

Além do pH, altos teores de umidade na cama além de proporcionar dificuldade no manejo e facilitar a proliferação de bactérias patogênicas (Lana, 2000), interferem diretamente no metabolismo microbiano sobre os resíduos fecais, liberando assim maiores quantidades de amônia (Neme et al., 2000). Acredita-se que condicionadores como gesso, cal e calcário podem atuar controlando a umidade, conseqüentemente diminuindo a água disponível para o metabolismo microbiano.

Os condicionadores são capazes de reduzir os efeitos negativos da cama de frango, representados pela umidade e pH elevados e volatilização da amônia, sobre o desempenho de frangos. O modo de ação dessas substâncias pode também estar associado à redução da atividade bacteriana e conseqüente redução da produção de amônia ou, então, à ligação com a amônia produzida, impedindo sua volatilização (Mc Ward e Taylor, 2000).

O pH da cama tem um papel importante na volatilização de amônia. Uma vez formada, a amônia livre estará em uma das duas formas:  $\text{NH}_3$  sem carga ou na forma de íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), dependendo do pH da cama, pois a concentração de amônia aumenta com o aumento do pH. 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, sendo que a decomposição do ácido úrico é favorecida em condições de pH alcalino (NEME et al., 2000).

Já os condicionadores alcalinizantes, como a cal e o calcário, devido suas propriedades, elevam o pH da cama, indo contra as afirmações de MacWard & Taylor (2000) e Moore et al., (1995), de que a queda do pH favorece a diminuição da volatilização de amônia. Porém, esses produtos podem atuar alterando a umidade da cama e conseqüentemente a sua qualidade.

O gesso ( $\text{CaSO}_4$ ) utilizado para o tratamento de cama de frango, por intermédio de reações químicas, aumenta a fixação do nitrogênio evitando assim o aumento da concentração de amônia no ambiente. Teuscher & Adler (1965), apresentaram as reações que seriam responsáveis pela fixação da amônia:  $\text{CaSO}_4 + 2\text{NH}_3 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

O Sulfato de alumínio é um dos mais difundidos para este fim, é um ácido que produz 6 mols de  $\text{H}^+$ , quando se dissolve, o  $\text{H}^+$  produzido por esta reação reage com  $\text{NH}_3$  para formar  $\text{NH}_4^+$ , que podem reagir com os íons sulfato, formando 3 mols de sulfato de amônio que é solúvel em água (MOORE et al., 1999).

O Super Fosfato Simples, por ser também um condicionador com características ácidas e apresentar pH entre 3,0 e 4,0, tem modo de ação similar com o sulfato de alumínio, atua diminuindo o pH, atividade microbológica e volatilização de amônia (TRANI et al., 2008).

### 2.3.3 Doses e aplicação

Em relação às doses de condicionadores aplicados na cama de aviário, há muitas divergências na literatura, partindo geralmente de um conhecimento empírico para chegar a essas conclusões e tomada de decisões no que se refere a doses.

A quantidade aplicada varia de acordo com o produto utilizado, Moore et al., (2000) e Oliveira et al., (2004) trabalhando com sulfato de alumínio utilizaram a quantidade de  $100 \text{ g kg}^{-1}$  de cama. Moore (2012) recomenda o uso de 1 a 2 toneladas de sulfato de alumínio por aviário quando o mesmo possui uma população de 20 mil aves, ou então 1 a 5% do peso total da cama.

Em estudo realizado por Li et al., (2006), aonde testaram o efeito em laboratório do sulfato de alumínio em dejetos avícolas sobre a volatilização de amônia, utilizaram o sulfato de alumínio na forma líquida nas quantidades de 1 e  $2 \text{ kg m}^{-2}$ , e na forma granular 0,5 e  $1,0 \text{ kg m}^{-2}$ .

Pope & Cherry (2000) recomendam uso de compostos acidificantes, como o sulfato de hidrogênio sódico e o sulfato de alumínio. Estes acidificantes são aplicados comumente à razão de 35 a  $50 \text{ kg } 100 \text{ m}^{-2}$  no dia anterior à recepção

dos pintinhos e geralmente apenas na área de pinteiro. Porém, segundo os autores, o efeito dos acidificantes não é maior do que 2 ou 3 semanas.

Oliveira et al., (2004) utilizou super fosfato simples com o propósito de diminuição da volatilização de amônia e melhora da qualidade da cama em aviário de frangos de corte, na quantidade de 30 kg por tonelada de cama.

Medeiros et al., (2008) trabalhando com super fosfato simples, para fins de diminuição na emissão de gases, utilizaram dosagens de 5, 10, 15, 20 e 25% em relação ao peso da cama de frango. No mesmo estudo o autor utilizou Enxofre; Sulfato de cobre; Fosfato simples; Sulfato de Alumínio e Carbonato de Sódio, nos níveis 1, 2, 3, 4, e 5% em relação ao peso da cama de frangos.

Quando se utiliza o gesso agrícola como condicionador químico, as doses utilizadas para este fim apresentam variações. Bruno et al. (1999) trabalhando com maravalha como substrato da cama, utilizou o gesso em percentuais variando de 10 a 40% de acordo com o peso da cama. Neme et al., (2000) utilizou o gesso agrícola na proporção de 40% do peso da cama, ou seja, foram misturados, no total, 25 kg de gesso agrícola com 35 kg de cama reutilizada.

A forma de aplicação pode variar, sendo o condicionador aplicado uma única vez antes da chegada dos animais, ou de formar parcelada. Em estudo realizado por Sampaio et al., (1999) onde o gesso foi aplicado em doses crescentes (10, 20, 30 e 40%) e de forma única e parcelada, constatou-se que a adição de níveis crescentes de gesso à cama promoveu diminuição significativa da quantidade de amônia liberada no 25º dia e ao final do experimento. Os mesmos autores relataram que a forma de aplicação do produto também influenciou significativamente ( $P < 0,05$ ) a liberação de amônia nas fases de crescimento e engorda das aves, obtendo-se menores valores na aplicação parcelada do produto.

Bruno et al., (1999) utilizaram o gesso agrícola também aplicando o mesmo de duas formas, única e parcelada, sendo que a primeira metade parcelada foi aplicada com as aves apresentando 9 dias de idade e a metade restante estando as aves com 23 dias de idade. Não foram observadas diferenças significativas para as variáveis estudadas (ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e mortalidade).

Em experimento realizado por Silva et al., (2008), foram testados condicionadores como gesso, sulfato de alumínio e super fosfato simples a níveis de inclusão de 5% em relação a quantidade de cama. Apenas o gesso agrícola não se mostrou eficaz para redução da volatilização da amônia, sendo que os autores justificaram tal resultado, pela probabilidade da quantidade aplicada ser insuficiente para o controle da volatilização de amônia.

Prochnow (1995) trabalhando com compostagem de dejetos avícolas, utilizou doses de 0, 100, 150 e 200 kg t<sup>-1</sup> de gesso, com o objetivo de minimizar a volatilização de amônia, quando da aplicação em galpões durante a criação.

Estudos utilizando cal hidratada, foram realizados por Oliveira et al. (2003), onde a cal hidratada foi aplicada na dosagem de 0,5 kg m<sup>-2</sup>, sendo incorporada somente na camada superior da cama.

O calcário já foi utilizado em pesquisas com o propósito de melhora da qualidade da cama, Loch et al., (2009) utilizando capim elefante picado como substrato formador da cama, aplicaram calcário na quantidade de 1,5 kg m<sup>-2</sup>.

A forma de aplicação dos condicionadores químicos é muito variada, dependendo do estado físico do mesmo e disponibilidade de equipamentos. Em sua maioria são aplicados manualmente dentro das instalações nas camadas superiores ou incorporados, pois em sua maioria são pós ou em formatos granulares. McWARD & Taylor (2000) trabalhando com condicionadores químicos em base líquida, aplicaram o produto anteriormente à chegada dos animais no galpão com o auxílio de pulverizadores ou até mesmo sugerem em alguns casos, o uso do sistema de nebulização do próprio aviário para aplicação do tratamento.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O presente trabalho foi desenvolvido em aviário comercial com 1440 m<sup>2</sup> densidade de 16 aves m<sup>-2</sup>, com dimensões de 120m de comprimento e 12m de largura totalizando 1440 m<sup>2</sup>, sendo o piso de chão batido. O aviário encontra-se instalado nas dependências do campus da UTFPR em regime de integração com a iniciativa privada. A instalação está localizada no município de Dois Vizinhos/PR. O município encontra-se situado a 25° 42' 52" de latitude S e longitude de 53° 03' 94" W-GR, a 530 metros acima do nível do mar. O clima da região é Cfa, subtropical úmido, sem estação seca definida com temperatura média do mês mais quente de 22°C, conforme classificação de Köppen.

O trabalho foi conduzido durante os períodos de julho de 2011, com a saída dos animais referente ao primeiro lote, a junho de 2012 finalizando com a saída do oitavo lote.

#### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (16X5) e 4 repetições, sendo 5 condicionadores com 3 diferentes formas de aplicação e uma testemunha, totalizando 16 tratamentos e 5 lotes avaliados.

A dose correspondente aos condicionadores químicos foi aplicada em três formas distintas de parcelamento ou também podendo ser chamado de aplicação única (1x), dividida em duas vezes (2x) e dividida em três vezes (3x). O período de parcelamento, também chamada de época de aplicação, correspondeu à aplicação: única 1x (aplicada no primeiro lote), dividida em 2x (aplicada no primeiro e quinto lote) e dividida em 3x (aplicada no primeiro lote, quarto e sétimo lote), as quais foram calculadas de acordo com o nível de cálcio presente em cada produto e através de relatos bibliográficos. Ao final do período de avaliação todos os tratamentos completaram 100% da dose prevista (em dose única ou parcelada).

### 3.3 CONDICIONADORES UTILIZADOS E APLICAÇÃO

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados cinco condicionadores químicos, sendo eles: Calcário calcítico (CC), Gesso agrícola (G), Super Fosfato Simples (SSP), Sulfato de alumínio (SA) e Cal hidratada (CH). Os tratamentos foram previamente pesados antes de cada aplicação quando houvesse, com auxílio de balança digital e acondicionados em sacos plásticos identificados. As quantidades referentes a cada tratamento estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Condicionadores, Época de aplicação e Quantidade aplicada.

<b>Nomeclatura</b>	<b>Condicionador</b>	<b>Época de Aplicação</b>	<b>Quantidade (kg)</b>
G-1x	Gesso	Única	0,500
G-2x	Gesso	Duas vezes	0,250
G-3x	Gesso	Três vezes	0,167
CC-1x	Calcário Calcítico	Única	0,500
CC-2x	Calcário Calcítico	Duas vezes	0,250
CC-3x	Calcário Calcítico	Três vezes	0,167
SSP-1x	SuperFosfato Simples	Única	0,500
SSP-2x	SuperFosfato Simples	Duas vezes	0,250
SSP-3x	SuperFosfato Simples	Três vezes	0,167
SA-1x	Sulfato de Alumínio	Única	1,000
SA-2x	Sulfato de Alumínio	Duas vezes	0,500
SA-3x	Sulfato de Alumínio	Três vezes	0,333
CH-1x	Cal Hidratada	Única	0,300
CH-2x	Cal Hidratada	Duas vezes	0,150
CH-3x	Cal Hidratada	Três vezes	0,100

O aviário experimental recebeu 64 boxes de madeira confeccionados com dimensões de 0,5m (largura) x 1,0m (comprimento) x 0,10m (altura), fixados no chão do aviário antes mesmo da chegada da maravalha de pinus, utilizada para revestimento da instalação. Os boxes foram divididos em duas fileiras de 32 boxes cada, na área de pinteiro, região central do aviário (35m de comprimento), dispostos entre si a uma distância de 0,5m e cada quadro corresponde a uma unidade experimental. A finalidade da divisão em duas fileiras para fixação dos

boxes foi a fim de evitar a área comum dos bebedouros, pois poderia haver interferência direta da umidade nas variáveis estudadas.

A aplicação dos tratamentos, homogeneização e coletas foram realizadas no intervalo entre lotes, ou seja, sem a presença dos animais.

Logo após a saída dos animais do primeiro lote, realizou-se a retirada de toda cama (maravalha de pinus) de cada box sendo padronizado em 10 kg de material, acondicionado em recipiente plástico e incluído o condicionador correspondente, homogeneizado e repostada a cama dentro do box. E realizada a coleta de 200g de cama para realização das análises laboratoriais.

Ao longo dos oito lotes, período que o experimento foi conduzido, o protocolo e método de trabalho foram semelhantes, diferindo apenas nos casos em que nos lotes que não receberam adição de condicionadores, onde nesses casos, apenas foi realizado a homogeneização da cama.

### 3.4 AVALIAÇÕES

As análises descritas a seguir foram realizadas durante o período experimental, que foram de oito lotes, sendo a mesma metodologia aplicada para todos os lotes. Logo após o material ser coletado no aviário, o mesmo foi levado até o laboratório para condução das análises.

Com exceção da variável amônia volatilizada total, onde utilizou-se os valores de emissão de amônia referente aos oito lotes, para demais variáveis os resultados apresentados foram correspondente aos lotes que houveram aplicação (1, 4, 5 e 7º lote) e do ultimo lote (8º lote).

#### 3.4.1 Quantificação das emissões de CO<sub>2</sub>

Para a determinação da respiração microbiana (CO<sub>2</sub>) utilizou-se a metodologia proposta por Silva (2007) adaptada, onde, utilizou-se um recipiente plástico com capacidade de 400 mL adicionado de 40g de cama de aviário. Neste pote colocou-se um frasco com 40 mL de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>, alocado de maneira que ficasse enterrado na cama contida no recipiente.

Os recipientes foram fechados hermeticamente e colocados em BOD a temperatura de 30°C, por um período de 9 dias (216 horas), correspondente do período médio de intervalo entre lotes, com titulações em intervalos regulares de três dias. Após o período de cada incubação os frascos foram retirados, e conforme foram abertos, imediatamente colocou-se 1 mL de solução de BaCl<sub>2</sub> 50% saturado no pote contendo NaOH e adicionou-se 3 gotas de indicador Fenolftaleína 1%, e posteriormente seguiu-se com a titulação utilizando HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup> até o desaparecimento da cor rósea, sendo anotados os valores gasto na titulação, para quantificação da respiração microbiana.

#### 3.4.2 Volatilização de amônia

Para determinação da amônia volatilizada foi utilizada a metodologia de captação de gases, método proposto por Sampaio et al. (1999).

Utilizou-se o mesmo padrão recipiente plástico usado para determinação de CO<sub>2</sub>, com capacidade de 400 ml, adicionado de 40g de cama de aviário. Neste pote colocou-se em um frasco com 10 mL de solução ácido bórico 2%, alocado de maneira que ficasse enterrado na cama contida no recipiente. Os recipientes foram fechados hermeticamente e colocados em BOD à uma temperatura de 30°C, por um período de 9 dias (216 horas), com titulações em intervalos regulares de três dias. Após o período de cada incubação os frascos foram retirados, e conforme foram sendo abertos realizou-se a titulação utilizando solução de ácido sulfúrico 0,05N, sendo anotado os valores das mesmas para quantificar a amônia volatilizada.

#### 3.4.3 Teor de Umidade

Seguindo metodologia proposta por Silva (2002) a umidade da cama foi determinada para cada tratamento, pelo método de determinação do grau de umidade mediante pesagem inicial e final da amostra submetida à secagem em 65°C ± 3°C, por um período de 48 horas em estufa de circulação de ar forçado.

#### 3.4.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH da cama foi avaliado seguindo a metodologia proposta por Miragliotta (2000). Ela consiste na pesagem de 10g de amostra de cama de frango, a qual foi diluída em 50 mL de água destilada, logo após a saída do material da estufa, já em recipientes de vidros, os mesmos utilizados para determinação da umidade, seguido de homogeneização do material utilizando-se bastão de vidro, de modo a dissolver os grumos existentes. Após estas etapas, 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.

#### 3.4.5 Análise de nutrientes

Foram realizadas análises referente a macro nutrientes presente na cama de frango, sendo o N analisado pela método Kjeldahl. Já o P e K foram extraído pelo método de Mehlich, posteriormente procedeu-se a leitura do P pela espectrofotometria UI-Visível e o K por fotometria de chama, segundo metodologia de tecido vegetal proposta pela EMBRAPA (1999).

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos a análises de variância pelo teste F a um nível de significância de 5% de probabilidade. Foi utilizado o pacote estatístico Statgraphics Centurion, e quando apresentaram significância, as médias de efeito qualitativo foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 UMIDADE (%)

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de umidade (%), para as camas de frango tratadas com condicionadores químicos e diferentes formas de aplicação (única, dividida em duas vezes e dividida em três vezes) em diferentes lotes.

**Tabela 2** - Umidade (%) de camas de frango tratadas com condicionador químico com diferentes formas de aplicação da dose (única, duas vezes e em três vezes) em diferentes lotes.

Tratamento	Umidade (%)					Média
	1º Lote	4º Lote	5º Lote	7º Lote	8º Lote	
Testemunha	23,58	23,83	21,21	23,86	24,07	23,31
CH-1x	24,09	22,43	21,17	24,39	22,45	22,90
CH-2x	23,72	22,56	22,57	21,88	22,06	22,56
CH-3x	24,75	23,02	22,27	24,41	24,22	23,73
CC-1x	24,31	22,98	22,09	23,12	22,27	22,95
CC-2x	24,55	22,32	21,51	23,71	22,25	22,87
CC-3x	25,22	22,77	21,60	23,01	22,44	23,01
G-1x	23,22	23,15	23,02	24,39	24,14	23,58
G-2x	25,00	25,10	23,65	25,59	22,82	24,43
G-3x	24,32	23,05	22,62	24,37	24,36	23,74
SA-1x	24,31	22,43	23,13	23,37	22,67	24,14
SA-2x	24,02	23,46	21,17	23,20	22,82	22,93
SA-3x	23,37	22,35	22,39	25,08	24,36	23,51
SSP-1x	23,85	22,72	21,43	22,93	22,90	22,77
SSP-2x	25,32	22,86	21,50	23,15	22,36	23,04
SSP-3x	25,10	23,80	22,33	22,58	23,20	23,40
<b>Média</b>	24,29	23,35	22,10	23,69	23,09	
<b>CV (%)</b>	8,77					

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

Observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ), para variável umidade, em nenhum dos lotes avaliados, apresentando

valor médio de 23,24% para essa variável, considerando todo o período experimental.

Resultados semelhantes foram encontrados por McWard e Taylor (2000) (sulfato de alumínio) utilizando 450 g m<sup>-2</sup>, Neme et al., (2000), testando o gesso agrícola com quantidade de 40% do peso total da cama e Oliveira et al., (2003) (cal hidratada) aplicando o produto na quantidade de 500 g m<sup>-2</sup>. Confirmando que o uso de condicionadores químicos na cama, geralmente, não afeta o teor de umidade.

Porém, resultados contrários foram encontrados em estudos, mostrando a interferência de aditivos no teor de umidade da cama de frango, o qual foi observado por Wyatt & Goodman (1992), ao testarem o uso do gesso agrícola como cama de frango ou adicionado à maravalha na quantidade de 50% referente ao peso da cama. Os autores apontam que os teores de umidade das camas contendo gesso agrícola foram menores do que o tratamento controle (só maravalha). Sampaio et al. (1997) também encontraram menores valores de umidade em camas de frango com adição de gesso variando entre 14,5% e 19,0%, indicando que a adição de gesso promove uma menor umidade da cama, pois em condições normais a cama de frango apresenta umidade média de 25 a 30% de umidade.

Segundo Oliveira et al., (2004) a umidade da cama relaciona-se a fatores como tipo de dieta, consumo de água, temperatura ambiente, densidade de alojamento, ventilação e, principalmente, tipo de bebedouro usado.

Em experimento realizado por Medeiros et al., (2008) foi avaliado o efeito da umidade na volatilização de amônia de cama de frango utilizada durante quatro lotes consecutivos, com ciclo médio de 42 dias, simulando o que acontece com pequenos vazamentos nos bebedouros de aves. Com a alteração do nível de umidade inicial da cama, foram observados diminuição de volatilização de amônia. Tal fato tem por base a forte afinidade dissociativa da amônia em água. Contudo, o aumento da umidade não é de interesse prático, uma vez que a função básica da cama de frango é retirar a umidade nos ambientes de criação.

Também pode ser lembrado que o elevado teor de umidade ou as condições inadequadas da cama pode promover, com os ciclos de umedecimento e secagem, a compactação do material, o que propicia o aparecimento de

dermatite de contato ou pododermatite nas aves, também conhecida popularmente como calo de pata (Bilgili et al., 2011). Essa patologia tem sido relatada como problema econômico para avicultura industrial de frangos e perus no Reino Unido, na América do Norte, na Austrália e no Brasil, em várias granjas no Estado de Minas Gerais (SANTOS et al., 2002).

#### 4.2 pH

Em relação a variável pH, os resultados estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que houve interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre os condicionadores químicos e lotes, indiferente a forma de aplicação/divisão da dose (1x, 2x e 3x) para o 1º, 4º, 5º e 7º lote, sendo que para o 8º lote não houve diferença significativa entre os condicionadores químicos.

Quando avaliado o efeito dos condicionadores químicos dentro de cada lote, observa-se que no 1º lote avaliado, onde houve aplicação da dose total de uma única vez e da primeira parte das demais doses de aplicação (2x e 3x), o sulfato de alumínio, nas três diferentes formas de aplicação (SA-1x, SA-2x e SA-3x) foi o tratamento que apresentou os melhores resultados, conseguindo obter diminuição do pH, que influencia na queda dos índices de volatilização de amônia. Já a CH-1x, apresentou o maior valor para pH (9,8), superando até mesmo os resultados encontrados para testemunha (7,6). Isso é coerente, devido à pronta dissociação da cal pela sua baixa granulometria, reagindo imediatamente em termos de meio e alcalinizando o sistema. Esses resultados foram persistente, ainda se expressando no 4º lote independente de reaplicação ou não.

Quando avaliado o efeito dos condicionadores químicos dentro de cada lote, observa-se que no 1º lote avaliado, onde houve aplicação da dose total de uma única vez e da primeira parte das demais doses de aplicação (2x e 3x), o sulfato de alumínio, nas três diferentes formas de aplicação (SA-1x, SA-2x e SA-3x) foi o tratamento que apresentou os melhores resultados, conseguindo obter diminuição do pH, que influencia na queda dos índices de volatilização de amônia. Já a CH-1x, apresentou o maior valor para pH (9,8), superando até mesmo os resultados encontrados para testemunha (7,6). Isso é coerente, devido à pronta dissociação da cal pela sua baixa granulometria, reagindo imediatamente em

termos de meio e alcalinizando o sistema. Esses resultados foram persistente, ainda se expressando no 4º lote independente de reaplicação ou não.

**Tabela 3** - pH de camas de frango tratadas com condicionador químico com diferentes formas de aplicação da dose (única, duas e três aplicações).

Tratamento	pH					Média
	1º Lote	4º Lote	5º Lote	7º Lote	8º Lote	
Testemunha	7,64 d A	7,40 b A	7,66 a A	7,38 a A	7,57 a A	7,53
CH-1x	9,83 a A	7,71 a B	7,67 a B	7,59 a B	7,71 a B	8,10
CH-2x	9,20 b A	8,29 a B	7,95 a B	7,53 a C	7,67 a C	8,13
CH-3x	8,71 c A	8,00 a B	7,60 a C	7,94 a B	7,32 a C	7,91
CC-1x	7,58 d A	7,25 b A	7,55 a A	7,43 a A	7,41 a A	7,44
CC-2x	7,53 d B	7,16 b B	8,07 a A	7,43 a B	7,69 a A	7,57
CC-3x	7,45 d A	7,19 b A	7,47 a A	7,39 a A	7,70 a A	7,44
G-1x	8,40 c A	7,30 b B	7,48 a B	7,23 a B	7,64 a B	7,61
G-2x	8,40 c A	6,90 c C	7,60 a B	7,47 a B	7,58 a B	7,59
G-3x	8,11 d A	7,76 a A	7,51 a B	7,14 a B	7,71 a A	7,64
SA-1x	3,89 h C	6,59 c B	7,20 a A	7,18 a A	7,48 a A	6,47
SA-2x	5,07 g C	6,65 c B	4,66 b C	6,65 b B	7,25 a A	6,05
SA-3x	5,90 f B	6,89 c A	7,17 a A	6,30 b B	7,38 a A	6,73
SSP-1x	6,70 e B	6,86 c B	7,26 a A	7,38 a A	7,62 a A	7,16
SSP-2x	7,14 e A	7,01 c A	7,42 a A	7,55 a A	7,59 a A	7,34
SSP-3x	7,31 d A	7,32 b A	7,39 a A	7,55 a A	7,42 a A	7,40
<b>Média</b>	7,43	7,27	7,35	7,32	7,54	
<b>CV (%)</b>	5,46					

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

Quando avaliado o efeito dos condicionadores químicos dentro de cada lote, observa-se que no 1º lote avaliado, onde houve aplicação da dose total de uma única vez e da primeira parte das demais doses de aplicação (2x e 3x), o sulfato de alumínio, nas três diferentes formas de aplicação (SA-1x, SA-2x e SA-3x) foi o tratamento que apresentou os melhores resultados, conseguindo obter diminuição do pH, que influencia na queda dos índices de volatilização de amônia. Já a CH-1x, apresentou o maior valor para pH (9,8), superando até mesmo os resultados encontrados para testemunha (7,6). Isso é coerente, devido à pronta

dissociação da cal pela sua baixa granulometria, reagindo imediatamente em termos de meio e alcalinizando o sistema. Esses resultados foram persistente, ainda se expressando no 4º lote independente de reaplicação ou não.

Os resultados do 4º lote, onde houve apenas a aplicação do segundo terço da dose, correspondente a aplicação dividida em três vezes, mostram que o sulfato de alumínio, nas três diferentes formas de aplicação, apresentaram os melhores resultados, não diferindo do SSP-1x, SSP-2x e G-2x, porém nesse lote os tratamentos com sulfato de alumínio apresentaram valores de pH próximo a 7, superiores aqueles encontrados para o mesmo tratamento no 1º lote. Tal resultado pode ser justificado, pois a quantidade aplicada no 4º lote pode ser insuficiente para diminuir o pH da cama, e os tratamentos adicionados no 1º lote não apresentarem poder residual persistente.

Em relação ao 5º lote, o SA-2x, apresentou o resultado mais baixo de pH (4,6) devido justamente a reaplicação, sendo o único a diferir da testemunha o que também ocorreu no 7º lote. O sulfato de alumínio apresenta propriedades ácidas, e segundo Helyar (2003), a redução do pH esta associada com a perda de alcalinidade do meio ou da capacidade de neutralização de ácidos. Para os demais tratamentos não houve diferença significativa entre os condicionadores, apresentando valores médios muito próximos ao encontrado para testemunha.

Para o 7º lote, onde houve aplicação referente à terceira parte da aplicação dividida em três vezes, o melhor resultado apresentado foi o SA-2x, com valores de pH de 6,6 e 6,3 respectivamente. Para os demais tratamentos não foram observadas diferenças significativas entre si, apresentado valores de pH próximos ao encontrado para testemunha.

No 8º lote, onde não houve nenhuma aplicação de condicionadores químicos, não foram observadas diferença significativa entre os condicionadores em estudo, sendo que tal resultado pode ser explicado pela quantidade insuficiente dos tratamentos aplicados ou pelo fato de os produtos em teste, não apresentarem mais efeito residual e necessitarem uma reaplicação para surtir efeito novamente.

Quando observa-se o efeito entre os lotes, percebe-se que a testemunha manteve a homogeneidade entre os lotes, já o SA-1x, apresentou menores valores de pH para o primeiro lote, no qual houve a aplicação total do produto e

ainda efeito residual no 4º lote, sendo que nos lotes seguintes o seu efeito não persistiu. Já o SA-2x resultou em melhores resultados no primeiro e quinto lote, momento no qual houve a aplicação dos condicionadores referente à esse tratamento. Tais resultados evidenciam que o sulfato de alumínio possui baixo efeito residual persistente nos lotes seguintes as aplicações.

Resultados semelhantes foram obtidos por Moore et al. (2000), que testaram a adição de sulfato de alumínio na quantidade de 100g por kg de cama de frango, mesma quantidade utilizada no presente estudo, e verificaram redução no pH das camas em relação ao tratamento controle. O pH obtido por esses autores foram superiores aos do presente experimento, provavelmente, devido ao fato de a cama ser de primeiro lote e não ter sido submetida à aplicações subsequentes do produto. Em pesquisa realizada por Burgess et al. (1998) observaram que o sulfato de alumínio reduziu de 7,4 para 4,4 o pH da cama de frango composta por palha de arroz.

Moore et al. (1995) estudaram a adição de cal hidratada e não encontraram diferença entre os tratamentos quanto ao pH da cama, igualmente ao observado no presente estudo. Sampaio et al. (1999) concluíram que o pH das camas tratadas com 10, 20, 30 e 40% de gesso agrícola, são menores do que camas não tratadas.

Resultados contrários foram encontrado por Ali et al. (2000), que não detectaram diferenças quanto ao pH de camas tratadas com superfosfato e camas não tratadas, utilizados na proporção de 1% em relação ao peso da cama de frango.

#### 4.3 EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> AVALIADA POR INCUBAÇÃO.

Houve interação significativa entre os condicionadores e lotes para emissão de CO<sub>2</sub> (avaliada por incubação). Quando avaliado o efeito dos condicionadores químicos dentro de cada lote, observa-se que no 1º lote o gesso na forma de aplicação única, foi o condicionador químico que apresentou o melhor resultado, seguido do gesso com aplicação dividida em três vezes. O SSP-3x e CC-1x foram os tratamentos que apresentaram as maiores emissões de CO<sub>2</sub>, não diferindo estatisticamente da testemunha (Tabela 4).

Os melhores resultados para o 4º lote, foram encontrados para o gesso e sulfato de alumínio, ambos nas três diferentes formas de aplicação, seguidos pela CH-2x. Para os demais tratamentos, não foram observadas diferenças significativas entre si.

**Tabela 4** - Emissão de CO<sub>2</sub> de camas de frango tratadas com condicionador químico com diferentes formas de aplicação da dose (única, duas vezes e três vezes) em diferentes lotes.

Tratamento	CO <sub>2</sub> (g kg <sup>-1</sup> )					Média
	1º Lote	4º Lote	5º Lote	7º Lote	8º Lote	
Testemunha	116,65 a A	63,31 a B	61,97 a B	60,93 a B	71,89 a B	74,95
CH-1x	81,22 c A	69,02 a A	65,19 a A	68,69 a A	69,01 a A	70,63
CH-2x	101,04 b A	52,75 b B	51,50 b B	59,78 a B	62,56 a B	65,53
CH-3x	101,13 b A	60,54 a B	51,55 b B	60,34 a B	67,70 a B	68,25
CC-1x	124,13 a A	69,46 a A	72,18 a B	72,19 a B	67,27 a B	81,04
CC-2x	87,52 c A	60,05 a A	58,01 b B	63,88 a B	61,03 a B	66,10
CC-3x	93,21 c A	61,50 a A	65,44 a B	66,98 a B	69,14 a B	71,25
G-1x	60,62 d A	49,44 b B	47,37 b B	71,91 a A	64,13 a A	58,69
G-2x	84,70 c A	49,44 b C	42,76 b C	63,69 a B	60,76 a B	60,27
G-3x	67,42 d A	44,83 b B	52,73 b B	60,66 a A	59,87 a A	57,10
SA-1x	108,49 b A	54,76 b C	65,29 a B	73,73 a B	69,00 a B	74,25
SA-2x	113,32 b A	53,77 b C	55,38 b C	63,35 a B	70,74 a B	71,31
SA-3x	110,98 b A	54,14 b C	69,31 a B	60,11 a B	68,65 a B	72,64
SSP-1x	111,41 b A	61,28 a B	67,44 a B	56,20 a B	60,88 a B	71,44
SSP-2x	106,28 b A	63,99 a B	65,17 a B	65,82 a B	69,16 a B	74,08
SSP-3x	127,30 a A	65,95 a B	69,69 a B	60,64 a B	61,37 a B	76,99
<b>Média</b>	99,71	58,39	60,06	64,31	65,82	
<b>CV (%)</b>	13,67					

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

Segundo os resultados apresentados para o 5º lote, o gesso seguiu sendo o melhor condicionador químico para diminuição da emissão do gás dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), porém para esse lote, os condicionadores tiveram melhor resultado na dose dividida em 2x, o que é coerente com o fato que nesse lote houve a aplicação da dose dividida em duas vezes para todos os condicionadores. O CC-1x, seguiu sendo o condicionador com maiores valores de emissão de CO<sub>2</sub>, repetindo o resultado encontrado para o 4º lote, superando os resultados encontrados para testemunha.

Para o 7<sup>o</sup> e 8<sup>o</sup> lote, não foram observadas diferença significativa entre os tratamentos, nesses lotes o gesso não se confirmou como o melhor tratamento, não seguindo a tendência apresentada nos lotes anteriores, possivelmente o resultado é justificado pelo fato da quantidade aplicada ser insuficiente para controlar a emissão de CO<sub>2</sub> ou pelo baixo poder residual do produto em teste, visto que para esse lote a quantidade de excretas e demais resíduos, ser de maior proporção quando comparado com os lotes anteriores.

Os maiores valores de emissão de gás carbônico encontrados para cama de frango no 1<sup>o</sup> lote, quando comparado com os demais, pode ser explicado pelo fato de que no primeiro lote a proporção maravalha/excretas foi maior que para os lotes seguintes.

Com a reutilização de cama por vários lotes consecutivos, ao passar dos lotes ocorreu a decomposição da maravalha devido o aumento de matéria orgânica depositada (excretas), diminuindo a proporção maravalha/excretas devido à ação de microrganismos e enzimas decompositores do substrato formador (maravalha), conseqüentemente alterando a relação Carbono/Nitrogênio (C/N) da cama e a emissão de CO<sub>2</sub>.

A fim de avaliar a relação C/N de dejetos avícolas, com influência direta na respiração microbiana e emissões de CO<sub>2</sub>, Corrêa (1998) avaliou diferentes tipos de camas na criação de aves, como casca de arroz, maravalha, sabugo de milho e serragem de pinus, e verificou que no alojamento dos animais, no primeiro lote, os materiais apresentaram, respectivamente, os seguintes valores para a relação C/N: 85/1; 153/1; 87/1 e 179/1, sendo que ao final de três lotes criados sobre as camas, os valores reduziram para 14/1; 15/1; 12/1 e 20/1, respectivamente.

Apesar da cama de aviário ser constituída de maravalha, que apresenta uma alta relação C/N, a presença de excretas das aves contribuiu para a diminuição da relação C/N do substrato. A relação C/N é um índice utilizado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus efeitos no crescimento microbológico, já que a atividade dos microrganismos heterotróficos, envolvidos no processo, depende tanto do conteúdo de Carbono para fonte de energia, quanto de N para síntese de proteínas (SHARMA et al., 1997).

Segundo Zhang e He (2006), a emissão de CO<sub>2</sub> a partir da cama de aviário, ocorre uma vez que durante a decomposição da matéria orgânica os microrganismos utilizam C como fonte de energia e N para constituição celular, sendo que em média 68% do carbono é eliminado na forma de gás carbônico e o restante incorporado no protoplasma celular, diminuindo assim a concentração de carbono ao longo do tempo.

Apesar de não serem encontrados relatos na literatura, de experimento testando o efeito de condicionadores químicos sobre a emissão de CO<sub>2</sub> (respiração microbiana) em cama de frango, espera-se que a quantidade de microrganismos na cama está diretamente ligada com a emissão de CO<sub>2</sub>. Com o propósito de estudar este efeito, Sampaio et al. (1999) trabalharam com diferentes níveis de gesso em duas formas de aplicação (única ou parcelada) sob a cama de frango e concluíram que o gesso foi capaz de reduzir a contagem de microrganismos do material, sendo a aplicação parcelada mais eficiente que a aplicação única. Segundo Avila et al., (1992) a redução de microrganismos no ambiente pode minimizar problemas respiratórios em animais confinados, tendo efeito direto na emissão de CO<sub>2</sub>.

#### 4.4 VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA AVALIADA POR INCUBAÇÃO.

Houve interação significativa entre os condicionadores químicos e os lotes, indiferente da forma de aplicação da dose (única, dividida em duas aplicações e dividida em três aplicações) ( $P < 0,05$ ) em todos os lotes avaliados (Tabela 5).

Quando avaliado o efeito dos condicionadores químicos dentro de cada lote, nota-se que no 1º lote, onde houve aplicação da dose única, e da primeira parte das demais formas de aplicação (dividida em duas e três vezes), os melhores resultados para volatilização de amônia, foram observados para o condicionador sulfato de alumínio, nas três diferentes formas de aplicação, não diferindo do SSP-1x, seguidos pelo gesso, nas três diferentes formas de aplicação e SSP-2x e SSP-3x. Os maiores índices de volatilização de amônia foram encontrados para a CH-2x e CH-3x ( $1,4 \text{ g kg}^{-1}$  e  $1,2 \text{ g kg}^{-1}$ ), não diferindo estatística da testemunha ( $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ ).

No 4º lote, onde houve a aplicação do segundo terço da dose, correspondente a aplicação dividida em 3x e os melhores resultados foram observados para o SA-2x e AS-3x, seguido do G-3x e SSP-3x. A volatilização de amônia para os demais tratamentos se aproximaram dos valores encontrados para testemunha, não diferindo estatisticamente entre si.

**Tabela 5** - Amônia volatilizada de camas de frango tratadas com condicionador químico em diferentes formas de aplicação da dose (única, duas vezes e três vezes).

Tratamento	Amônia volatilizada (g kg <sup>-1</sup> )					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
CH-1x	1,02 b A	1,28 a A	1,07 b A	0,66 a B	0,97 a A	1,00
CH-2x	1,44 a A	1,02 a B	1,02 b B	0,59 a C	0,97 a B	1,01
CH-3x	1,29 a A	1,04 a B	0,99 b A	0,65 a C	0,92 a B	0,98
CC-1x	0,97 b A	1,20 a A	1,05 b A	0,73 a B	1,05 a A	1,00
CC-2x	0,94 b B	1,10 a A	1,32 a A	0,70 a B	0,95 a B	1,00
CC-3x	1,13 b A	0,96 a A	1,10 b A	0,63 a B	1,03 a A	0,97
G-1x	0,41 c B	1,04 a A	0,97 b A	0,91 a A	1,13 a A	0,89
G-2x	0,55 c B	0,96 a A	0,82 b A	0,58 a B	1,07 a A	0,80
G-3x	0,63 c A	0,71 b A	0,86 b A	0,67 a B	0,99 a A	0,77
SA-1x	0,04 d B	1,12 a A	1,04 b A	0,95 a A	1,00 a A	0,83
SA-2x	0,02 d C	0,66 b B	0,04 c C	0,67 a B	1,02 a A	0,48
SA-3x	0,22 d D	0,72 b C	1,32 a A	0,36 b D	1,00 a B	0,72
SSP-1x	0,28 d C	0,98 a A	1,02 b A	0,59 a B	0,97 a A	0,76
SSP-2x	0,60 c B	1,15 a A	0,83 b A	0,63 a B	0,95 a A	0,83
SSP-3x	0,69 c A	0,77 b A	0,92 b A	0,28 b B	0,90 a A	0,71
<b>Média</b>	0,72	1,00	0,97	0,65	0,99	
<b>CV (%)</b>	24,14					

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

No 5º lote, houve aplicação da segunda parte referente à aplicação dividida em duas vezes. O melhor resultado apresentado foi do SA-2x, sendo justificado pela aplicação dos tratamentos correspondentes a essa fração nesse lote, da metade final da aplicação dividida em 2x, no qual a primeira metade foi aplicada no 1º lote. Já o SA-3x e o CC-2x apresentaram maior volatilização de amônia, não

diferindo da testemunha. Para os demais tratamentos, não houve diferença significativa, apresentando valores próximos aos encontrados para testemunha.

No 7º lote, houve aplicação da terceira e última parte, referentes à aplicação dividida em três vezes. Os melhores resultados apresentados foram o SA-3x (0,3 g kg<sup>-1</sup>) e o SSP-3x (0,2 g kg<sup>-1</sup>). Para os demais tratamentos, não foram observadas diferenças significativas entre si.

No 8º e último lote conduzido no experimento, não houve adição dos tratamentos nas diferentes formas de aplicação. Assim todos os tratamentos se encontraram iguais, com toda a dose aplicada, seja ela única, dividida em duas vezes ou três vezes. Para esse lote, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Quando se observa o efeito entre os lotes, o SA-1x e SSP-1x, apresentaram o seu melhor efeito no 1º lote, não havendo diferença significativa entre si para o SA-1x nos lotes seguintes. Tal resultado evidencia o baixo poder residual do produto, pois há efeito pontual no momento da aplicação, não persistindo a diminuição da volatilização de amônia nos lotes seguintes. Seguindo a mesma tendência, foi observado que o SA-2x e SSP-2x, tratamentos que obtiveram os melhores resultados para a presente variável, nos lotes onde houve aplicação das frações correspondentes dos condicionadores, lotes 1 e 5.

Em relação ao SSP-3x, possivelmente a quantidade aplicada foi insuficiente para controlar a volatilização de amônia, apresentando o melhor resultado no 7º lote, porém vale lembrar que tal resultado deve ser analisado com cautela, devido que todos os condicionadores apresentaram menores valores de volatilização de amônia dentro do 7º lote incluindo a testemunha, diferindo dessa forma quando comparado com os demais lotes.

Resultados semelhante a esse estudo foram encontrados por Oliveira et al., (2004), onde testaram diferentes condicionadores químicos sobre a cama de aviário formada por maravalha, com a intenção de diminuir a volatilização de amônia, e concluiu-se que o sulfato de alumínio, utilizado na mesma quantidade do presente experimento (100g por kg de cama), diminuiu a emissão de volatilização de amônia.

É notório 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, sendo que decomposição do ácido úrico é mais favorecida em condições de pH alcalino . No presente estudo confirma-se as informações dadas pelos pesquisadores, sendo que o sulfato de alumínio e superfosfato simples que apresentaram os menores valores de pH (Tabela 3), também obtiveram os menores índices de emissão de amônia (Tabela 5). O contrário também foi observado, em especial no 1º e 4º lote, onde os tratamentos formados pela cal hidratada atingiram os maiores valores de pH (tabela 3), constatou-se maiores emissões de amônia.

A tendência encontrada no presente estudo, foram observadas em trabalho realizado por Medeiros et al., (2008), com diferentes níveis de inclusão (1%, 2%, 3%, 4% e 5% em relação ao peso da cama) de condicionadores químicos em um lote apenas, com o objetivo de diminuir a volatilização de amônia, observaram que o sulfato de alumínio, seguido do superfosfato simples foram os principais a reduzir a volatilização de amônia, sendo que quanto maior a quantidade aplicada, menor foi à volatilização de amônia.

Também foi observado por Silva et al., (2008) a redução da emissão de amônia com o uso do sulfato de alumínio na cama de aviário. Os autores utilizaram o sulfato de alumínio na dose de 5% em relação ao peso da cama, criada por quatro lotes consecutivos. Já no presente estudo, se analisarmos a relação de sulfato de alumínio com o peso da cama, a quantidade aplicada foi de 10%, apresentando menor volatilização de amônia para tratamentos com sulfato de alumínio.

Em experimento realizado nos Estados Unidos, vinculado ao United States Departamento of Agriculture, Moore et al., (2000) utilizaram o sulfato de alumínio na cama de aviário composta de maravalha, durante um ano, em cada lote foram aplicada a quantidade de 0,091 kg por ave alojada, sendo que os lotes durante o período experimental continham em média 20 mil aves alojadas. O sulfato de alumínio apresentou uma diminuição de 99 % nos índices de emissão de amônia, semelhante ao encontrado no presente estudos, onde o sulfato de alumínio (aplicação única) apresentou redução de 98,5% de volatilização de amônia, quando comparada com a testemunha no 1º lote.

Em relação ao desempenho zootécnico dos animais, Moore et al., (2000) relataram que com a queda nas emissões de amônia no galpão, o desempenho

das aves criadas em camas tratadas com sulfato de alumínio foram superiores, atingindo pesos médios de 1,7 kg, enquanto as aves do tratamento controle atingiram peso final de 1,6 kg. McWard e Taylor (2000) também observaram maior ganho de peso e melhor conversão alimentar para aves criadas em cama tratada com sulfato de alumínio quando comparadas às do grupo controle.

Entretanto, a adição de sulfato de alumínio (Maurice et al., 1998), gesso agrícola (Neme et al., 2000), e cal hidratada (Oliveira et al., 2002) não verificaram diferenças quanto ao desempenho (ganho de peso e conversão alimentar) das aves criadas sobre as camas tratadas ou não com esses produtos.

Resultados semelhantes aos observados para o gesso no 4º lote foram encontrados por Silva et al., (2008), onde foi utilizado o gesso na dose de 5% em relação ao peso da cama, e os resultados para volatilização foram semelhantes ao do tratamento controle. Entretanto Sampaio et al., (1999) obtiveram redução dos níveis de volatilização de amônia, com o uso do gesso agrícola em doses crescentes e diferentes formas de aplicação (única e parcelada) para o tratamento de cama de frango referente ao 5º lote de produção. Sendo que a forma parcelada do produto, apresentou os melhores resultados.

Segundo os dados observados e demais relatos bibliográficos citados, pode-se afirmar que a aplicação parcelada dos condicionadores é mais eficaz do que a aplicação única no início da utilização da cama, pois os condicionadores testados não apresentam efeito residual prolongado.

#### 4.5 VOLATILIZAÇÃO TOTAL DE AMÔNIA (8 LOTES)

Observa-se que houve efeito significativo dos condicionadores químicos, indiferente a forma de aplicação da dose (única, dividida em duas aplicações e dividida em três aplicações) ( $P < 0,05$ ), em relação à quantidade total de amônia volatilizada durante os quatro lotes em que houve aplicações (1, 4, 5 e 7º lote) e mais o último lote (8º lote) do período experimental (Tabela 6).

O SA-2x apresentou o menor valor de volatilização de amônia durante o período, não diferindo estatisticamente do gesso e superfosfato simples, indiferente à forma de aplicação. Já a testemunha apresentou o maior valor de volatilização de amônia, considerando os oito lotes avaliados, porém não diferiu

( $P > 0,05$ ) da cal hidratada e calcário, indiferente a forma de aplicação dos condicionadores.

**Tabela 6** - Quantidade total de amônia volatilizada dos 8 lotes.

<b>Tratamento</b>	<b>Amônia volatilizada total (g kg<sup>-1</sup>)</b>	
Testemunha	9,09	A
CH-1x	8,42	A
CH-2x	7,91	A
CH-3x	7,95	A
CC-1x	7,99	A
CC-2x	8,18	A
CC-3x	8,28	A
G-1x	7,11	B
G-2x	6,63	B
G-3x	6,75	B
SA-1x	6,60	B
SA-2x	5,49	B
SA-3x	6,69	B
SSP-1x	6,98	B
SSP-2x	7,55	B
SSP-3x	6,59	B
<b>Média</b>	<b>7,39</b>	
<b>CV (%)</b>	<b>16,67</b>	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Se extrapolarmos os resultados encontrados para a testemunha, que apresentou a maior emissão de amônia, e para SA-2x com os menores índices de emissão, para quantidade de cama presente em todo o aviário em questão, teremos uma emissão total de amônia de 6.480 kg quando não utilizado nenhum condicionador químico (testemunha), e de 3.952,8 kg de amônia para o SA-2x, durante o período de 5 lotes para um único aviário. A utilização de SA-2x representa 39% a menos de perda de nitrogênio na forma de amônia, quando compararmos com o aviário sem aplicação de nenhum condicionador químico.

Levando em consideração a problemática ambiental gerada pela emissão de amônia para a atmosfera, quando dimensionarmos as quantidades emitidas para uma quantidade maior de aviários, os números tomam maiores proporções, mostrando-nos os problemas ambientais gerados através da atividade avícola, quando não utilizado produtos com potencial de diminuir as emissões de amônia.

#### 4.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA (N, P e K)

Houve interação significativa entre os condicionadores químicos e os lotes (Tabela 7), indiferente à forma de aplicação da dose (única, dividida em duas aplicações e dividida em três aplicações) ( $P < 0,05$ ).

Quando avaliado o efeito dos tratamentos dentro de cada lote, observa-se que no 1º lote, onde houve aplicação da dose única, e da primeira parte das demais formas de aplicação (dividida em duas e três vezes), o maior teor de N foi observado para o CC-2x e CC-3x.

Analisando o 4º lote, a testemunha, CH-1x, CC-2x, SA-1x e o SSP-2x apresentaram os menores teores de nitrogênio dentro do lote, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Para o 5º lote não foi observado diferenças significativa entre os tratamentos. Já no 7º lote, com exceção da CH-1x, CC-1x, CC-2x, G-2x e do SSP-1x que apresentaram os menores teores de nitrogênio, os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, apresentando maiores quantidade de nitrogênio. No ultimo lote conduzido no experimento, 8º lote, não foram observadas diferenças significativas entre os condicionadores químicos, para presente variável.

Quando analisado o efeito dos condicionadores entre os lotes, observa-se, que os menores teores de nitrogênio se encontram no 1º lote, sendo que a partir do 4º lote em diante os teores de nitrogênio se encontram em maiores quantidades e estabilizadas, resultado explicado pelo fato das menores proporções de excretas nos lotes iniciais. Com o passar dos lotes a relação maravalha/excreta diminui, aumentando assim os teores de nitrogênio devido a maior quantidade de excretas.

Resultados semelhantes foram encontrados por Neme et al (2000), onde testaram três diferentes tipos de cama (casca de arroz, maravalha e casca de amendoim), adição ou não de gesso agrícola, e não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, nos teores de volatilização de amônia e de fixação de nitrogênio das camas no final da criação, apresentado média de 2,2% de nitrogênio para cama composta de maravalha.

**Tabela 7** - Valores de N ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da cama de frango, em diferentes lotes, tratada com condicionadores químicos.

Tratamento	N ( $\text{g kg}^{-1}$ )					Média
	1º Lote	4º Lote	5º Lote	7º Lote	8º Lote	
Testemunha	14,18 b B	14,88 b B	20,65 a A	19,08 a A	19,78 a A	17,71
CH-1x	13,30 c B	17,85 b A	18,38 a A	17,33 b A	20,13 a A	17,40
CH-2x	13,83 b B	18,20 a A	19,25 a A	18,90 a A	20,13 a A	18,06
CH-3x	11,90 c B	20,13 a A	19,08 a A	19,08 a A	19,52 a A	17,94
CC-1x	12,25 c B	19,60 a A	18,38 a A	18,03 b A	18,73 a A	17,40
CC-2x	17,15 a A	16,80 b A	18,73 a A	17,33 b A	19,08 a A	17,82
CC-3x	16,10 a B	18,90 a A	19,43 a A	18,55 a A	19,60 a A	18,52
G-1x	11,90 c B	20,30 a A	20,30 a A	19,08 a A	19,78 a A	18,27
G-2x	12,78 c B	19,08 a A	18,90 a A	17,50 b A	20,83 a A	17,82
G-3x	14,00 b B	18,90 a A	21,18 a A	19,78 a A	20,65 a A	18,90
SA-1x	14,18 b C	17,33 b B	20,05 a A	18,73 a B	20,48 a A	18,15
SA-2x	12,60 c B	19,95 a A	20,65 a A	19,78 a A	19,60 a A	18,52
SA-3x	12,95 c B	17,05 a A	19,60 a A	20,65 a A	10,91 a A	15,02
SSP-1x	12,08 c C	19,60 a A	21,00 a A	15,58 b B	18,90 a A	17,43
SSP-2x	13,30 c B	17,35 b A	20,13 a A	18,73 a A	19,08 a A	17,75
SSP-3x	8,75 d B	18,55 a A	20,48 a A	19,43 a A	19,60 a A	17,36
<b>Média</b>	13,20	18,03	19,76	18,59	19,17	
<b>CV (%)</b>						9,39

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

Ainda Neme et al., (2000), observaram diferença significativa nos teores de nitrogênio das camas em função do sexo das aves. Os teores de nitrogênio das camas dos machos foram superiores aos teores de nitrogênio das camas das fêmeas. Os maiores teores de nitrogênio nas camas dos machos podem ser explicados pela maior quantidade de excretas produzidas por estes durante o ciclo de criação (Neme et al., 2000).

Blum et al., (2003) na análise de composição química da cama de aviário composta de maravalha de pinus, encontraram valores para N de  $28 \text{ g kg}^{-1}$ . Já Miele e Milan (1983) quando determinaram a composição química da cama de 25 aviários da região de Garibaldi, Estado do Rio Grande do Sul, constataram média de  $30 \text{ g kg}^{-1}$ .

Quando comparados à cama de aviário formada por maravalha com a formada por casca de café, a diferença no teor de nitrogênio é ainda maior. Em caracterização química realizada por Benedetti et al., (2009), constataram níveis de N de 6,7% para cama de frango com casca de café por quatro lotes consecutivos, enquanto a cama de frango com maravalha apresentou teores médios de 2,5% de N.

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 nas Tabelas 5 e 6, apresentassem maiores teores de nitrogênio, porém tal evidência não foi confirmada, não havendo diferença nos teores de nitrogênio entre os tratamentos ao final do experimento (8º lote).

Na Tabela 8 estão apresentados os teores de Fósforo (P), em diferentes lotes, encontrados na cama de frango tratadas com utilização de diferentes condicionadores químicos e diferentes formas de aplicação (única, dividida em duas aplicações e dividida em três aplicações).

Nota-se que houve diferença significativa entre as médias dos condicionadores e lotes, porém à interação condicionadores x lotes não teve efeito significativo.

Em relação aos condicionadores, o uso de superfosfato simples, nas três diferentes formas de aplicação, apresentou a maior quantidade de fósforo na cama, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Tal resultado constatado é coerente, devido à presença de 18% em média de fósforo na forma de fosfato ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) na composição do superfosfato simples aplicado.

Além de o superfosfato simples atuar como potencial redutor da volatilização de amônia, seu uso na cama de frango pode proporcionar enriquecimento nutricional, como observado na Tabela 8 para os tratamentos constituídos de superfosfato simples, favorecendo o emprego futuro da cama de

frango na adubação de culturas, podendo também agregar maior valor ao dejetos avícola, devido sua composição, resultando em maior retorno financeiro para o avicultor.

**Tabela 8** - Valores de P ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da cama de frango, em diferentes lotes, tratada com condicionadores químicos.

Tratamento	P ( $\text{g kg}^{-1}$ )					Média
	1º Lote	4º Lote	5º Lote	7º Lote	8º Lote	
Testemunha	1,72	4,12	3,61	3,80	3,78	3,40 B
CH-1x	1,51	3,88	3,27	3,61	4,37	3,33 B
CH-2x	1,78	3,82	3,15	3,19	3,68	3,12 B
CH-3x	1,61	3,94	3,41	3,92	4,28	3,43 B
CC-1x	1,88	4,10	3,36	3,62	3,67	3,33 B
CC-2x	1,50	3,70	3,35	4,08	4,34	3,39 B
CC-3x	1,51	3,65	3,81	3,77	4,36	3,42 B
G-1x	1,48	3,87	3,48	3,76	4,10	3,34 B
G-2x	1,43	3,65	2,91	3,81	4,09	3,18 B
G-3x	1,36	3,67	3,05	2,91	4,07	3,01 B
SA-1x	1,55	4,27	3,57	4,02	3,75	3,43 B
SA-2x	1,60	4,12	3,29	3,26	3,84	3,22 B
SA-3x	1,72	3,78	4,10	3,38	4,09	3,41 B
SSP-1x	3,59	4,23	4,43	3,79	4,07	4,02 A
SSP-2x	2,78	4,27	3,82	3,52	4,42	3,76 A
SSP-3x	2,21	4,18	3,93	4,37	4,63	3,86 A
<b>Média</b>	1,83 c	3,95 a	3,53 b	3,74 b	4,10 a	
<b>CV (%)</b>	18,61					

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

Em trabalho realizado por Avila et al., (2007) onde realizaram a caracterização química de diferentes tipos e cama de frango (maravalha, casca de arroz, palhada da soja e capim cameron), após a criação por seis lotes consecutivos sem utilização de condicionadores químicos, constataram valores médios de P na cama de frango com maravalha de  $8 \text{ g kg}^{-1}$ , valor superior ao encontrado no presente estudo. Seguindo a mesma linha de estudo, Miele e Milan (1983) e Blum et al., (2003) encontraram teores de P de 21,9 e  $25,3 \text{ g kg}^{-1}$  em cama de frango composta por maravalha de pinus.

Quando comparado, por exemplo, o uso do superfosfato simples com o sulfato de alumínio na cama de frango, em relação ao ganho nutricional que o emprego do superfosfato simples pode favorecer, em níveis de P, é muito interessante.

Apesar de o sulfato de alumínio apresentar-se eficaz na diminuição da emissão da amônia, possui a desvantagem de conter o elemento químico alumínio em sua composição, elemento esse causador de toxidade em plantas. Conseqüentemente esse elemento estará presente no dejetos final (a cama), podendo provocar limitações no uso futuro desse fertilizante orgânico na adubação de culturas vegetais.

Mesmo o dejetos tratado com superfosfato simples apresentar maiores teores de fósforo, é necessário cuidado em sua aplicação na lavoura. Segundo Patrizi e Serafim (2011), a adubação com dejetos animais deve ter por objetivo suprir a quantidade necessária de fósforo, pois a adubação baseada em suprir o nitrogênio do solo pode levar ao fornecimento excessivo de fósforo, isso aumenta à importância em reduzir as perdas de nitrogênio que ocorrem nos dejetos, associado ao ganho nutricionais dos demais elementos químicos.

Em relação ao custo dos produtos, o superfosfato simples ainda é mais vantajoso economicamente, pois o mesmo apresenta um custo de 75% a menos quando comparado com o sulfato de alumínio, somado ainda, a questão de não possuir elementos químicos limitantes ao uso agrícola.

É de conhecimento que o alumínio influencia negativamente o desenvolvimento das plantas, provocando alterações na membrana das células da raiz, inibição da síntese de DNA e da divisão celular, inibição do alongamento radicular e alterações na absorção de nutrientes e balanço nutricional (MACHADO, 1997).

A utilização do superfostato simples como tratamento da cama para melhor suas condições, diminuição no impacto ambiental e associado ainda ao fato de ganho nutricional que o mesmo pode favorecer para cama e futuramente o emprego em culturas, pode ser comparada com a nova tecnologia desenvolvida pela Embrapa Solos em parceria com a Calderon Consulting. Essa tecnologia consiste na produção do fertilizante organomineral, que nada mais é que a utilização de resíduos da produção animal, incluindo a cama de frango, no qual

são processados, estabilizados e associados com fontes minerais formando assim o produto final (Benites et al., 2010).

Segundo Benites et al., (2010), os organominerais proporcionam sustentabilidade na produção agrícola por promoverem a redução em até 10% do uso de fertilizantes químicos, por potencializar a ação microbiana e disponibilizar mais nutrientes no solo. O rendimento do fertilizante é, ainda, 15% superior se comparado aos fertilizantes normalmente utilizados pelos produtores.

**Tabela 9** - Valores de K ( $\text{g kg}^{-1}$ ) da cama de frango, em diferentes lotes, tratada com condicionadores químicos.

Tratamento	K ( $\text{g kg}^{-1}$ )					Média
	1º Lote	4º Lote	5º Lote	7º Lote	8º Lote	
Testemunha	9,40	15,75	15,64	17,06	15,89	14,75 A
CH-1x	9,13	18,21	16,72	14,88	14,15	14,62 A
CH-2x	9,45	14,94	12,54	15,65	12,31	12,98 A
CH-3x	8,91	16,06	15,37	13,70	13,35	13,48 A
CC-1x	9,57	13,91	13,11	18,28	17,67	14,51 A
CC-2x	8,76	12,20	13,50	12,50	14,88	12,37 A
CC-3x	8,95	14,50	16,69	14,19	14,34	13,73 A
G-1x	8,16	16,51	17,11	14,18	12,40	13,67 A
G-2x	8,07	15,01	9,03	16,40	14,67	12,63 A
G-3x	8,91	15,59	15,65	18,03	13,88	14,41 A
SA-1x	8,78	15,86	14,02	12,90	12,95	12,90 A
SA-2x	8,20	16,44	11,33	13,36	16,36	13,14 A
SA-3x	9,26	10,47	16,99	15,31	14,86	13,38 A
SSP-1x	9,27	18,30	15,64	15,98	12,08	14,25 A
SSP-2x	8,86	17,05	17,16	18,30	15,05	15,28 A
SSP-3x	10,38	11,97	16,99	11,72	15,05	13,22 A
<b>Média</b>	9,00 b	15,17 a	14,84 a	15,15 a	14,37 a	
<b>CV (%)</b>	25,68					

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

Analisando a Tabela 9, observa-se que não houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos. Quando analisado os teores de potássio entre os lotes, nota-se que nos lotes 4, 5, 7 e 8 apresentaram maiores quantidades de

potássio na cama de frango, diferindo estatisticamente apenas do 1º lote, no qual apresentou o menor teor de potássio.

Quantidades menores de potássio para o 1º lote e maiores a partir do 4º lote eram esperadas, pois nenhum tratamento possui potássio em sua composição, assim sendo, a cama de frango teve o incremento nutricional, único e exclusivamente derivado dos esterco dos animais, sendo que nos primeiros lotes devido a maior relação maravalha/esterco o teor de potássio observado foi menor, e com o passar dos lotes a relação maravalha/esterco diminui, e com uma porção maior de esterco os teores de potássio na cama de frango aumentaram.

Observa-se que existe variação entre os resultados encontrados pelos diferentes autores quando se refere a nutriente da cama (N, P e K), os obtidos pelo presente trabalho foram todos menores, confirmando que existe variação na composição do substrato em função possivelmente do tipo de material, número de lotes criados, lotação, sexo e manejo da cama utilizado em cada local ou região.

## 5. CONCLUSÕES

Dentre os condicionadores químicos avaliados. O sulfato de alumínio apresentou-se eficaz na redução dos níveis de emissão de amônia e pH, principalmente quando aplicado de forma parcelada, seguido pelo superfosfato simples.

A utilização de condicionadores químicos não alterou a umidade da cama, indiferente da forma de aplicação/parcelamento, sendo que o teor de umidade da cama de frango se assemelha ao manejo usualmente empregado nos aviários, sem adição de condicionadores.

Em relação aos teores nutricionais da cama, com exceção do superfosfato simples que apresentou ganho nutricional de fósforo, os demais tratamentos não favoreceram ganhos químicos em sua composição final.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do trabalho, uma problemática foi identificada, no que se refere a banco de dados bibliográficos em relação à composição química da cama de frango. Em muitos trabalhos ocorre a ausência ou omissão de informação a respeito de número de lotes criados sobre a cama e o material utilizado para a formação da cama de aviário. Essas informações são de grande importância não apenas para comparação entre trabalhos desenvolvidos, mas também é de extrema importância para a tomada de decisão no que se refere à utilização e doses desse resíduo da produção animal, no emprego como adubação para culturas vegetais.

Os resultados sugerem que novas experimentações sejam feitas no sentido de aprimorar os aditivos que apresentaram os melhores resultados bem como as doses utilizadas e formas de aplicação, e assim contribuir para a melhoria das condições ambientais do aviário, diminuição da poluição ambiental, ganho econômico e ganho nutricional do substrato quando utilizado tais condicionadores.

São necessários ainda estudos aplicados com a utilização de dejetos avícolas contendo condicionadores químicos, testando o seu efeito sobre o desempenho das culturas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF (Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de frango). Relatório anual 2011. Disponível em: <[http://www.abef.com.br/portal/\\_clientes/abef/cat/Anuario\\_baixa\\_Resolucao.pdf](http://www.abef.com.br/portal/_clientes/abef/cat/Anuario_baixa_Resolucao.pdf)>. Acesso em: 30 Jun. 2011.

ADAMI, Paulo F. **Intensidades de pastejo e níveis de cama de aviário sobre a produção vegetal no sistema integração lavoura-pecuária**. 2012. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

AIRES, Airon M. **Biodigestão anaeróbia da cama de frangos de corte com ou sem separação das frações sólida e líquida**. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.

AVILA, Valdir S.; ABREU, Valéria M.N.; FIGUEIREDO, Élsio A.P.; et al. Valor Agrônomo da cama de frango após reutilização por vários lotes consecutivos. **Embrapa Aves e Suínos**. Comunicado Técnico 466, ISSN 0100-8862 Versão Eletrônica – 1ª edição. Concórdia, dez. 2007.

AVILA, V.S. et al. Cama de aviário: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante. Concórdia: **EMBRAPA**, 1992. 38p. (Circular técnica, 16).

ALCARDE, J.C. Corretivos de acidez dos solos: características e interpretações técnicas. **Associação Nacional Para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas**. Boletim técnico, São Paulo, n.6, p.1-9. 1992.

BELCHIOR, Ernandes B.; SOUSA, Tito C.R.; MOREIRA, José M.M.A.P.; et al. Avaliação dos impactos do uso do gesso agrícola na cultura de soja em algumas áreas do cerrado. **Embrapa Cerrados**. Documentos 297, ISSN 1517-5111 versão eletrônica. Planaltina, jul. 2010.

BELLAVER, Claudio.; PALHARES, Júlio C. Uma visão sustentável sobre a utilização da cama de aviário. **Avicultura Industrial**, n.06, p.14-18, 2003.

BENEDETTI, Marcos P.; FACTORI, Marcos A.; DARIOLLI, Leandro. **Utilização da cama de frango como adubo orgânico de pastagens**. BeefPoint – Artigo técnico. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/pastagens/utilizacao-da-cama-de-frango-como-adubo-organico-de-pastagens-56121/>>. Acesso em: 30 Mar. 2013.

BENITES, V. DE. M.; CORREA, J.C.; DE MENEZES, J.F.S.; et al. Production of granulated organo mineral fertilizer from pig slurry and poultry litter in brazil. In: World fertilizer congresso oh the international scientific centre for fertilizers. 2010. Bucarest. **Anais...** Bucarest, 2010. p.85-90, 2010.

BILGILI.; S.F.; HESS, J.B.; DONALD, J. Considerações práticas para a redução do risco de pododermatite. **AviagenBrief – Boletim técnico**, Campinas, n.1, p.1-8, fev. 2011.

BLUM, Luiz E.B.; AMARANTE, Cassandro V.T.; GÜITTER, Germano. Produção de morango e pepino em solo com incorporação da cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.4, p.627-631, 2003.

BOHRER, Denise. Alumínio em diálise – uma visão analítica. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v.19, n.3, p.264-270, 1997.

BRUNO, Luís D. G.; MORAES, Vera M. B.; ARIKI, Joji.; et al. Efeitos da Adição de Gesso Agrícola à Cama Aviária sobre o Desempenho de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.320-325, 1999.

BROCH, Dirceu L.; NOLLA, Antônio.; QUIQUI, Erci M.D.; et al. Influência no rendimento de plantas de soja pela aplicação de fósforo, calcário e gesso em um latossolo sob plantio direto. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.10, n.2, p.212-220, 2008.

BURGESS, R.P.; CAREY, J.B.; SHAFER, D.J. The impact of pH on nitrogen retention in laboratory analysis of broiler litter. **Poultry Science**, V. 77, p.1620-1622, 1998.

CAMPOS, Josiane A.; TINÔCO, Ilda F.F.; BAÊTA, Fernanda C.; et al. Qualidade do ar, ambiente térmico e desempenho de suínos criados em creches com dimensões diferentes. **Engenharia Agrícola Joboticabal**, V.29, n.3, p.339-347, 2009.

CARVALHO, Thayla M.R.; MOURA, Daniella J.; SOUZA, Zigomar M.; et al. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.4, p.351-361, 2011.

Corrêa, E.K. **Produção de suínos sobre cama**. Gráfica Universitária, Pelotas: UFPEL, 2003. 75p.

FARIA, Neice M.X. **Á saúde do trabalhador rural**. 2005. 253 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.

FERREIRA, A.C.K.; ALFARO, D.M.; SILVA, L.C.C.; et al. Uso do alumínossilicato (silvet<sup>®</sup>) como adjuvante na melhora do aspecto das fezes e desempenho das aves. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.1, p.117-122, 2005.

DAVIS, Meredith.; MORISHITA, Teresa.Y. Relative ammonia concentrations, dust concentrations and presence of Salmonella species and Escherichia coli inside and outside commercial layer facilities. **Avian Diseases**, v.49, p.30-35, 2005.

DI CAMPOS, Melissa S.; GUARNIERI, Enzo H.C.; VILELA, Reíssa A.; et al. Utilização de diferentes substâncias redutoras da volatilização da amônia na cama de frango. In: Zootec, 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Zootec, 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Silva, F. C. da (org.). Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 1999. 370p

EYNG, Cinthia. **Avaliação nutricional da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias na alimentação de frangos de corte**. 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2009.

GIROTTTO, Ademir F.; AVILA, Valdir S. de. Importância Econômica: Aspectos da produção, exportação, consumo e custos de produção e implantação de aviários. Embrapa suínos e aves. **Embrapa Aves e Suínos**. Sistema de Produção de Frangos de Corte, ISSN 1678-8850 Versão Eletrônica jan, 2003.

HEINZEN, Leonardo F. **A realidade em uma pequena empresa da avicultura catarinense**. 2006. 44 f. Relatório de estágio – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

HELYAR, Keith. Manejo e acidez do solo a curto e a longo prazos. **Potafos – Encarte Técnico**, Piracicaba, n.104, p.1-12, dez. 2003.

KONZEN, Egídio A.; ALVARENGA, Ramon C. Cultivo do milho: fertilidade do solo. **Embrapa Milho e Sorgo**. Sistema de Produção, ISSN 1679-012X1 Versão Eletrônica, 2000.

FERREIRA, João C. **Remoção de amônia gerada em granjas avícolas e sua utilização em células à combustível e uso como fertilizante**. 2010. 147 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares “Associada a Universidade de São Paulo”, São Paulo, 2010.

FUKAYAMA, Ellen H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. 2008. 99 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.

GLÓRIA, N.A.; BARRETTO, M.C.V.; MORAES, C.J.; et al. Avaliação do gesso e de alguns fosfatos como inibidores da volatilização de amônia de esterco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.297-301, 1991.

GRIMES, Jesse L. Alternatives litter materials for growing poultry. **North Carolina Poultry Industry Newsletter**, v.1, p.1-5, 2004.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) . Pesquisa do IBGE aponta alta no abate de bovinos, suínos e frangos em 2010. Disponível em:

<<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2011-03-31/pesquisa-do-ibge-aponta-alta-no-abate-de-bovinos-suinos-e-frangos-em-2010>>. Acesso em: 26 de set. 2012.

JUNIOR, Aurélio T. **Caracterização e bioclimática da avicultura de postura no estado de São Paulo**. 2007. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

KIM, W.K.; PATTERSON, P.H. Effect of minerals on activity of microbial uricase to reduce ammonia volatilization in poultry manure. **Poultry Science**, v.82, p.223-231, 2003.

KOCAMAN, Bahar.; ESENBUGA, Nurinisa. YILDIZ, Ahmet.; et al. Effect environmental conditions in poultry houses on the performance of laying hens. **Journal of Poultry Science**, n.5, p.26-30, 2006.

KRIEDER, James N.; JONES, David J.; STETTLER, Donald. Laws, regulations, policy and water quality criteria. **Agricultural Waste Management Field Handbook**, Washington, USDA Soil Conservation Service, p.1-18, 1992.

LANA, Geraldo R.Q. **Avicultura**. Recife: Livraria e Editora Rural Ltda. 2000.

LI, H.; XIN, Hongwei.; BURNS, Robert T.; et al. Reduction of ammonia emission from stored laying-hen manure using topically applied additives: zeolite, al+clear, FERIX-3 and PLT. In: Mitigating air emissions from animal feeding operations conference, 2006, Iowa. **Anais...** Iowa: 2006.

LOCH, Fernando C.; OLIVEIRA, Maria C.; SILVA, Dionatan.; et al. Quality of poultry litter submitted to different treatments in five consecutive flocks. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.5, p.1025-1-30, 2011.

LOTT, Berry.; DONALD, Jim. Ammonia: Can cause serious losses even when you can't smell it. **Alabama Cooperative Extension System**, p.1-5, september, 2002.

MACHADO, Pedro L.O.A. Considerações gerais sobre a toxicidade do alumínio nas plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira – Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, Doc. 2, p. 22, 1997.

MAURICE, D.V.; LIGHTSEY, S.F.; HAMRICK, .; et al. Alum sludge and zeolite as components of broiler litter. **Poultry Science**, n.7, p.263-267, 1998.

MONTEIRO, Marcio F. **Avaliação do ciclo de vida do fertilizante superfosfato simples**. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

MCWARD, G.W.; TAYLOR, D.R. Acidified clay litter amendment. **Poultry Science**, n.9, p.588-529, 2000.

MEDEIROS, Rangel.; SANTOS, Bruno J.M.; FREITAS, Marcela.; et al. A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama de frango. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2321-2326, 2008.

MENDES, Angélica S. **Materiais alternativos para substrato de cama de frango de sorte e sua utilização como fertilizante**. Pesquisador, UTFPR Dois Vizinhos, endereço eletrônico: angelica@utfpr.edu.br, 2008.

MENEZES, June F. S.; et al. Utilização de resíduos orgânicos na agricultura. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/trabJune.htm>>. Acesso em: 12 Jul. 2012.

MIELE, A.; MILAN, P.A. Composição mineral de cama de aviário de frangos de corte e sua utilização na adubação de vinhedos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 7, p. 729-733, 1983.

MILES, D.M.; BRANTON, S.L.; LOTT, B.D. Atmospheric ammonia is detrimental to the performance of modern commercial broilers. **Poultry Science**, n.83, p.1650-1654. 2004.

MIRAGLIOTTA, Miwa Y. **Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciados**. 2000. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

MOORE, P.A.; DANIEL, T.C.; EDWARDS, D.R. Reducing phosphorus runoff and inhibiting ammonia loss from poultry manure with aluminum sulfate. **Journal of Environmental Quality**, v.24, n.4, p.687-692. 2000.

MOORE, P. A. Treating Poultry Litter with Aluminum Sulfate (Alum). 2012 **SERA-17**, Minimizing Phosphorus Losses from Agriculture. University of Tennessee Extension. p.1-2.

MOORE, P. A.; DANIEL, T.C; EDWARDS, D. R.; et al. Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter. **Journal of Environmental Quality**. Qual. 24: 293–300, 1995.

MOORE, P. A.; DANIEL, T. C.; EDWARDS, D. R.; et al. Evaluation of chemical amendments to reduce ammonia volatilization from poultry litter. **Poultry Science** 75:315–320, 1996.

NATALE, Willian.; PRADO, Renato.; ROZANE, Danilo E.; et al. Efeito da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.31, p.1475-1485, 2007.

NEME, Rafael.; SAKOMURA, Nilva K.; OLIVEIRA, Mauro D.S. de.; et al. Adição de Gesso Agrícola em Três Tipos de Cama de Aviário na Fixação de Nitrogênio e no Desempenho de Frango de Corte. **Ciência Rural**, v.30, n.4, p.687-692, 2000.

OLIVEIRA, Maria C.; ALMEIDA, Clayton A.; ANDRADE, Dalton O.; et al. Teor de matéria seca, ph e amônia volatilizada da cama de frango tratada ou não com diferentes aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.951-954, 2003.

OLIVEIRA, M.C.; FERREIRA, H.A.; CANCHERINI, L.C. Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.4, p.536-541, 2004.

OWADA, Adriana N.; NÄÄS Irenilza, A.; MOURA, Daniella J. de.; et al. Estimativa de bem-estar de frango de corte em função da concentração de amônia e grau de luminosidade no galpão de produção. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.611-618, 2007.

PAGANINI, F.J. **Produção de frangos de corte: manejo de cama**. Campinas: FACTA, p.256-300, 2004.

PAIVA, Doralice P. de. Controle de moscas e cascudinhos: desafios na produção agrícola. In: Simpósio Sobre Resíduos na Produção Avícola. 2000. Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Aves e Suínos, 2000. p.21-26, 2000.

PATRIZI, W.L.; SERAFIM R.S.; **Utilização de sulfato de cálcio (gesso agrícola) como aditivo para minimizar a perda de nitrogênio no esterco de bovinos de corte confinados**. 2011. 6f. Trabalho de conclusão de curso (Pós Graduação Lato Sensu – Manejo de pastagem) – FAZU, Uberaba, 2011.

PALHARES, Julio C.P. **Uso da cama de frango na produção de biogás**. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-avicultura/administracao/artigos/uso-cama-frango-producao-t1104/124-p0.htm>>. Acesso em: 27 Mar. 2013.

POPE, M.J.; CHERRY, T.E. An evaluation of the presence of pathogens on broiler raised on poultry litter treatment®–treated litter. **Poultry Science**, v.79, p.1351:1355, 2000.

PREUSCH, P.L.; ADLER, P.R.; SIKORA, L.J.; TWORKOSKI, T.J. Nitrogen and phosphorus availability in composted and uncomposted poultry litter. **Journal of Environmental Quality**, v.31, p.2051-2057, 2002.

PROCHNOW Luís L; KIEHL Jorge C.; PISMEL Fabio S.; et al. Controlling ammonia losses during manure composting with the addition of phosphogypsum and simple superphosphate. **Scientia Agrícola**, v.52, n.2, p.346-349, 1995.

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

ROSTAGNO, Horácio S.; ALBINO, Luiz F.T.; DONZELE, Juarez L.; et al. **Tabelas brasileiras para suínos e aves: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed, Viçosa, MG: UFV/DZO, p.186, 2005.

SAMPAIO, M.A.P.N.; SCHOCKEN-INTURRINO, R.P.; SAMPAIO, A.A.M.; etl al. Estudo da população microbiana e da liberação de amônia da cama de frango tratada com gesso agrícola. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.51, n.6, p.559-564, 1999.

SANTOS. R.L.; NUNES, V.A.; BAIÃO, N.C. Pododermatite de contato em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, n.6, 2002.

SAMPAIO, M.A.P.M.M.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; SAMPAIO, A.A.M.; et al. Temperatura, umidade e pH da cama de frangos com a adição de gesso durante o ciclo de criação. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997.

SANTOS, E. C., et al., Avaliação de alguns materiais usados como cama sobre o desempenho de frangos de corte, 2000. Lavras, MG, 2000.

SANTOS, Tânia M. B.; LUCAS, Junior J.; SAKOMURA, Nilva K. Efeitos de densidade populacional e da reutilização da cama sobre o desempenho de frangos de corte e produção de cama. **Revista Portuguesa de Ciência Veterinária**, n. 100, p.45-52, 2005.

SANTOS, Fabiano G. dos. **Avaliação da adição de gesso e do revolvimento em pilhas de compostagem e na qualidade do composto de esterco de ave poedeira**. 2008. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

SANTOS, T. M. B. dos. **Caracterização química, microbiológica e potencial de produção de biogás a partir de três tipos de cama, considerando dois ciclos de criação de frangos de corte**. 1997. 95 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

SEIFFERT, Nelson F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola, 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Aves e Suínos, p.1-20, 2000.

SHARMA, V.K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; et al. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting. **Energ. Convers. Manage.**, v.38, n.5, p.453-478, 1997.

SILVA, Dirceu J.; QUEIROZ, Augusto C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, Edmilson E.; AZEVEDO, Pedro H.S.; DE-POLLI, Helvécio. Determinação da respiração basal e quociente metabólico do solo. **Comunicado Técnico 99**. Seropédica, p.2, ago, 2007.

SILVA, Fabrício S.; SANTOS, Bruno J.M.; FERREIRA, E. Uso de aditivos químicos para controle de volatilização de amônia em cama de frango. **Revista Científica do Centro Universitário de Barra Mansa**, v. 10, n. 19. P. 20-26, 2008.

SILVA, Yolanda L.; RODRIGUES, Paulo B.; FREITAS, Rilke T.F.; et al. Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Desempenho e teores de minerais na cama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 840–848, 2006.

STATGRAPHICS centurion XVI. User manual. StatPoint, Inc, 2009. Disponível em: <<http://www.statgraphics.com>> Acesso em: 21, out. 2012.

SONODA, Lília T. **Reutilização de camas de frango utilizando conceitos de compostagem**. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

TESSARO, Amarildo A. **Potencial energético da cama de aviário produzida no sudoeste do paraná utilizada como substrato para produção de biogás**. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC), Curitiba, 2011.

TEUSCHER, H., ADLER, R. **El suelo y su fertilidad**. Companhia Editorial Continental, 1. ed., 510p, 1995.

TRANI, Paulo E.; CAMARGO, Mônica S.; TRANI, André L.; et al. **Superfosfato simples com esterco animal: um bom fertilizante organomineral**. 2008. Artigo em Hipertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_2/organomineral/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/organomineral/index.htm)>. Acesso em: 18/1/2013.

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). Kyoto protocol, 1998. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>>. Acesso em: 29 junho, 2012.

VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.; et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, n.58, p.59-85, 2009.

VIGODERIS, Ricardo B. **Sistemas de aquecimento de aviários e seis efeitos no conforto térmico ambiental, qualidade do ar e performance animal, em condição de inverno, na região sul do Brasil**. 2006. 104 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

VIGODERIS, Ricardo B.; CORDEIRO, Marcelo B.; TINÔCO, Ilda F.F.; et al. Avaliação do uso de ventilação mínima em galpões avícolas e de sua influência no desempenho de aves de corte no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1381-1386, 2010.

WILDEY, H. Manage turkey litter to control ammonia. **Poultry Digest**, v.43, p.257, 1984.

WILLIAMS, C.M.; BARKER, J.C.; SIMS, J.T. Management and utilization of poultry wastes. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v.162, p.105-157, 1999.

WYATT, C. L.; GOODMAN, T. N. The utilization of recycled sheetrock (refined gypsum) as a litter material for broiler houses. **Poultry Science**, v.71, p.1572-1576, 1992.

ZHANG, Y.; HE, Y. Co-compostig solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. **Bioresource Technol.**, v.97, n.16, p. 2024- 2031, 2006.

## 8. APÊNDICES

### APÊNDICE A - Implantação dos quadros na área de pinteiro do aviário



APÊNDICE B - Procedimento para quantificação de  $\text{CO}_2$  e  $\text{NH}_3$ 