

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOEXPERIMENTAÇÃO**

**CONTROLE DO *ALPHITOBIOUS DIAPERINUS* E ESTUDO DOS
PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS EM CAMAS DE AVIÁRIO
REAPROVEITADAS, UTILIZANDO CAL E LONA NA SUPERFÍCIE**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Vandreice Salamoni Gehring

**Passo Fundo, RS, Brasil
2018**

CONTROLE DO *ALPHITOBIOUS DIAPERINUS* E ESTUDO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS EM CAMAS DE AVIÁRIO REAPROVEITADAS, UTILIZANDO CAL E LONA NA SUPERFÍCIE

Vandreice Salamoni Gehring

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Bioexperimentação, Área de Concentração em Bioexperimentação, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Bioexperimentação**

Orientador: Dr. Fernando Pilotto
Coorientadora: Dra. Luciana Ruschel dos Santos

Passo Fundo, RS, Brasil
2018

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE MESTRADO EM BIOEXPERIMENTAÇÃO**

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado

**CONTROLE DO *ALPHITOBIUS DIAPERINUS* E ESTUDO DOS PARÂMETROS
FÍSICOS E QUÍMICOS EM CAMAS DE AVIÁRIO REAPROVEITADAS,
UTILIZANDO CAL E LONA NA SUPERFÍCIE**

Elaborada por
Vandreice Salamoni Gehring

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Bioexperimentação

Comissão Examinadora

**Fernando Pilotto, Dr. UPF
(Orientador/Presidente)**

**Passo Fundo, RS, Brasil
2018**

CIP – Catalogação na Publicação

G311c Gehring, Vandreice Salamoni

Controle do *Alphitobius diaperinus* e estudo dos parâmetros físicos e químicos em camas de aviário reaproveitadas, utilizando cal e lona na superfície / Vandreice Salamoni Gehring. – 2018.
67 f. : il., color. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Pilotto.

Coorientadora: Profa. Dra. Luciana Ruschel dos Santos.

Dissertação (Mestrado em Bioexperimentação) – Universidade de Passo Fundo, 2018

1. Frango de corte. 2. Aviários. 3. Contaminação microbiana.
I. Pilotto, Fernando, orientador. II. Santos, Luciana Ruschel dos,
coorientadora. III. Título.

CDU: 636.5:579

Catálogo: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser meu refúgio, ter me concedido a vida e possibilitado cada uma de minhas vitórias.

Aos meus pais, Valdomiro e Maria Alice, e meu irmão Ezequiel, por serem o alicerce de todas as conquistas! Agradeço por todos os sacrifícios e abdições!

Ao orientador, Fernando Pilotto, pela disponibilidade, comprometimento e dedicação.

À co-orientadora Luciana Ruschel dos Santos, pelos ensinamentos, confiança, amizade e que em todos os momentos acreditou em mim.

À BRF-Serafina Correa, por tudo que me possibilitou alcançar e, em especial:

Às chefias pelo incentivo e apoio.

À Universidade de Passo Fundo, agradeço pela oportunidade.

Aos estagiários, colegas e amigos pela ajuda, contribuição e colaboração na condução da pesquisa.

A todos que, mesmo não citados aqui, contribuíram para a realização desse sonho.

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais, irmão e sobrinho, pelo apoio, carinho, amor e compreensão.

Ao meu orientador, Fernando Pilotto, pela competência profissional, dedicação e caráter.

EPIGRAFE

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota”

Theodore Roosevelt

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| LISTA DE ABREVIATURAS | x |
| RESUMO | xi |
| ABSTRACT | xii |
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA | 15 |
| 2.1 A AVICULTURA: DEMANDA DE PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO..... | 15 |
| 2.2 CAMA DE AVIÁRIO: MICRO-ORGANISMOS ASSOCIADOS, REUTILIZAÇÃO E TRATAMENTOS..... | 18 |
| 2.2.1 Micro-organismos associados | 19 |
| 2.2.1.1 <i>Alphitobius diaperinus</i> | 23 |
| 2.2.2 Reutilização de cama de aviário | 25 |
| 2.2.3 Tratamentos de camas de aviários | 26 |
| 2.2.3.1 Aplicação de cal – método químico..... | 26 |
| 2.2.3.2 Lona na superfície– método biológico de enlonaento..... | 29 |
| 2.2.3.3 Parâmetros físico-químicos..... | 33 |
| 2.2.3.3.1 pH..... | 33 |
| 2.2.3.3.2 Amônia..... | 34 |
| 2.2.3.3.3 Temperatura..... | 35 |
| 2.2.3.3.4 Água (Aw)..... | 35 |
| 2.2.3.3.5 Umidade..... | 36 |
| 3. CAPÍTULO 1 | 37 |
| Resumo..... | 39 |
| Introdução..... | 41 |
| Materiais e métodos..... | 44 |
| Resultados e discussão..... | 45 |
| Referências..... | 53 |
| 4. CONCLUSÕES | 59 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 60 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 61 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Abate de frangos de corte por Estado – 2016 | 17 |
| Figura 2 – Fases do ciclo <i>Alphitobius diaperinus</i> | 23 |
| Figura 3 – Método de tratamento químico da cama aviária por alcalinização..... | 27 |
| Figura 4 – Enlonação de superfície..... | 29 |
| Figura 5 – Fermentação em leira sem cobertura..... | 31 |
| Figura 6 – Fermentação em leira com cobertura..... | 31 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|-------|--|
| ABPA | Associação Brasileira de Proteína Animal |
| BC | Banco Central |
| C/N | Carbono/Nitrogênio |
| CEPEA | Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada |
| ESALQ | Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz |
| PDD | Pododermatite |
| SIF | Serviço de Inspeção Federal |
| UE | União Europeia |
| UFC/g | Unidade Formadora de Colônias por grama |
| USDA | United States Department of Agriculture |
| USP | Universidade de São Paulo |

RESUMO

**Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Bioexperimentação
Universidade de Passo Fundo**

CONTROLE DO *ALPHITOBIUS DIAPERINUS* E ESTUDO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS EM CAMAS DE AVIÁRIO REAPROVEITADAS, UTILIZANDO CAL E LONA NA SUPERFÍCIE

Autor: Vandreice Salamoni Gehring

Orientador: Dr Fernando Pilotto

Passo Fundo, 30 de julho de 2018

A reutilização da cama de aviário é uma prática utilizada para reduzir custos na produção de frangos de corte. A emprego de cal e a fermentação das camas, usando lona na sua superfície, são métodos que têm sido empregados para reduzir a contaminação microbiana e de insetos como o *Alphitobius diaperinus*. O objetivo desse estudo foi avaliar a temperatura, umidade, pH, atividade de água, amônia e controle do cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) em camas de aviário reaproveitadas, utilizando os tratamentos aplicação de cal e lona na superfície durante o período de 08 dias. Os parâmetros físico-químicos avaliados (umidade, temperatura, amônia, pH e atividade de água, não apresentaram diferença estatística entre os diferentes tratamentos de cama utilizados (adição de cal e fermentação com lona). A concentração de amônia aumentou significativamente na cama com a colocação da lona, chegando a apresentar até 635,66 ppm, contudo não houve diferença entre os tratamentos com diferentes inclusões de água. As temperaturas aferidas na cama não atingiram níveis críticos válidos para eliminação de micro-organismos, ficando na faixa de 26 a 27°C semelhante à registrada na temperatura ambiente. O nível de pH máximo observado foi de 8,73, no tratamento com adição de cal virgem, no entanto, não atingiu valores para ocorrer uma significativa redução microbiana que é acima do pH 9. Não houve diferença entre os tratamentos quanto à umidade das camas e atividade de água e ambos os parâmetros se demonstraram favoráveis ao desenvolvimento dos micro-organismos. Em relação ao efeito dos tratamentos no controle dos cascudinhos, os tratamentos colocação de lona com adição de 02 e 03 litros de água e 03 litros de água mais 600 g de cal por metro quadrado apresentaram a eliminação de 100% dos insetos. Esse resultado está associando a volatilização da amônia em condições de fermentação e a potencialização da produção de gás quando associada água mais cal. Os resultados indicam que ambos os métodos que hoje estão sendo utilizados para a desinfecção da cama, precisam ser aperfeiçoados para garantir a eliminação dos principais micro-organismos patogênicos para a avicultura. Quanto à eliminação dos cascudinhos, a amônia em quantidades acima de 400ppm se demonstrou eficiente no seu controle.

Palavras-chave: camas de aviário, contaminação microbiana, frangos de corte.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Bioexperimentação
Universidade de Passo Fundo

**CONTROL OF *ALPHITOBIOUS DIAPERINUS* AND STUDY OF PHYSICAL AND
CHEMICAL PARAMETERS IN REAPPROVED AVIARY BEDS, USING LIMBS AND
CANVAS ON THE SURFACE**

Author: Vandreice Salamoni Gehring

Advisor: Dr. Fernando Pilotto

Passo Fundo, July 30, 2018.

The reuse of poultry bed is a practice used to reduce costs in the production of broilers. The use of lime and the fermentation of beds, using canvas on its surface, are methods that have been employed to reduce microbial and insect contamination such as *Alphitobius diaperinus*. The objective of this study was to evaluate the temperature, humidity, pH, water activity, ammonia and control of the nest egg (*Alphitobius diaperinus*) in reutilized aviary beds, using treatments of lime and canvas on the surface during the period of 08 days. The physical-chemical parameters evaluated (moisture, temperature, ammonia, pH and water activity, did not present statistical difference between the different bed treatments used (addition of lime and fermentation with tarpaulin). However, there was no difference between the treatments with different water inclusions, and the temperatures measured in the bed did not reach critical levels for the elimination of microorganisms, ranging from 26 to 27°C. The maximum pH level observed was 8.73, in the treatment with addition of virgin lime, however, did not reach values to occur a significant reduction microbial that is above pH 9. There was no difference between the treatments on bed wetness and water activity and both parameters were shown favorable to the development. In relation to the effect of the treatments in the control of the small cascudinhos, the treatments placing of canvas with addition of 02 and 03 liters of water and 03 liters of water plus 600 g of lime per square meter showed the elimination of 100% of insects. This result is associating the volatilization of ammonia under fermentation conditions and the potentiation of gas production when associated with lime water. The results indicate that both methods that are currently being used for bed disinfection need to be improved to ensure the elimination of major pathogenic microorganisms for poultry farming. As for the elimination of the cascudinhos, ammonia above 400ppm proved to be efficient in its control.

Keywords: aviary beds, microbial contamination, broiler chickens.

1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira é um setor de destaque no segmento agroindustrial, sendo uma das atividades zootécnicas que mais evoluiu nas últimas décadas. A produção de frango é uma das principais atividades econômicas em diversas regiões do país, principalmente nos estados do Sul e Sudeste. O crescimento desse tipo de produção no Brasil garantiu uma posição de destaque entre os maiores produtores mundiais de carne de frango, junto aos Estados Unidos e China. De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), a produção brasileira de frangos em 2016 atingiu 12,9 milhões de toneladas, assumindo o segundo lugar mundial, que antes era da China, enquanto as exportações foram recorde em 2016, com 4,38 milhões de toneladas¹.

Além da busca pela melhoria nos índices zootécnicos, a avicultura nacional preocupa-se em manter boas condições sanitárias das aves, oferecendo alimento seguro e saudável para o consumidor. Para garantir a inocuidade dos alimentos, o sistema de produção avícola é exclusivamente confinado e busca um nível elevado de biossegurança.

Esse sistema tem estimulado práticas de manejo diferenciadas, como o aumento do número de lotes criados na mesma cama devido aos altos custos para substituí-la a cada lote de produção e escassez de maravalha, bem como o crescimento na densidade de criação e intervalos entre lotes reduzidos. Todavia, a cama recebe as excretas das aves que são acumuladas ao longo dos lotes e pode se tornar fonte de propagação de patógenos se não for reutilizada adequadamente. Portanto, devido ao risco sanitário e suas implicações na produção e saúde pública, é importante que a cama reutilizada seja submetida a um tratamento eficiente no período de vazio entre lotes para reduzir o risco microbiológico^{2,3,4}.

Dessa forma, é importante que estudos científicos sejam desenvolvidos para avaliar a ação dos tratamentos de cama sobre patógenos relevantes para a produção avícola, respaldando as práticas adotadas. Diferentes métodos de tratamento da cama de aviário vêm sendo utilizados com o objetivo de reduzir o risco microbiológico. No Brasil, os métodos mais comuns são a fermentação em leira, lona na superfície da cama e a aplicação de cal⁵.

A cama pode hospedar variados patógenos aviários, como agentes virais, parasitas e bactérias, oriundos de possíveis doenças em lotes de aves, o que exige a sua substituição para que não haja contaminação subsequente. Esses patógenos inserem caracteres próprios quanto à resistência e múltiplas condições do ambiente e do agente causador da infecção, além da maneira de como a cama se caracteriza. Por isso são variados os tratamentos que podem ser aplicados sobre cada agente de infecção e que irá permitir a reutilização da cama de aviária⁶.

A presença de *Salmonella* spp. na cama aviária é crítica para a permanência da bactéria nos abatedouros. A origem de contaminação pode ser os próprios pintos, vetores e porções de cama não submetidas ao tratamento entre lotes. A dificuldade de controle torna fácil sua perpetuação na produção de aves bem como a possibilidade de contaminação das carcaças no momento do abate⁶.

Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar os métodos de aplicação de cal e lona na superfície para reutilização de camas de aviários, bem como verificar a redução da infestação por cascudinho (*Alphitobius diaperinus*).

A presente dissertação é composta por: introdução; revisão da literatura sobre: a avicultura em sua demanda de produção e exportação; cama de aviário, com suas características microbiológicas, reutilização e manejo de tratamento; as características microbiológicas, como a *Salmonella* spp. e o *Alphitobius diaperinus*; a reutilização da cama de aviário; o manejo de tratamento, a partir da aplicação de cal como método químico e a fermentação com lona na superfície, como método biológico de enlonação, além de conclusões e considerações finais. Compõe também esta dissertação um artigo científico derivado dos resultados obtidos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A AVICULTURA: DEMANDA DE PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO

No decorrer dos anos, a carne de frango tem marcado espaço no hábito alimentar, sendo considerada alta fonte de proteína animal. Em 2017, os Estados Unidos ocupavam posição de maiores produtores mundiais, com 20,62% da estimativa de produção. Já o Brasil pontuava na segunda posição, com produção de 14,69% do total mundial, conforme indicadores do *United States Department of Agriculture* (USDA). Em seguimento, despontam a União Europeia, com 12,97%, e a China, com 12,86%. Assim, os quatro maiores produtores mundiais comportam 61,15% da produção⁷.

Em 2018, a avicultura brasileira reduziu em 8% as exportações em relação ao ano passado, sendo que, no primeiro trimestre recuaram 5,6%. Essa redução foi gerada pela restrição dos clientes à carne brasileira devido a problemas de contaminação por *salmonela*, sendo esse o grande desafio da avicultura brasileira, já que o Brasil é o maior exportador de carne de frangos do mundo e qualquer evento impacta a produção. Considerando apenas o mês de março, o setor aviário exportou 376,6 mil toneladas de carne de frango, o que indica um desempenho 2,2% menor que as 385,1 mil toneladas registradas no mesmo período de 2017. A receita dos embarques atingiu US\$ 589,9 milhões, número 10% menor que as US\$ 655 milhões do terceiro mês do ano passado⁸.

Em situação de destaque, a avicultura consolida-se em demandas no cenário brasileiro e mundial com indicadores de aumento de produção que, em sendo exportável, mostra a importância de continuar cumprindo com os critérios sanitários indispensáveis para consolidação no mercado consumidor.

O Brasil apresenta uma das aviculturas mais desenvolvidas do mundo, em sua composição tecnológica quanto à produção de frangos, com impacto para o mercado e a economia em quase todos estados nacionais^{9,3}.

Aproximadamente, 90% das aves abatidas em ambiente brasileiro produzem-se no processo de integração vertical, que foi um formato inaugurado ainda na década de 60, com empresa de grande porte para controlar a cadeia que agrega a produção, abate, processamento e distribuição. Na sua função, a agroindústria integradora abastece o mercado de aves para procedimento de engorda, assistência técnica e insumos agrícolas, distribuídos em ração e medicamentos. Por sua vez, os produtores ofertam as aves para serem abatidas, em observância

a um padrão de qualidade, em tempo hábil, consolidando a terceirização do processo de engorda de frangos⁹.

Esse formato colabora para que a produção da carne de frango apresente um crescimento, com relevância justificada pela tecnologia homogênea com grande quantidade de aves confinadas em aviários. São práticas do mercado produtivo que concorrem para gerar empregos, renda e manutenção do homem no campo, em especial, em pequenas propriedades¹⁰.

O crescimento da produção avícola se deve também pela implantação de programas de qualidade que envolvem desde a genética, nutrição, manejo e biossegurança além práticas adequadas produtivas e critérios estabelecidos para o bem-estar animal e para que o meio ambiente seja preservado⁹.

Essas práticas inseridas e programadas foram exigências para que a produção pudesse ser exportada, em razão dos cuidados da população com a saúde, sendo reforçada após o período de 2006, com o acanhamento de grandes mercados consumidores da Europa e da Ásia, com indicadores de registros de focos de Influenza H5N1 (gripe aviária), oriunda de um subtipo do vírus influenza comum, trazendo taxa elevada de mortalidade¹¹.

A carne de frango, assim, posiciona o Brasil como o principal país exportador, o que revela a importância do setor no que se refere à balança comercial. A Tabela 1 expõe os países exportadores, colocando a produção exportadora brasileira de frango em primeiro lugar.

Tabela 1 – Exportações mundiais de carne de frango – 2013-2017

| País | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Brasil | 3.482 | 3.558 | 3.841 | 3.889 | 4.000 |
| Estados Unidos | 3.332 | 3.310 | 2.867 | 3.014 | 3.091 |
| União Europeia | 1.083 | 1.133 | 1.179 | 1.276 | 1.250 |
| Tailândia | 504 | 546 | 622 | 690 | 770 |
| China | 420 | 430 | 401 | 386 | 400 |
| Turquia | 337 | 378 | 321 | 296 | 360 |
| Ucrânia | 142 | 168 | 158 | 236 | 300 |
| Argentina | 334 | 278 | 187 | 158 | 185 |
| Bielorússia | 105 | 113 | 135 | 145 | 145 |
| Canadá | 150 | 137 | 133 | 134 | 140 |
| Rússia | 48 | 50 | 71 | 105 | 115 |
| Demais países | 338 | 377 | 344 | 356 | 323 |
| Total | 10.275 | 10.478 | 10.259 | 10.685 | 11.079 |

Fonte: Giehl, 2017⁷

De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP), datado de 10 de janeiro de 2018, pontuam que a produção de carne de frango, no Brasil, deve apresentar um crescimento de 3,34% em 2018. A demanda, com superação, também deve mostrar crescimento entre 1,32% e 1,57%, no ano em curso, caso se confirme a economia em alta. Esse panorama evidencia a importância das exportações para se consolidar e destaca a importância dos critérios sanitários a serem observados pelo mercado internacional¹².

Dados ainda sugerem que, frente à economia com estimativas de 0,62% a.a., registradas pelo Banco Central do Brasil (BC), entre os brasileiros, o consumo de carne de frango pode apresentar um crescimento de 1,32%, em 2018, o que implicaria 7,4% no excedente a ser exportado. Na probabilidade da absorção desse excedente pelo setor de exportação, o índice pode atingir a 34,5% da produção nacional¹².

Já, em outras previsões, em situação também de crescimento econômico a se efetivar, o BC pontua com 2,53% a.a., e o Cepea estima crescimento de 1,57%, com excedentes de 6,91%, no decorrer de 2018. Esse quadro de previsões aponta que uma parte considerável da produção nacional de frangos ainda seria destinada em 34,33% ao mercado exportador. A China é um dos mercados que absorve o excedente da produção nacional, com previsão de aumento de 7%¹².

Já no que se refere ao mercado doméstico, a carne de frango, na sua competitividade, pode crescer devido aos preços mais baixos em 2017 e aumentar, assim, o consumo nacional¹².

A Figura 1 mostra que, em bases regionais, a região Sul destaca-se quanto ao abate de frangos.

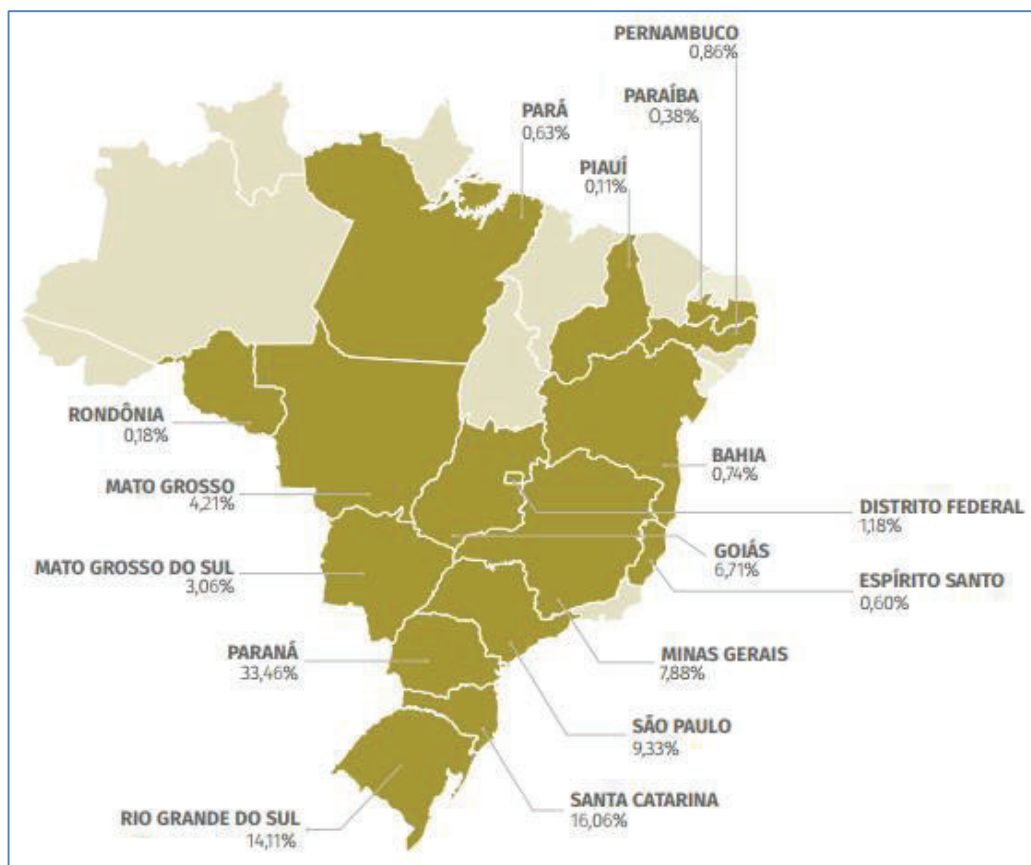


Figura 1 – Abate de frango por Estado - 2016

Fonte: ABPA (2017)¹

Os estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul compõem 60,63% do abate de frangos, efetivado no Brasil¹. Indicadores de 2015 pontuam que a região Sul também é responsável por mais de três quartos das exportações de carne de frango, com relevância para o estado do Paraná, com 35,07%, seguidos por Santa Catarina com 23,30% e o Rio Grande do Sul com 17,66%¹³.

2.2 CAMA DE AVIÁRIO: MICRO-ORGANISMOS ASSOCIADOS, REUTILIZAÇÃO E TRATAMENTOS

A cama de aviário consiste em material utilizado com objetivo de cobrir o piso de uma instalação avícola. Sua função é absorver a umidade das excretas, diluí-las, bem como evitar o contato com as aves, podendo ser utilizada como isolante térmico, o que dificulta o contato direto da ave com o piso. Isso pode diminuir a oscilação da temperatura no galpão, o que representa conforto e propicia uma superfície macia à ave¹⁴, o que reduz a incidência de lesões

em regiões como peito, articulações e coxim plantar^{15,3}. Ademais a cama aviária contribui para que as aves possam ciscar e se banhar¹⁶.

Devido ao aumento de produção, alguns cuidados básicos de biossegurança acabam sendo restringidos. Se por um lado o mercado importador exige qualidade microbiológica da produção, por outro, o crescimento da demanda à carne de frango estimula a retração de medidas simples, porém indispensáveis de manejo sanitário, como os procedimentos de higienização e tempo de vazio sanitário, colocando em risco a saúde do setor avícola. A higienização das instalações, associada ao vazio sanitário é fundamental para reduzir os riscos de infecções e a quebra do ciclo de vida de determinados agentes patogênicos.

Na região Sul, a produção de aves de corte tem utilizado a maravalha como material na cama aviária, que é originário do beneficiamento de madeiras de eucalipto e pinus, com partículas em tamanho aproximado de 3 cm e que mostra uma boa absorção da umidade³. Também tem sido usada em algumas regiões a casca de arroz misturada com a maravalha¹⁵.

Além disso, fenos de variados capins, casca de amendoim, polpa de citros e palhadas de culturas em geral ainda têm sido utilizadas para compor a cama de aviário, dependendo do que há em disponibilidade na região e por apresentar efeito de absorção de umidade¹⁷.

A cama de aviário, portanto, deve mostrar condições microbiológicas que condicionem a sua utilização pôr os frangos em riscos sanitários. A escolha e manejo adequados da cama promovem melhorias no desempenho das aves. Práticas como a revirada da cama manualmente ou por meio de equipamentos adequados e a sobreposição de cama nova podem ser adotadas na tentativa de amenizar problemas como o excesso de umidade e a compactação. Já em situação inversa, cuja falta de critério com o manejo da cama pode ser observada, os resultados na criação de frangos de corte podem ser significativamente comprometidos¹⁸. Além dessas práticas, é importante observar fatores como a umidade, temperatura, pH e espessura da cama.

O material de cama deve ser escolhido de forma criteriosa, já que as aves permanecem nessa cama praticamente 100% de sua vida, havendo apenas dois períodos sem contato, que são período da eclosão no incubatório até a chegada na granja e o carregamento no aviário até a chegada no abatedouro¹⁹.

2.2.1 Micro-organismos associados

Os micro-organismos, oriundos das excretas dos frangos, desempenham função relevante para a formatação das características microbiológicas da cama do aviário. Ao finalizar o lote, a cama dispõe micro-organismos da excreta das aves, junto àqueles do próprio substrato

ou causados pelo ar, pessoas, vetores e equipamentos, que apresentam concentrações próximas a 1 bilhão por grama²⁰.

A microbiota aviária depende da quantidade de aves alojadas, podendo ter alterações, conforme a idade e dieta dos frangos e, também, do material fecal da cama, secreções e descamações dos frangos pelo tempo de criação^{21,22,23}. Pode comportar também bactérias e fungos, que se encontram no ambiente, associados a roedores, artrópodes e insetos que podem disseminar doenças¹⁵.

O acúmulo de bactérias da cama apresenta uma variação entre 10^7 a 10^9 unidades formadoras de colônia (UFC) por grama¹⁹, podendo ainda exceder as 10^{10} , sendo as bactérias, na maioria, gram-positivas, sem indicar riscos para saúde das pessoas e dos animais^{20,22,24}.

Muitos fatores predis põem a disseminação dos micro-organismos na cama aviária, com destaque para o pH, que deve medir entre 6 e 9, atividade de água, com índices de 0,90, e a temperatura ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $32\text{ }^{\circ}\text{C}$)^{22,6}. Todavia, tais pontuações podem concorrer para que disseminem os micro-organismos, oportunistas intoleráveis, em situações cuja cama é reutilizada para além de uma criada de aves.

Dentre as bactérias totais, o gênero Gram positivo instala-se próximo a 90% da população presente nas camas^{20,25}. O mundo científico pontua dois grupos de bactérias, os que são produtores de gases tóxicos²⁶ e os que possuem potencial patogênico²⁷.

O grupo dos gases tóxicos incluem bactérias com diversificadas ações enzimáticas, que degradam o nitrogênio e emitem amônia ao meio ambiente²⁸. No grupo que se inserem as bactérias de potencial patogênicos inserem-se as que podem causar doença nas aves e em seres humanos, que são: *Escherichia coli* (E. coli), *Staphylococcus* spp., *Clostridium perfringens*, *Campylobacter* spp. e *Salmonella* spp.^{29,30}.

A *Escherichia coli*, que implica problemas de segurança alimentar, tem sido observada em 12,5% do total de bactérias se apresentam nas camas aviárias³¹, tendo sido presente entre 10^5 e 10^{10} em uma média de 10^9 UFC/g²⁴. Podem ser observadas, em especial, as linhagens patogênicas para aves, que são causadoras de dermatite necrótica nos frangos⁶.

A *Staphylococcus* pode trazer problemas de segurança alimentar³², bem como levar a infecções oportunistas e contaminar as carcaças no processamento⁶. Tem sido considerada em concentração de 80% em camas aviárias, com trabalhos de métodos tradicionais de cultura microbiológica³². Foram observadas ainda concentrações de 33%, em sequenciamento gênico²⁰ e 29,1%³¹ em cultivo tradicional, bem como 19,2%, por meio de prova molecular³³.

A bactéria *Clostridium perfringens*, por meio da análise do gene 16S rRNA, foi observada em índice de 7,78%²⁰, podendo ter implicações nos alimentos, mostra alta presença

em camas reutilizadas³³ e, também, eventualmente, causar infecções oportunistas e/ou provocar a contaminação das carcaças no processamento⁶.

O micro-organismo *Campylobacter*, em abordagem molecular, não foi encontrado, mostrando pouca capacidade de se manter viável em cama aviária^{20,26,34,35}. Essa bactéria está associada a problemas que se referem à segurança alimentar^{36,37}.

A *Salmonella* spp. encontra-se entre as bactérias indesejáveis, que podem estar presentes na cama aviária e que apresenta risco alimentar na população. Essa bactéria é um importante patógeno para a saúde pública e tem sido uma preocupação na indústria de produtos avícolas, pois a dificuldade de controle facilita sua permanência na produção. Além disso, a resistência antimicrobiana é considerada uma das principais ameaças à saúde pública ligada à produção de alimentos de origem animal, incluindo a cadeia produtiva de aves²².

A cadeia produtiva aviária do Brasil vem sofrendo, desde 2017, embargos pelos europeus, decorrentes de contaminação por *Salmonella*. As exportações foram suspensas para a União Europeia (UE), por alegação de segurança alimentar⁸.

Como bactéria, a *Salmonella* spp. traz maior preocupação de ordem microbiológica da indústria avícola brasileira no que tange à segurança alimentar. Além desse aspecto, firma-se atenção a preocupações com os lotes, sobretudo para evitar quadros patológicos e reduzir o uso de antibióticos na produção²².

Os processos para exportação exigem que sistemas de avaliação dos riscos bacteriológicos da reutilização da cama sejam aplicados de rotina³⁸. Como critério de aceitação é exigido que a cama reutilizada seja tratada, estando, comprovadamente, livre de riscos biológicos. Logo, o controle sobre as bactérias da cama é de fundamental importância para a saúde pública e animal, bem como para o mercado exportador.

A Instrução Normativa n. 20 de outubro de 2016 regulamenta sobre o controle e o monitoramento de *Salmonella* spp. nos estabelecimentos avícolas comerciais e abate de aves, registrados no Serviço de Inspeção Federal (SIF), no intuito de reduzir a prevalência desse agente e fixar um padrão adequado de proteção ao consumidor. Nesse sentido, em seu artigo 30, estabelece:

Art. 30. Para os núcleos dos estabelecimentos avícolas de frangos e perus de corte positivos para *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella Typhimurium*, *Salmonella Gallinarum* e *Salmonella Pullorum* serão adotadas as seguintes ações sanitárias sob responsabilidade do médico veterinário que realiza o controle sanitário do estabelecimento:

I - fermentação das camas de todos os aviários do núcleo ou outro tratamento aprovado pelo Departamento de Saúde Animal - DSA/SDA/MAPA, capaz de inativar as salmonelas;

II - remoção e descarte de toda a cama e do esterco do núcleo após o tratamento previsto no inciso anterior, sendo proibida a reutilização no alojamento de aves;

III - limpeza e desinfecção das instalações e equipamentos após a remoção de toda a cama e esterco do aviário;

IV - adoção de vazio sanitário de, no mínimo, de quinze dias depois de concluídos os procedimentos de limpeza e desinfecção dos galpões; e

V - investigação para identificar a fonte de infecção e as vias de transmissão para as aves, bem como adoção de um plano de ação para prevenção de novas infecções³⁹.

O termo salmonelose é usado para denominar a infecção causada por bactérias do gênero *Salmonella*, da família *Enterobacteriaceae*. A *Salmonella* spp. é um bacilo gram-negativo que infecta todos os animais, inclusive as aves e o homem. Estão incluídos mais de 2500 sorotipos, havendo dois grupos spp. que são de interesse para a avicultura: as *Salmonellas* tíficas (*S. Gallinarum* e *S. Pullorum*), específicas das aves e causadoras de doença clínica com perdas produtivas e econômicas impactantes, podendo ser considerados de alta patogenicidade. Também as salmonelas paratíficas incluem os sorovares não restritos a um hospedeiro específico, como *S. Heidelberg*, que normalmente cursam com infecção subclínica em aves adultas, sendo potencialmente capazes de causar a contaminação dos alimentos e infecção humana⁴⁰.

Existe interesse em reduzir a presença dessa bactéria, tanto nas granjas quanto nas carcaças de aves abatidas, porém, as aves são criadas em contínuo contato com a cama, o que pode ser um foco de contaminação pelo agente. A sobrevivência da *Salmonella* na cama depende de fatores como temperatura, umidade, concentração de amônia e pH^{41,42}. Após instalada, pode permanecer no ambiente por longo período, chegando a 18 meses na cama de aviário⁴³. Portanto, é imprescindível a adoção de algum tipo de tratamento voltado à inativação ou redução de patógenos indesejáveis na cama reutilizada, visando a reduzir riscos à saúde humana e animal.

As aves podem se infectar por *Salmonella* por meio de contágio nas unidades de produção por variados sorovares de *Salmonella*, que se originam de pintos de um dia ou de remanescentes de lotes anteriores, que se transformam em fonte de contaminação; em

incubatórios, ou por meio da cama aviária, de água e ração contaminada, do manuseio e do transporte das aves⁴⁴.

Em camas com três dias de compostagem não foi identificada *Salmonella*⁴⁵, havendo concentração muito baixa ($<5 \times 10^3$ células/g de cama) em camas reutilizadas por cinco lotes consecutivos de frango⁴⁶. Foram também observados níveis muito baixos em 80% das granjas que utilizaram camas de segundo reuso³⁴.

Na concentração dessa bactéria em camas novas e reutilizadas, a quantidade encontrada foi de 10^4 e 10^5 UFC/g de cama aos 5 e 11 dias após o alojamento, sendo que não houve o isolamento desse microrganismo em camas reutilizadas por dois lotes, nesse mesmo período⁴⁷. Em um total de 10 camas reusadas, foi observado 28% de presença de *Salmonella*³⁵.

2.2.1.1 *Alphitobius diaperinus*

O inseto, *Alphitobius diaperinus*, pode ser chamado vulgarmente de “cascudinho” da cama das aves, e se ajusta ao ambiente, conforme disposição de alimento e umidade. Apresenta alto potencial de proliferação, provocando sérios prejuízos aos criadores, uma vez que as larvas causam dano na pele e nos tecidos do frango, o que pode acarretar estresse, hemorragia, anemia, infecções secundárias e morte. Na sua fase adulta, o cascudinho contribui para a perda de peso das aves, visto que a maioria dessas se alimentam do coleóptero, em detrimento da ração^{48,49}.

O cascudinho é um dos vetores da leucose aviária, sendo observadas, em seu interior, colônias de bactérias gram-positivas, gram-negativas e fungos⁵⁰. A Figura 2 mostra as fases cíclicas do *Alphitobius diaperinus*.

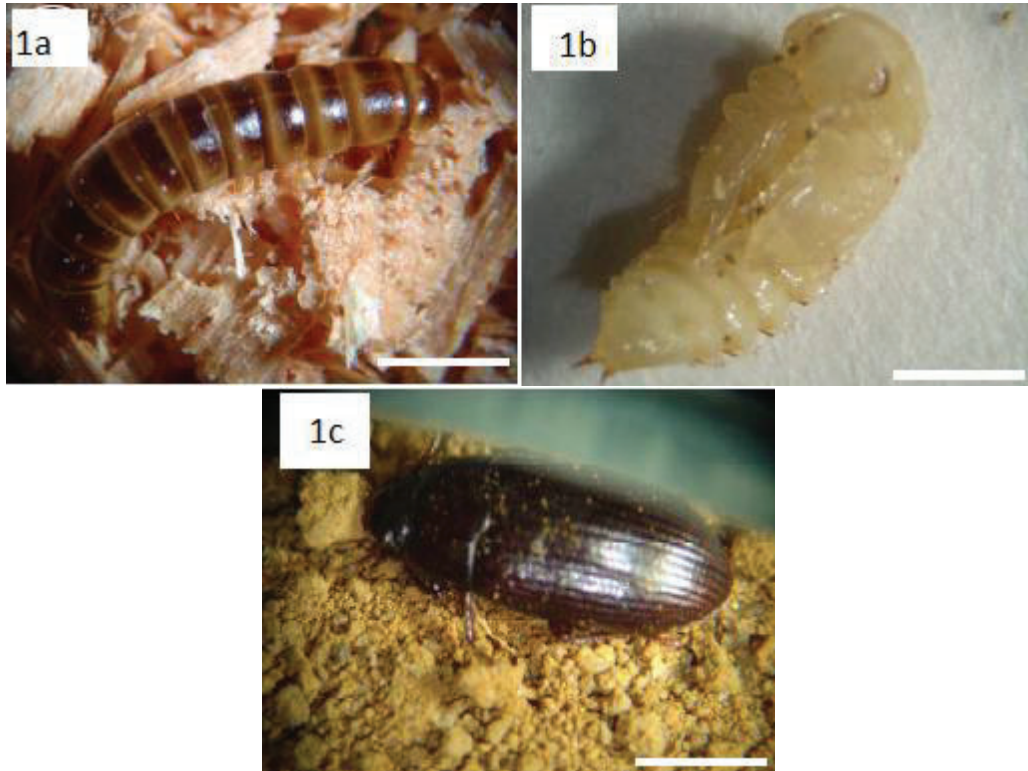


Figura 2 – Fases do ciclo de *Alphitobius diaperinus*. 1a: Larva; 1b: Pupa; 1c: Adulta
Fonte: Costa (2006)⁵¹

O ciclo biológico do cascudinho compreende as fases de ovo, larva, pupa e adulta, com duração entre 50 a 70 dias. Os intervalos entre cada fase estão diretamente ligados à temperatura. Primeiramente, os ovos são depositados em galerias no solo, quando o piso não é cimentado ou quando possui rachaduras, e em frestas nas instalações. A eclosão ocorre em 2 a 13 dias, sob temperaturas entre 18° C e 40° C⁵².

Após a larva perdura por 35 a 65 dias, variando de 6 a 11 estágios, sendo que, no Brasil, parecem chegar apenas até o 9° estágio. Também cavam galerias no solo e no sistema de isolamento térmico. Já a pupa perfaz um período de 4 a 17 dias⁵².

Os adultos podem viver até 400 dias, dependendo das condições ambientais, e a fêmea tem potencial para colocar mais de 2000 ovos, escolhendo o local ideal para o desenvolvimento da larva, geralmente nas linhas de comedouros e bebedouros. Com temperaturas entre 35° e 38° C, os estágios se desenvolvem mais rapidamente, e os índices de sobrevivência são maiores. Umidades entre 15 e 20% são mais propícias ao desenvolvimento desse inseto⁵².

A distribuição dos cascudinhos apresenta alta heterogeneidade, ou seja, ovos, larvas, pupas e adultos podem ser encontrados em qualquer parte do aviário, sendo observados larvas de últimos estágios, pupas e adultos a cerca de 10cm, no solo, preferencialmente abaixo de comedouros, onde a cama está mais densa e menos compactada, com baixa umidade. Tanto a

larva como o adulto permanecem no solo, em rachaduras e frestas do piso para se protegerem, principalmente, durante o período de limpeza, o que dificulta a eliminação desses insetos⁵³.

Nos aviários de frango de corte, larvas e adultos são as formas mais encontradas de cascudinhos. Em condições viáveis de temperatura, no período de aproximadamente 42 dias, o inseto atinge um ciclo de vida, significando que, a cada lote alojado, pode iniciar uma nova geração de insetos. Nos casos de alta infestação, podem se tornar um alimento alternativo para as aves, levando à redução de ganho de peso e piora na conversão alimentar, pois a carapaça do inseto pode causar lesões no trato gastrointestinal. A ave também pode ser comprometida sanitariamente, pois o cascudinho é considerado reservatório de patógenos como *Salmonella* spp. e *E. coli*, entre outros, podendo aumentar o risco de contaminação de carcaças no abatedouro. Nessa situação, o controle de cascudinhos é fundamental para a sanidade das aves, incluindo um bom reuso de cama e utilização de produtos químicos⁵³.

2.2.2 Reutilização de cama de aviário

Como prática de rotina, a reutilização da cama aviária é bastante aplicada na avicultura de corte de frangos em alguns países^{54,55,56}, sendo que, no Brasil, essa prática ocorre por um tempo médio de 6 criadas³.

Alguns cuidados devem ser seguidos e são necessários para o reuso da cama. Dentre esses, destaca-se a não reutilização da cama, caso tenham ocorrido problemas sanitários severos no lote anterior, mortalidade elevada, alta morbidade ou fatores que possam se tornar um desafio sanitário para o próximo lote. É rotineiro substituir a cama sempre que ocorra algum episódio de ordem sanitária no lote²², uma vez que a cama contaminada pode favorecer a perpetuação de patógenos no aviário entre os lotes⁵⁷.

A reutilização de cama não apresenta prejuízos para as aves, e aquelas criadas no segundo lote tendem a ser mais produtivas do que as criadas em cama nova, fato que pode ser explicado por uma maior imunidade gerada a partir do contato das aves com bactérias benéficas remanescentes do lote anterior, conferindo uma colonização precoce da flora intestinal⁵⁸.

Na produção de frangos, a reutilização da cama é uma prática utilizada para diminuir custos com a aquisição de camas novas, pois há dificuldade de obtenção de maravalha de qualidade com baixo custo, sendo também uma forma de diminuir o impacto ambiental, ao se reduzir o volume de cama produzido⁴.

Diante disso, é importante a adoção de um tratamento de cama eficiente para a redução dos riscos microbiológicos, na qual a prática da reutilização de cama apresenta-se como uma medida segura e recomendável⁵⁷.

Torna-se, assim, necessário considerar a potencialidade de absorção de umidade do material, que, em algumas situações, pode inviabilizar o manejo inadequado que foi efetivado nos lotes anteriores. Índices superiores a 25% de umidade podem provocar cristas e tornar o material compacto⁵⁹.

Já a cama compactada pode ocasionar em micro-organismos patogênicos e oportunistas, volatilizar o aumento de gases tóxicos como a amônia e levar à grande incidência de Pododermatite de contato (PDD) nos frangos. Em contrapartida, camas muito secas podem causar desidratação em pintinhos e doenças respiratórias, originadas da poeira, ocasionando o aumento de condensações no frigorífico^{59,60}. É essencial ainda a observância da não reutilização da cama, caso o lote anterior tenha sofrido desafio sanitário. Nessa situação, o aviário deve ser limpo e desinfetado além de ser feita uma nova cama para posterior alojamento¹⁵.

A concentração de micro-organismos, especificamente de bactérias patogênicas na cama é dos desafios com o qual se depara a prática da reutilização^{61,62}. Alta concentração desses microrganismos oriundos do reuso da cama pode condicionar os frangos a desafios sanitários, o que pode ocasionar elevado índice de mortalidade. Dessa forma, é imprescindível metodologias e tratamentos que diminuam a concentração de micro-organismos que não são desejados quando for realizada a reutilização da cama aviária^{63,57}. Entre os tratamentos utilizados na avicultura brasileira, destacam-se o químico, com a adição de cal, e o biológico, que considera os métodos fermentativos⁶.

2.2.3 Tratamento de cama de aviário

Dentre os métodos de manejo de tratamento de cama aviária, destacam-se a aplicação de cal, em sua caracterização química, o biológico, com a lona na superfície que constitui a cobertura da cama com lona na extensão do aviário⁶.

2.2.3.1 Aplicação de cal – método químico

Bastante utilizado nas agroindústrias avícolas, o tratamento para reutilização da cama aviária por meio de aplicação de cal tem sido bastante propagado para diminuir cargas bacterianas e sua multiplicação.

Em seu fator químico, a cal desempenha papel importante na inativação e controle de patógenos na cama de aviário. Pode ser destacada a diminuição de atividade da água (A_w), visto que a umidade favorece a multiplicação de bactérias. A aplicação de cal necessita equipamentos próprios para adição com uniformidade do produto e não tem demonstrado redução de bactérias, quando comparado ao tratamento de fermentação. No entanto, pode ser aplicado, associado a outros manejos se a umidade se apresentar excessiva⁶.

A cal virgem (CaO) tem se mostrado eficiente no controle de *Salmonella*, se forem utilizados mais de 300g.m² em camas de aviário⁶. A redução das bactérias é decorrente da elevação do pH e redução da atividade da água. O hidróxido de cálcio (cal hidratada) também melhora a qualidade da cama de frango. Todavia, o produto retém o nitrogênio na cama de frango por apenas duas semanas, sendo necessária uma reaplicação após esse período⁶⁴.

A aplicação de cal, além de contribuir para a diminuição do número de bactérias, pode melhorar o ganho de peso das aves, se for acrescentada em padrões de 0,2% e 1% do peso da cama⁶⁵. Ao comparar a cal hidratada com o sulfato de cobre (4%), ácido benzoico (2%) ou ácido acético (3%), foi observado que o sulfato de cobre e a cal hidratada mostraram-se mais efetivos, controlando a emissão de amônia pela fixação de nitrogênio nos dejetos durante 21 dias. Já os ácidos benzoico e acético controlaram a emissão de amônia por 10 e 15 dias, respectivamente⁶⁶.

A amônia é um gás excessivamente nocivo e tem sua produção em galpões de frangos, pode atingir a saúde das aves e dos trabalhadores. Ocasiona irritação nos olhos e no sistema respiratório e aumenta susceptibilidade a enfermidades respiratórias. Sua circulação se deve a diversos fatores, como a idade da cama, o período em que perdura o ciclo de frangos e tratamento entre os lotes¹⁵.

A amônia pode causar um grande dano ambiental, caso a cama aviária seja aplicada sem observar critérios, que incluem o uso abusivo de adubo, por ser hidrossolúvel e de fácil transporte por meio de soluções do solo, o que provoca a contaminação dos potenciais hídricos¹⁵.

Com origem nas excretas das aves, várias bactérias podem ser encontradas e influenciar nas condições ambientais da cama, por agirem nos processos de ciclagem dos nutrientes, podendo inclusive aquelas que são atuantes na decomposição do ácido úrico que resulta em amônia^{22,57}, cuja presença tem influência na viabilidade e dimensionamento bacteriano na cama de frango³⁸.

No que se refere à *Salmonella* spp. e *Clostridium* sp., há registros indicando redução em 97% das amostras com a aplicação de 300 g/m² de cal virgem e de até 100% entre 600 e

900 g/m². Além de alcalinizantes, esses produtos favorecem a redução da atividade de água e de pH em cama aviária e, após o 12º dia de administração de diferentes dosagens de cal virgem, demonstraram pH alcalinos¹⁹.

O pH é um indicador de elétrons dissociáveis, podendo ser modificado, e, na reutilização de cama de aviários, pode ser elevado ou reduzido em níveis que dificultam a multiplicação de bactérias. O pH da cama pode variar desde 6,0 a 9,0, o que permite a multiplicação da maioria das bactérias de interesse para a avicultura, incluindo patógenos como *Salmonella* e *Campylobacter*⁶⁷.

O hidróxido de cálcio (cal hidratada) desempenha um papel importante, devido à sua capacidade antimicrobiana. Sua ação se deve ao fato de estabelecer um pH alcalino, aproximadamente 12,5, onde a maioria dos microrganismos não sobrevive. Já foi demonstrado que a ação biológica do hidróxido de cálcio depende da dissociação iônica de íons cálcio e hidroxila. O pH elevado, resultante da liberação de íons hidroxila, é capaz de alterar a integridade da membrana citoplasmática, provocando injúrias químicas aos seus componentes orgânicos ou pela destruição de fosfolipídeos e ácidos graxos insaturados da própria membrana citoplasmática bacteriana. Portanto, os métodos de alcalinização da cama permitem a inibição de bactérias indesejáveis⁶⁷.

A Figura 3 expõe o método químico de alcalinização por distribuição em toda a superfície da cama aviária, antes da hospedagem das aves.



Figura 3 – Método de tratamento químico da cama aviária por alcalinização

Fonte: Silva et al (2007)³⁸

Esse método diminui a contaminação microbiológica e umidade, e eleva o pH da cama, os quais não permitem que enterobactérias patogênicas, tais como *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. possam sobreviver¹⁵.

Entretanto, o mecanismo da alcalinização deve contemplar a elevação de todos os equipamentos do aviário, queima de penas com lança chamas, remoção de crostas e de locais com maior umidade. Após, deve-se aplicar cal em toda a extensão do aviário na superfície da cama, no máximo três dias após a retirada das aves; incorporar cal na cama de aviário com um removedor apropriado; e manter o aviário fechado por cerca de 6 dias. Já três dias antes do alojamento das aves, o aviário pode ser aberto para a preparação do pinteiro, com reposição de 2 cm de maravalha sobre a cama reusada⁶⁸.

Ainda que a alcalinização possa requerer equipamento adequado para distribuição do produto de forma homogênea, não traz conclusões significativas para a diminuição de bactérias, quando comparado ao tratamento fermentativo⁶⁸.

Entre as desvantagens do tratamento químico para a cama aviária, incluem-se: o baixo efeito residual (inferior a 14 dias), a alta quantidade de aplicação, impossibilidade de tratamento com a presença dos frangos no alojamento, alto valor dos produtos e mão de obra. Soma-se a essas desvantagens a indicação de que o método químico é ineficaz para *Clostridium perfringens*, uma bactéria patogênica, produtora de esporos termo resistentes, comumente encontrada entre os frangos de corte⁶⁹.

2.2.3.2 Lona na superfície – método biológico de enlonamento

Dentre os métodos de reaproveitamento de cama, destaca-se o enlonamento, cujo procedimento necessita colocação de uma lona plástica em todo o aviário, após a depopulação, da cama previamente umedecida. Nesse método, é importante que a lona seja bem colocada, de forma a evitar a entrada de ar. Para tal, recomenda-se que as laterais e extremidades da lona sejam colocadas abaixo da camada de cama, rente ao piso do aviário^{6,57}.

A estruturação do enlonamento deve considerar: umedecimento da cama, aplicando-se cerca de 20 litros de água por metro linear, revestimento dos pilares centrais (quando houver) do aviário com a lona; remoção da cama das paredes laterais do aviário, deixando um espaço entre as paredes e a cama; recolhimento do que restou de cama no entorno do aviário e colocação na área central do galpão, juntando com a cama a ser fermentada; cobertura da cama com lona em toda a amplitude do aviário, dispondo as laterais e extremidades da lona juntas ao piso, por baixo da camada de cama, com o fim de não permitir a entrada de ar; remoção da lona

depois de dez dias da ocorrência da fermentação, removendo as crostas e remexendo a cama em todo o aviário; queima de penas por meio de lança-chamas e ventilação do aviário por dois dias antes da hospedagem⁶.

O período de ventilação pode e deve ser ampliado sempre que possível, especialmente, a partir do terceiro ou quarto lote de aves criados na mesma cama, devido à elevação nos níveis de amônia. A fermentação plana apresenta ainda vantagens práticas sobre a fermentação em leiras, pois demanda menos mão de obra, sendo que a experiência prática dos usuários tem mostrado efeito superior aos demais tratamentos de cama na redução de *Alphitobius diaperinus*⁶.

Ainda que demonstre ser um processo fermentativo, a temperatura da cama não indica elevação relevante a ponto de ser considerada restritiva aos patógenos bacterianos eventualmente presentes. Entretanto, fatores como a produção e distribuição homogênea da amônia nas camas podem ser associadas à redução da carga bacteriana⁶.

No tratamento de cobertura com lona no aviário, a partir do terceiro lote, as camas apresentaram menor carga bacteriana quando comparadas à cama nova⁷⁰. Já o enlonamento em toda a superfície da cama gera uma fermentação pela decomposição da matéria orgânica devido à atividade de microrganismos, produz calor, vapor d'água e dióxido de carbono, eliminando microrganismos indesejáveis⁵⁷. A Figura 4 mostra o enlonamento em superfície.



Figura 4 – Enlonamento de superfície

Fonte: Fiorentin (2005)²²

O método fermentativo, que pode ser chamado também de compostagem dentro do galpão *in-house composting*²e, ainda, em leiras *in-house windrow composting*⁷¹, fermentação em leiras e fermentação com enlonamento em todo o aviário, consiste na produção de calor devido o metabolismo microbiológico da cama, sendo realizado no intervalo entre lotes, variando de 5 a 17 dias⁵⁷.

No tipo com lona, o método fermentativo vem sendo o mais utilizado pelas indústrias avícolas devido à facilidade de execução e baixo custo, sendo recomendado pela sua eficácia na redução de carga bacteriana. A adição fermentativa atinge, na maioria das vezes, 60°C, podendo existir dificuldade em atingir temperaturas elevadas de maneira uniforme². Pilhas de cama que atingem 50°C internamente, podem apresentar temperaturas menores na superfície⁷².

Temperaturas acima de 45°C têm causado mortalidade de larvas e adultos de *Alphitobius diaperinus*⁷³. Foi evidenciada, ainda, que uma temperatura máxima de 43°C com o processo fermentativo em 7 dias, indicou mortalidade de cascudinhos no local da fermentação da cama. Portanto, tal processo se mostra eficaz no controle desses insetos. Poucos estudos têm pontuado sobre o impacto dos métodos de tratamentos fermentativos de cama no que diz respeito à diminuição de insetos como *Alphitobius diaperinus*⁷⁴.

Verificações sobre três métodos de tratamento, que incluem fermentação por enlonamento (sem enleiramento), fermentação por enleiramento com cobertura e aplicação de cal sobre a carga bacteriana de camas reutilizadas por seis lotes consecutivos, indicaram sua eficácia na diminuição da carga de bactérias. No entanto, a fermentação por enlonamento (sem enleiramento) demonstrou ser mais eficaz para a redução de enterobactérias e na mortalidade de cascudinhos, mas como o foco da análise não buscava o controle de vetores, não houve quantificação da população de insetos⁵⁷. As Figuras 5 e 6 indicam a fermentação realizada em cama de aviária em seus processos de fermentação em leira sem cobertura e em fermentação em leira com cobertura.



Figura 5 – Fermentação em leira sem cobertura

Fonte: Martins et al. (2013)⁵⁶



Figura 6 – Fermentação em leira com cobertura

Fonte: Martins et al. (2013)⁷⁵

O efeito de redução bacteriana nos métodos fermentativos tem sido mais eficaz, no mecanismo de fermentação plana com lona, em toda a amplitude do aviário, em especial, quando se trata na diminuição da proliferação do *Alphitobius diaperinus*. Esse efeito também se estende, de forma positiva, ao controle de *Salmonella*, a partir de um controle qualitativo e quantitativo do agente⁶.

Aliado ao mecanismo de diminuição do potencial microbiológico pela temperatura, o processo fermentativo da cama, com cobertura, tem efeito adicional para essa diminuição de acúmulo tóxico da amônia. No entanto, o processo de ação da amônia para tornar inativos os microrganismos da cama ainda não está plenamente esclarecido².

2.2.3.3 Parâmetros físico-químicos

Fatores físicos e químicos, além de influenciar a carga bacteriana das camas, de forma simultânea, exercem papel essencial na inativação de patógenos, como pH, temperatura, concentração de amônia, atividade da água e umidade que mostram associação com a microbiota da cama.

2.2.3.3.1 pH

O pH é um indicador de elétrons dissociados, que pode ser manipulado quando são adicionados produtos na cama, o que o torna mais ácido a níveis inibitórios para a multiplicação de bactérias. O pH da cama varia de levemente ácido (6,0) a alcalino (9,0), o que condiciona a multiplicação da maioria dos patógenos de interesse na avicultura, incluindo os zoonóticos²².

Os métodos de acidificação da cama têm mostrado efeito inibitório nas bactérias indesejáveis. A redução do pH, além de diminuir a carga bacteriana, anula a volatilização da amônia e melhora as condições do ambiente aviário, visto que essa se processa em pH 7,0 ou superior. A adição de 5% de ácido cítrico tem reduzido o pH a 5,0, com diminuição de bactérias na cama⁷⁶.

A utilização de bisulfato de sódio na cama demonstrou considerável diminuição de bactérias totais na primeira semana após a aplicação; já a redução na concentração de *Escherichia coli* pode ser constatada até duas semanas após a aplicação do produto⁷⁷.

A ação da cal é elevar o pH da cama, criando um ambiente desfavorável para o aumento da carga de bactérias e promovendo rápida volatilização da amônia. Após o 12º dia de utilização da cal virgem na cama aviária, o pH pode ter uma variação entre 8,95 a 11,11 para os tratamentos com 0 a 900g/m², respectivamente. Maiores doses de cal podem contribuir para valores mais altos de pH durante o período experimental¹⁹.

Na cama de maravalha, a adição de bisulfato de sódio e de sulfato de alumínio trouxe uma sensível redução no pH nas duas primeiras semanas após a aplicação, em especial, na

utilização de bisulfato de sódio. No entanto, após esse tempo, os níveis voltaram a subir, sendo compatíveis com as formas da carga bacteriana presente na cama⁷⁸.

2.2.3.3.2 Amônia

A concentração de amônia na cama aviária e o efeito inibitório sobre patógenos são controversos. Tem sido observado maior sobrevivência de *Salmonella* em locais onde a cama se mostrou mais úmida e com maior concentração de amônia. Mas também tem se demonstrado redução de *Salmonella* em fermentação em leiras, com eliminação de 98,7 da população da bactéria inoculada, sendo detectada apenas em dois pontos da leira após 21 dias de processo. Porém, nos dois pontos da leira, onde foi detectado o patógeno, a população decresceu, de forma drástica, em cinco Log de redução quando comparada à concentração do inicial do patógeno no local. Foi constatado que a concentração de amônia foi menor nos pontos da leira onde a eliminação de *Salmonella* não foi total⁷⁹.

Nas células, o efeito da amônia ainda não está bem esclarecido. Em células animais, a composição de amônia, devido à sua carga neutra e seu baixo peso molecular (17g/mol), pode atingir e ultrapassar a membrana celular bacteriana⁸⁰. No interior, a amônia pode atuar e aumentar o pH celular, resultando, provavelmente, de seu influxo direto e por transferir a concentração de potássio celular para fora da célula, alterando a homeostase⁸¹. Como um nutriente paradoxal, é notório o seu efeito citotóxico. Pode promover um cliclismo fútil, que é prejudicial quando se acumula e se propaga por meio da membrana citoplasmática de volta ao meio⁸².

A utilização de sais de amônio NH_4Cl e $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, em tratamento secundário para inibição de *Salmonella Typhimurium* em carcaças de animais em pH elevado (9), resultou em redução do patógeno após 24 horas de uso com, pelo menos, 1,468 ppm da amônia gerada⁸³.

A aplicação de amônio (NH_4^+), em ppm, em camas de aviário, com tratamentos diversos e *Salmonella Heidelberg*, não resultou em eliminação do patógeno em uma concentração máxima de 2828 ppm⁸⁴.

A inoculação experimental em excretas de aviários diante de *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7 e *Listeria monocytogenes* inoculadas, de forma experimental, mostraram com a ação da amônia inibição de crescimento, após dois dias para *E. Coli* e *L. Monocytogenes* e após 6 dias para *S. Typhimurium*, com redução de 8 unidades logarítmicas para *S. Typhimurium* e *E. Coli* e de 4 unidades para *L. Monocytogenes*. Os patógenos foram

destruídos quando as excretas foram para secagem. A formação da amônia ocorreu com a utilização de sulfato de amônio e hidróxido de potássio em placas de Petri⁸⁰.

2.2.3.3.3 Temperatura

A temperatura é um agente físico eficaz na inativação de bactérias indesejáveis. No entanto, um efeito inibitório satisfatório na cama aviária deve observar o binômio temperatura por vezes tempo de exposição, associado à uniformidade de temperatura em todo material. O tratamento ambiental na avicultura torna-se eficaz na elevação de temperatura, todavia foi considerado que em leiras com temperatura interna de 50°C, a temperatura da superfície permaneceu em 23°C, sem mostrar efeito inibitório sobre patógenos⁸⁵

A variação de temperatura de camas de maravalha enleiradas considera como mais elevada, 63°C, no centro da leira, após 19-21 dias do processo fermentativo. Já as temperaturas da base e superfície podem variar entre 28°C e 33°C⁷⁹. Considerando que, *Salmonella* spp., um importante patógeno para a saúde pública, apresenta temperatura de crescimento ótima a 38°C, podendo se desenvolver em temperaturas de até 5°C⁹.

2.2.3.3.4 Água (Aw)

A atividade da água (Aw) mostra a capacidade da amostra em umedecer o ar a sua volta, e não indicativo simples da quantidade de água da amostra, uma vez que considera a quantidade de água disponível para as bactérias em formato mais adequado do que o inverso da matéria seca²².

A diminuição da atividade da água reduz a multiplicação bacteriana, ainda que bactérias mostrem capacidade de adequação a condições de baixa Aw. Foi demonstrado que a Aw acima de 0,85 favorece a multiplicação de bactérias, sendo necessários índices inferiores a 0,85 para impedir a multiplicação de *Salmonellas* na cama⁸⁶.

Foi observado que a melhor relação entre pH e atividade da água para redução da população de *Salmonellas* na cama aviária é a atividade da água (Aw) $\leq 0,84$ e pH $\leq 4,0$ ⁸⁷.

2.2.3.3.5 Umidade

Dentre os fatores que podem influenciar a qualidade da cama aviária, é a umidade que, em excesso, desenvolve a incidência de calos no peito e pés, queimaduras de pele, formação de crostas, hematomas, condenações e desclassificações das carcaças⁸⁸.

A umidade da cama aviária sofre influência de vários fatores, como questões ambientais, de manejo, sanitárias e nutricionais. O aumento do teor de umidade da cama concorre para que as condições ambientais tenham influência direta, especialmente, quanto se trata do desafio microbiológico⁸⁹. Esse teor tem relação com a quantidade disponível para a carga bacteriana⁶, sendo que índice acima de 85%, favorece a multiplicação de bactérias. São indicados valores menores para evitar a multiplicação de salmonelas na cama⁹⁰.

A umidade influencia também a incidência e a gravidade das lesões na carcaça das aves, e exerce controle sobre a volatilização da amônia, visto que o aumento da umidade contribui para maior liberação de amônia⁹¹, além de favorecer a ação metabólica e fisiológica dos microrganismos. O índice de valores observado como ideal para a compostagem varia entre 40% e 65%⁹². Já a relação carbono/nitrogênio (C/N) indica energia disponível em formato de carbono e de proteínas para os microrganismos, sendo 25/1 a relação ideal⁹³.

O teor de umidade da cama é uma das características que determinam o aumento da temperatura e da proliferação microbiana, com fermentação e liberação de gases, como nitritos, nitratos, amônia e sulfato de hidrogênio⁹⁴. A organização dinâmica dos micro-organismos é dependente da sua capacidade de adequação ao meio, podendo estabelecer maior ou menor competitividade⁹⁵.

No entanto, cama seca e com poeira pode ter efeitos como desidratação de pintos, doenças respiratórias e maior taxa de eliminação. Logo, os valores ideais para a umidade da cama ficam em torno de 20% a 25%⁸⁸.

3. CAPÍTULO 1

CONTROLE DO *ALPHITOBIUS DIAPERINUS* E ESTUDO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS EM CAMAS DE AVIÁRIO REAPROVEITADAS, UTILIZANDO CAL E LONA NA SUPERFÍCIE

Vandreice Salamoni Gehring^{1*}, Fernando Pilotto² Luciana Ruschel dos Santos³

¹ Programa de Pós-Graduação em Bioexperimentação da Universidade de Passo Fundo.

² Curso de Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo.

³ Curso de Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo.

*Autor: V. S. Gehring, Programa de Pós-Graduação em Bioexperimentação, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Campus I, Bairro São José. 99052-900 – Passo Fundo, RS, Brasil. Telefone: +55 54 9950 4739. E-mail: svandreice@yahoo.com.br

Controle do *Alphitobius diaperinus* e estudo dos parâmetros físicos e químicos em camas de aviário reaproveitadas, utilizando cal e lona na superfície

Vandreice Salamoni Gehring¹⁴, Fernando Pilotto², Luciana Ruschel dos Santos³

1 Programa de Pós-Graduação em Bioexperimentação da Universidade de Passo Fundo.

2 Curso de Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, Brasil.

3 Curso de Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo.

Título resumido: Estudo dos parâmetros físicos e químicos em camas de aviário reaproveitadas.

Resumo

A reutilização da cama de aviário é uma prática empregada para reduzir custos na produção de frangos de corte. A utilização de cal e a fermentação das camas, usando lona na sua superfície, são métodos que têm sido empregados para reduzir a contaminação microbiana e de insetos como o *Alphitobius diaperinus*. O objetivo desse estudo foi avaliar a temperatura, umidade, pH, atividade de água, amônia e controle do cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) em camas de aviário reaproveitadas, utilizando os tratamentos aplicação de cal e lona na superfície durante o período de 08 dias. Os parâmetros físico-químicos avaliados (umidade, temperatura, amônia, pH e atividade de água, não apresentaram diferença estatística entre os diferentes tratamentos de cama utilizados (adição de cal e fermentação com lona). A concentração de amônia aumentou significativamente na cama com a colocação da lona, chegando a apresentar até 635,66 ppm, contudo não houve diferença entre os tratamentos com diferentes inclusões de água. As temperaturas aferidas na cama não atingiram níveis críticos válidos para eliminação de micro-organismos, ficando na faixa de 26 a 27°C semelhante à registrada na temperatura ambiente. O nível de pH máximo observado foi de 8,73, no tratamento com adição de cal virgem, no entanto, não atingiu valores para ocorrer uma significativa redução microbiana que é acima do pH 9. Não houve diferença entre os tratamentos quanto à umidade das camas e atividade de água e ambos os parâmetros se demonstraram favoráveis ao desenvolvimento dos micro-organismos. Em relação ao efeito dos tratamentos no controle dos cascudinhos, os tratamentos colocação de lona com adição de 02 e 03 litros de água e 03 litros de água mais 600 g de cal por metro quadrado apresentaram a eliminação de 100% dos insetos. Esse resultado está associando a volatilização da amônia em condições de fermentação e a potencialização da produção de gás quando associada água mais cal. Os resultados indicam que ambos os métodos que hoje estão sendo utilizados para a desinfecção da cama, precisam ser aperfeiçoados para garantir a eliminação dos principais micro-organismos patogênicos para a avicultura. Quanto à

eliminação dos cascudinhos, a amônia em quantidades acima de 400ppm mostrou-se eficiente no seu controle.

Palavras-chave: camas de aviário, contaminação microbiana, frangos de corte.

Introdução

A avicultura brasileira é um setor de destaque no segmento agroindustrial, sendo uma das atividades zootécnicas que mais evoluiu nas últimas décadas. A produção de frango é uma das principais atividades econômicas em diversas regiões do país, principalmente nos estados do Sul e Sudeste. Esse crescimento tem estimulado práticas de manejo diferenciadas, como o aumento do número de lotes criados na mesma cama, devido aos altos custos de produção e escassez de maravalha, bem como acréscimo na densidade de criação e intervalos entre lotes reduzidos.

A reutilização da cama de aviário para mais de um lote de frangos é praticada em muitos países, inclusive no Brasil. Entretanto, os micro-organismos viáveis que permanecem na cama reutilizada interferem na saúde dos frangos de corte e podem ter efeito negativo sobre a produtividade, tornando-se eventualmente um limitante para o comércio internacional da carne de frangos, devido à necessidade de demonstrar equivalência e equidade dos processos de produção praticados entre países exportadores¹. Os sorovares de *Salmonella* não tifoide são preocupações relevantes para a produção avícola, pois são potenciais contaminantes alimentares². Adicionalmente, a Instrução Normativa n. 20 de outubro de 2016 regulamenta sobre o controle e o monitoramento de *Salmonella* spp. nos estabelecimentos avícolas comerciais e abate de aves, registrados no Serviço de Inspeção Federal (SIF), no intuito de reduzir a prevalência desse agente e fixar um padrão adequado de proteção ao consumidor.

A cama de frango é uma fonte potencial de diversos grupos bacterianos, sendo essas as bactérias que não representam risco direto à saúde pública, mas que influenciam as condições ambientais da cama, participam dos processos de reciclagem dos nutrientes excretados na cama pelas aves. Além disso, atuam na decomposição do ácido úrico, eliminado pelas excretas, resultando em amônia e nos proteolíticos que produzem enzimas (proteases), que decompõem proteínas da excreta, que é uma ação desejável para a manutenção da qualidade da cama³. A

exposição das aves a bactérias indesejáveis através do contato contínuo com a cama, contribui para a maior contaminação do trato digestivo e, mesmo quando não causam problemas sanitários, podem contaminar as carcaças durante o período de abate, o que caracteriza sua implicação em segurança dos alimentos, caso o produto final seja contaminado⁴.

Diferentes métodos de tratamento da cama de aviário vêm sendo utilizados com o objetivo de reduzir o risco microbiológico. Na avicultura brasileira, os principais métodos de tratamento da cama são tratamento químico, com a adição de cal, e tratamento biológico, utilizando métodos fermentativos⁵.

O uso de cal é uma prática comum no Brasil, sendo eficiente no controle e redução de bactérias patogênicas da cama, associado à redução da atividade da água e elevação do pH, tendo em vista que, com pH acima de 9,5 essas bactérias apresentam dificuldade de sobrevivência^{6,7}. O pH da cama pode variar desde 6,0 a 9,0, o que permite a multiplicação da maioria das bactérias de interesse para a avicultura, incluindo patógenos como *Salmonella* e *Campylobacter*⁸. No entanto, a diminuição da atividade da água reduz a multiplicação bacteriana, ainda que bactérias mostrem capacidade de adequação a condições de baixa Aw. O desenvolvimento de *Salmonella* é maior quando os alimentos possuem atividade de água (Aw) entre 0,93 a 0,95⁹.

Por sua vez, a fermentação plana da cama é uma metodologia mais recente, desenvolvida no Brasil, que tem mostrado efeito superior aos demais tratamentos no controle de enterobactérias e *Salmonella Enteritidis*, e de vetores como o cascudinho (*Alphitobius diaperinus*), com homogeneidade na produção de amônia e redução de custos com maravalha para reposição^{1,10}. A amônia, quando em níveis elevados, embora tenha demonstrado ser nociva à saúde das aves, é extremamente importante para o controle de microrganismos que se desenvolvem na cama.

Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos de camas tratadas com cal e lona na superfície e avaliar o efeito destes tratamentos no controle de cascudinhos (*Alphitobius diaperinus*), permitindo identificar procedimentos a serem recomendados em episódios sanitários ou como método de rotina na reutilização da cama aviária entre lotes.

Material e métodos

Aviários. O experimento foi realizado em duas etapas: uma inicial, correspondente ao período de coleta de amostras das camas reutilizadas de frango de corte, em uma granja convencional, mantida em sistema de integração, na região norte do estado do Rio Grande do Sul, onde foram avaliadas a temperatura, umidade, amônia; e outra, conduzida no laboratório de Microbiologia e Bacteriologia Veterinária da Universidade de Passo Fundo, mensurando atividade de água (A_w), pH, e efeito dos tratamentos lona na superfície e cal e na eliminação do *Alphitobius diaperinus*.

Delineamento experimental. Após a retirada das aves do galpão, foram delimitados 30 quadrados na cama com 1m^2 cada e todos os tratamentos foram repetidos 5 vezes. Os tratamentos testados foram: Tratamento 1 (T1): aplicação de cal virgem (600 g/m^2); Tratamento 2 (T2): aplicação de cal hidratada (600 g/m^2); Tratamento 3 (T3): colocação de lona na superfície da cama do aviário com adição de 1 L/m^2 água; Tratamento 4 (T4): colocação de lona na superfície da cama do aviário com 2 L/m^2 água; Tratamento 5 (T5): colocação de lona na superfície da cama do aviário com 3 L/m^2 água e grupo controle (T6). As amostras de cama foram coletadas antes de aplicar os tratamentos na cama e após foram avaliadas no 1º, 4º e 8º dia do experimento e encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia e Bacteriologia Veterinária da Universidade de Passo Fundo para mensuração de pH e atividade de água (A_w).

A cama de frangos avaliada foi reutilizada por seis lotes consecutivos e os procedimentos operacionais seguiram o padrão descrito para aplicação de cal e enlona da

cama: no Método de Aplicação do Cal, após o carregamento das aves, aplicou-se 600g de cal na superfície da cama e incorporado, utilizando-se cal virgem e cal hidratada⁵⁷.

No método lona na superfície foi aberto um sulco para colocação da lona rente ao piso e após foi realizado o umedecimento da cama com o auxílio de um regador, utilizando-se 1, 2, 3 litros de água por m². A lona foi colocada rente a cama para evitar a entrada de ar e as suas extremidades foram assentadas dentro dos sulcos abertos e enterradas com cama. Nas lonas foi adaptado uma válvula para não ocorrer vazamento do gás amônia, quando fosse introduzido o sensor de amônia para aferição do gás.

No período que compreendeu o experimento, foram avaliados os parâmetros físico-químicos da cama como: umidade, temperatura, Aw, pH e Amônia (NH₃).

Avaliação dos parâmetros físico-químicos. Na avaliação da amônia foi utilizado equipamento portátil, com sensor acoplado, realizando as leituras no 1º, 4º e 8º dia, sempre no mesmo horário. Para tal avaliação, o aparelho detector de NH₃ foi posicionado sobre a cama, de forma que seu sensor não ficasse obstruído pelo contato direto com a cama. A temperatura e umidade foram mensurados com o uso de aparelho digital da marca AKSO com precisão de $\pm 1^\circ\text{C}$, com a sonda inserida no centro, entre a cama e lona plástica.

Para avaliação do pH, foram utilizadas alíquotas de 10g da amostra *in natura*, diluída em 50mL de Cloreto de Cálcio. As amostras eram homogeneizadas e, após 30 minutos, eram realizadas as leituras em pHmetro digital. Entre uma e outra determinação o eletrodo era lavado com água destilada e enxugado com um papel. Para determinação de atividade de água (Aw), fora utilizado o Aparelho Teste 650 (ITCER-20).

Para a avaliação dos cascudinhos foram utilizados trinta e cinco recipientes plásticos com capacidade de dois litros, os quais foram preenchidos com cama de aviário e colocado 50 insetos adultos vivos (*Alphitobius diaperinus*) em cada pote. Seis tratamentos foram testados

com cinco repetições cada (1L de água/ m²; 2L de água/ m²; 3L de água/ m²; 3L de água/ m² com adição de 600g de cal; 600g de cal virgem/ m²; 600g de cal hidratada/ m²).

Os recipientes onde foram adicionados tratamentos com água eram hermeticamente fechados com auxílio de um plástico e fita isolante. Os recipientes, contendo tratamentos, utilizando apenas cal virgem ou hidratada foram fechados com uma tampa, onde foi confeccionado um orifício no centro para passagem do ar, sendo colocada uma tela para evitar a fuga dos insetos, assim como o grupo controle. Após a aplicação dos tratamentos, todos os grupos foram incubados por sete dias. Após esse período, os insetos foram retirados dos recipientes e contabilizados a fim de verificar o percentual de mortalidade após os tratamentos.

Resultados e discussão

Os fatores físicos e químicos desempenham importante papel na inativação de microrganismos no ambiente, tais como pH, temperatura, concentração de amônia e atividade da água, e, por essa razão, sua relação com a microbiota da cama é frequentemente investigada^{17,18,19,20}. No experimento, conforme Tabela 1, obteve os seguintes resultados na detecção de amônia.

Tabela 1. Detecção de amônia em camas de frangos de corte reutilizadas.

| | Tratamentos | | | |
|-------|-------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | Lona | Lona + 1 litro | Lona + 2 litros | Lona + 3 litros |
| Dia 1 | 421,51 aA | 550,81 aA | 585,84 aA | 533,07 aA |
| Dia 4 | 538,11 aA | 597,19 aA | 627,61 aA | 589,28 aA |
| Dia 8 | 625,94 aA | 635,66 aA | 608,38 aA | 605,24 aA |

As médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Observa-se na Tabela 1 que não houve diferença estatística significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos e nos diferentes dias avaliados na produção amônia, embora tenha sido verificado que os níveis de amônia detectado foi maior no 8º dia em relação ao 4ª e ao 1º dia.

O efeito antimicrobiano da amônia, sobre a *Salmonella* spp.^{17,21,22,19} e sua atividade virucida, é conhecido^{23,24,20,25}, mas o mecanismo envolvido não está completamente claro¹⁹.

No experimento foi observado um aumento considerável nos níveis de amônia após colocação da lona na superfície da cama, contudo os valores encontrados são inferiores aos relatados na literatura. No estudo que avaliou a concentração de amônio (NH₄⁺), em ppm, em camas de aviário, tratadas sob diferentes métodos e sua ação frente a *S. Heidelberg*, não obteve êxito em eliminar o patógeno em uma concentração máxima de 2828 ppm. Neste trabalho foi utilizado o método de Kjeldahl para detecção de íons NH₄⁺, porém, a amônia livre é o composto responsável pelo efeito bactericida¹², o que pode explicar o insucesso na tentativa de eliminação dos patógeno.

A utilização da amônia, em forma gasosa, como agente de desinfecção frente a patógenos é ainda pouco estudada. Estudo verificou a redução de *Escherichia coli* O157:H7 e de *Salmonella Typhimurium* em sementes de alfafa e em brotos de feijão inoculadas experimentalmente, resultando em redução de dois a três logaritmos após 22 horas nas sementes de alfafa e de três a cinco logaritmos nos brotos de feijão²¹. Utilização de sais de amônio NH₄Cl e (NH₄)₂SO como possibilidades para tratamento secundário para inibição de *S. Typhimurium* em processos de digestão de carcaças de animais em pH elevado (9) resultou em eliminação do patógeno após 24 horas de uso com aproximadamente 1,468 ppm da amônia gerada²⁶.

Identificações observaram que a força iônica do NH₄ ativou a endonuclease viral que degradou o genoma do vírus da febre aftosa²⁴. Foi sugerido que NH₃ provoca uma rápida alcalinização do citoplasma, porque passa através da membrana celular por simples difusão e reduz a concentração de prótons²², promovendo a hidrólise alcalina e a degradação do RNA viral²³. Desta forma a ação da amônia, portanto, pode significar uma alternativa de tratamento eficiente para camas de aviário.

Na Tabela 2 estão apresentadas as temperaturas aferidas nas camas utilizando o método lona na superfície.

Tabela 2. Temperatura da cama utilizando o método de lona na superfície no 1º, 4º e 8º dia de tratamento.

| | Tratamentos | | | |
|-------|-------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | Lona | Lona + 1 litro | Lona + 2 litros | Lona + 3 litros |
| Dia 1 | 26,48 Aa | 27,58 aA | 26,62 aA | 26,80 aA |
| Dia 4 | 27,12 Aa | 27,28 aA | 27,48 aA | 27,60 aA |
| Dia 8 | 27,58 Aa | 27,26 aA | 27,46 aA | 27,46 aA |

As médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Não houve diferença estatística nas temperaturas entre os tratamentos e nos diferentes dias que foram aferidas. As temperaturas observadas não atingiram níveis críticos considerados válidos para a inativação dos micro-organismos^{13,27} e na mortalidade dos cascudinhos, já que essa faixa de temperatura propicia o desenvolvimento do ciclo²⁸.

O aumento da temperatura em camas de aviário foi observado quando utilizado o método fermentação em leira. Neste tipo de método também foi constatando redução na contaminação microbiana e mortalidade de cascudinhos no local de fermentação²⁹. O método fermentativo atinge, na maioria das vezes até 60° C, no entanto, existe uma dificuldade em atingir temperaturas elevadas de maneira uniforme⁴. A *Salmonella* spp., por exemplo, pode sobreviver no ambiente por longos períodos de tempo, chegando a 18 meses na cama aviária¹⁴, sendo que algumas cepas podem permanecer em extremos de temperatura (2° C a 54° C) e em ambientes com baixa umidade¹⁵. Assim, o método lona na superfície não gera elevação das temperaturas suficientes para eliminação dos microrganismos e insetos como os cascudinhos.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores de pH, da cama de frango reutilizada frente a aplicação de cal e lona na superfície.

Tabela 3. Valores de pH em camas tratadas com cal e lona na superfície.

| | Tratamentos | | | | | |
|-----|-------------|---------------|----------|----------------|-----------------|-----------------|
| | Cal Virgem | Cal hidratada | Lona | Lona + 1 litro | Lona + 2 litros | Lona + 3 litros |
| Dia | 8,32 aA | 8,38 aA | 7,90 aA | 8,13 aA | 8,03 Aa | 8,24 aA |
| Dia | 8,56 aA | 8,69 aAB | 8,09 aA | 8,36 aAB | 8,35 Aab | 8,31 aAB |
| Dia | 8,73 aA | 8,65 aAB | 8,11 aBC | 8,25aABC | 8,16aABC | 7,99 aC |

As médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Não foi observado diferença estatística entre os tratamentos, embora foi observado valores de pH mais elevado quando adicionado cal nas camas. Todos os tratamentos não apresentaram pH acima de 9; nível necessário para que ocorra eliminação dos microrganismos²². A cal virgem tem ação de secagem e sua atividade antimicrobiana resulta da redução da água disponível, associada ao aumento do pH da cama reutilizada³¹. Em estudo realizado anteriormente, a cal aplicada na cama das aves, pelo mesmo período de tempo, porém, em uma concentração mais baixa, resultou em pH 9,6, não eliminando a *Salmonella Enteritidis*³². No tratamento de esgotos, quando a cal virgem é utilizada para a redução microbiana, é necessário aumentar o pH para 12 durante 2 horas, para eliminar os agentes patogênicos³³. No entanto, a concentração de cal virgem, utilizada em outro estudo, não permitiu que o nível de pH fosse superior a 9ppm³⁴.

A elevação do pH pode também ter alguma ação benéfica na redução da concentração de bactérias como a adição de gesso ou cal³⁵. Estudos verificaram que a cama reutilizada apresentou pH e amônia volatilizada significativamente superiores à cama nova, o que já era esperado, uma vez que a cama reutilizada contém maior concentração de ácido úrico e, portanto, maior teor de amônia e maior pH³⁶.

A umidade é outro fator que interfere na microbiota da cama. Na tabela 4 encontra-se as umidades aferidas.

Tabela 4. Umidade em camas tratadas com lona na superfície adicionando diferentes volumes de água.

| | Tratamentos | | | |
|-------|-------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | Lona | Lona + 1 litro | Lona + 2 litros | Lona + 3 litros |
| Dia 1 | 74,60 Aa | 73,84 aA | 71,20 aA | 74,66 aA |
| Dia 4 | 70,18 Aa | 66,26 aA | 71,96 aA | 71,92 aA |
| Dia 8 | 71,90 Aa | 69,76 aA | 70,56 aA | 70,58 aA |

As médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Neste estudo, os valores obtidos através da aferição da umidade das camas, não apresentou variabilidade entre os tratamentos testados. Um dos fatores determinantes para o aumento da temperatura e da proliferação microbiana é a umidade presente na cama, potencializando a fermentação e liberação de gases, como nitritos, nitratos, amônia e sulfato de hidrogênio⁶. O equilíbrio dinâmico dos micro-organismos depende da sua capacidade de adaptação ao meio, o que determina sua maior ou menor competitividade³⁸. Foi observado maior sobrevivência de *Salmonella* em locais onde a cama de aviário estava mais úmida e com maior concentração de amônia, sendo também verificado que a concentração de amônia reduziu a população dessa bactéria na cama^{16,17}.

A atividade da água presentes nas camas é também um parâmetro que pode interferir no microbioma da cama. Na Tabela 5, encontram-se os dados obtidos no experimento.

Tabela 5. Atividade de água em camas tratadas com cal e lona na superfície.

| | Tratamentos | | | | | |
|-------|---------------|------------------|-----------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | Cal virgem | Cal hidratada | Lona | Lona + 1 litro | Lona + 2 litros | Lona + 3 litros |
| Dia 1 | 0,94 aA | 0,95 aA | 0,94 aA | 0,95 aA | 0,94 Aa | 0,96 aA |
| Dia 4 | 0,90 aA | 0,88 abAB | 0,94 aABC | 0,96 aAC | 0,97 Aac | 0,97 aAC |
| Dia 8 | 0,89 aA | 0,85 bAB | 0,97 aAC | 0,96 aAC | 0,98 Ac | 0,99 aC |

As médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os valores médios de Aw não apresentaram diferença estatística, exceto no 8º dia o tratamento com lona mais três litros de água, foi obtido 0,99 de Aw. Os índices encontrados em todos os tratamentos favorecem o crescimento dos microrganismos. A atividade da água na cama de aviário atinge facilmente os índices de 0,9 Aw⁴. Avaliações sobre a atividade da água no processo fermentativo, constatou mortalidade de cascudinhos com índice de 0,94 Aw. A análise da atividade da água já vem sendo aplicada na avicultura no controle de patógenos como *Salmonella sp*¹⁶ e *E.coli*²⁹, para que se permita uma avaliação do crescimento desses microrganismos. A melhor relação entre pH e atividade da água para redução da população de *Salmonellas* na cama foi de atividade da água (Aw) $\leq 0,84$ e pH $\leq 4,0$ ³⁷. Observa-se também que a adição de cal reduz a atividade de água na cama de aviário (0,88 – 0,85). A atividade de água influi diretamente na sobrevivência de micro-organismos. Com menor disponibilidade de água, o micro-organismo necessita de maior energia para retirá-lo da cama, de forma a utilizá-la no seu metabolismo, dificultando ou impedindo sua sobrevivência³⁹.

Na Tabela 6 observa-se a mortalidade de cascudinhos (*Alphitobius diaperinus*) em cama de frango reutilizada utilizando diferentes tratamentos.

Tabela 6. Mortalidade de cascudinhos (*Alphitobius diaperinus*) em camas de aviário submetidas aos procedimentos cal e lona na superfície.

| | Mortos (%) |
|-------------------------------------|------------|
| Controle | 39,33 a |
| Cal virgem | 58,00 ab |
| Cal hidratada | 68,80 b |
| 1 litro/m ² | 24,40 a |
| 2 litros/m ² | 100,00 c |
| 3 litros/m ² | 100,00 c |
| 3 litros/m ² + 600 g cal | 100,00 c |

As médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). A ANOVA seguida pelo teste de Tukey somente pode ser realizada entre: controle, cal virgem, cal hidratada e 1 litro/m². Nos outros três tratamentos (2 litros/m², 3 litros/m² e 3 litros/m² + 600 g de cal) não pode ser aplicada pois temos três grupos com valor constante, logo, não apresenta as características de uma distribuição normal e não tem como normalizar.

Nos tratamentos com adição de 02 e 03 litros da água na cama por m² e 03 litros da água mais 600 gramas de cal houve a mortalidade de 100 % dos cascudinhos. No tratamento com 01 litro/m² não houve diferença em relação aos tratamentos com cal virgem e controle. No tratamento com 01 litro/m² foi observado em todas as repetições que os insetos estavam todos concentrados no fundo do pote. Isso ocorreu provavelmente em função da amônia ter se concentrado na parte superior do pote por ser um gás volátil. O motivo de ter ocorrido mortalidade em 100% dos insetos com a adição de 02 e 03 litros de água/m² e 03 litros mais cal se deve a maior produção de amônia em função de ter sido adicionado mais água nestes tratamentos o que gerou maior fermentação microbiana. Quanto a mortalidade dos cascudinhos, também no controle, a causa pode ter sido a falta de umidade nas camas e por ter sido colocado insetos adultos e muitos poderiam estar no fim do seu ciclo de vida. Não houve diferença entre a cal hidratada e a cal virgem, contudo, a cal hidratada eliminou mais os insetos

em relação ao controle quando comprado com a cal virgem. O provável motivo desta diferença é que a cal hidratada apresenta um pH superior ao da cal virgem. O cal utilizado nas camas de aviários tem a função de elevar o pH, além de agir reduzindo a quantidade de água livre, diminuindo, assim, a umidade da cama⁷. O aumento do pH a níveis superiores a 7,0 contribui para o aumento na taxa de liberação da amônia⁴⁰, o que, provavelmente, pode ser um fator de causa da mortalidade de insetos. Sugere-se que o enlonação da cama no intervalo entre lotes pode reduzir a contaminação residual de insetos adultos e larvas presentes na cama devido a fatores físico-químicos (volatilização da amônia, redução de oxigênio, temperatura e atividade da água) ainda não elucidados. No tratamento da cama com lona na superfície, as temperaturas variaram de 23,8 a 32,1° C, o que não deve influenciar de maneira significativa a mortalidade dos insetos, já que essa faixa de temperatura propicia o desenvolvimento do ciclo²⁸. Em relação à volatilização da amônia, foi constatado aumento progressivo em três momentos de mensuração (4, 8 e 12 dias) durante o processo fermentativo, o que pode ter influenciado na mortalidade dos insetos²⁸.

Referências

1. Silva VS, Voss D, Coldebella A et al. Efeito de tratamentos sobre a carga bacteriana de cama de aviário reutilizada em frangos de corte. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007, 10 p.
2. Shivaprasad HL, Methner U, Barrow PA. Salmonella infections in the domestic fowl. In: Barrow PA, Methner U. (Eds.) Salmonella in domestic animals, 2 ed. Boston: Cabi, 2013; 9: 162-92.
3. Fiorentin L. Processos de tratamento para reutilização de cama de aviário: aspectos bacteriológicos. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologias Avícolas, 2006, Santos. Anais... Campinas: Facta, 2006, p.17-24.
4. Fiorentin L. Reutilização da cama na criação de frangos de corte e as implicações de ordem bacteriológica na saúde humana e animal. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005.
5. Silva VS. Estratégias para reutilização de cama de aviário. In: Conferência Facta de Ciência e Tecnologia Avícolas, SP, Anais. Santos: Facta, 2011.
6. McWard GW, Taylor DR. Acidified clay litter amendment. Journal Applied Poultry Research, 2000; 9: 518-29.

7. Ferreira HA, Oliveira MC, Traldi AB. Efeito de condicionadores químicos na cama de frango sobre o desempenho de frangos de corte. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2004; 56:542-6.
8. Jeffrey JS. Inactivation of bacteria in stacked poultry litter. Davis: University of California, 2001, 8 p. (USPEA Final Report).
9. Trabulsi LB, Alterthum F. *Microbiologia*. 5. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.
10. Silva VS, Voss, D, Alves L. et al. Efeito de tratamentos de cama aviária na sobrevivência de *Salmonella Enteritidis* fagotipo 4. In: Conferência Facta de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2009, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Facta, 2009. Trabalhos de Pesquisa. 1 CD-ROM.
11. Rech DV. Impacto de tratamentos de cama aviária reutilizada na viabilidade e infectividade de micro-organismos. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria, 2017.
12. Warren KS. Ammonia Toxicity and pH. *Nature*, 1962; jul.195(4836): 47-9.
13. Macklin KS, Hess JB, Bilgili SF, Norton RA. Effects of in-house composting of litter on bacterial levels. *J. Appl. Poult. Res.* 2006; 15: 531-7.
14. Williams JE, Benson ST. Survival of *Salmonella typhimurium* in poultry feed and litter at three temperatures. *Avian Dis*, 1978; 742-7.

15. Andino A, Hanning I. *Salmonella enterica*: survival, colonization, and virulence differences among serovars. *Scientific World J.*, 2015; 1-16.
16. Opara OO, Carr LE, Russek-Cohen CR, Tate MET et al. Correlation of water activity and other environmental conditions with repeat detection of *Salmonella* contamination on poultry farms. *Avian Disease*, 1996; 36: 664-71.
17. Islam AFML, Walkden-Brown SW, Groves PJ et al. Development of a chick bioassay for determination of infectivity of viral pathogens in poultry litter. *Aust. Vet. J.*, 2013; 91(1-2): 65-71.
18. Turnbull PC, Snoeyenbos GH. The roles of ammonia, water activity, and pH in the salmonellacidal effect of long-used poultry litter. *Avian Dis*, 1973;17: 72-86.
19. Chen Z, Wang H, Ionita C et al. Effects of chicken litter storage time and ammonia content on thermal resistance of desiccation- adapted *Salmonella* spp. *Appl. Environ. Microbiol*, 2015; 81: 6883-9.
20. Magri ME, Fidjeland J, Jönsson H et al. Inactivation of adenovirus, reovirus and bacteriophages in fecal sludge by pH and ammonia. *Sci. Total Environ*, 2015; 520: 213-21.
21. Himathongkham S, Riemann H. Destruction of *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in chicken manure by drying and/or gassing

- with ammonia. *FEMS Microbiol Lett.* 1999, Feb 15;171(2):179-82.
22. Park GW, Diez-Gonzalez F. Utilization of carbonate and ammonia-based treatments to eliminate *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* Typhimurium DT104 from cattle manure. *J. Appl. Microbiol.* 2003; 94: 675-85.
 23. Ward RL. Mechanism of poliovirus inactivation by ammonia. *J Virol.* 1978; 26: 299-305.
 24. Scodeller EA, Lebendiker MA, Dubra MS et al. Inactivation of foot-and-mouth disease virus vaccine strains by activation of virus-associated endonuclease. *J. Gen. Virol.* 1984; 65: 1567-73.
 25. Decrey L, Kazama S, Kohn T. Ammonia as an in situ sanitizer: influence of virus genome type on inactivation. *Appl. Environ. Microbiol.* 2016; 82: 4909-20.
 26. Koziel JA, Frana TS, Ahn H et al. Efficacy of NH₃ as a secondary barrier treatment for inactivation of *Salmonella* Typhimurium and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in digestate of animal carcasses: Proof-of-concept. *PLoS One.* 2017, May 5;12(5).
 27. Guan J, Chan M, Grenier C et al. Survival of avian influenza and newcastle disease viruses in compost and at ambient temperatures based on virus isolation and real-time Reverse Transcriptase PCR. *Avian Dis.* 2009; 53: 26-33.

28. Rezende FMS. Análises físico-químicas e virucidas da fermentação com cobertura e sem amontoamento da cama de aves. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.
29. Flores F, Lovato M, Boufler, R et al Avaliação do método fermentivo da cama de aviário, 2009. Disponível em: <http://pt.engormix.com/MA/avicultura/administracao/artigos/avaliacaometodo-fermentivo-cama-t114/124-p0.htm>
30. Gazoni FL, Boufler R, Flores F et al. Avaliação da resistência do cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) (Panzer) (Coleóptera: Tenebrionidae) a diferentes temperaturas. Arquivos do Instituto Biológico, 2012; 79: 69-74.
31. Ruiz V, Ruiz D, Gernat AG et al. The effect of quicklime (CaO) on litter condition and broiler performance. Poult. Sci. 200; 87: 823-7.
32. Vaz CSL, Voss D, Avila VS et al. Interventions to reduce the bacterial load in recycled broiler litter. Poult. Sci. 2017; (in press).
33. Epa (US Environmental Protection Agency). Biosolids generation, use, and disposal in the United States. US EPA, Office of Wastewater Management, Washington, DC, 1999.
34. Cassity-Duffey K, Cabrera M, Mowrer J et al. Titration and spectroscopic measurements of poultry litter pH buffering capacity. J. Environ. Qual, 2015; 44: 1283.
35. Burgess RP, Carey JB, Shafer DJ. The impact of pH on nitrogen retention in laboratory analysis of broiler litter. Poultry Science, Savoy, 1998; 77(11): 1620-2.

36. Traldi AB, Oliveira, MC, Duarte KF et al. Avaliação de probióticos na dieta de frangos de corte criados em cama nova ou reutilizada. R Bras Zootec, 2007; 36(3): 660-5.
37. Payne JB, Osborne JE, Jenkins PK et al. Modeling the growth and death kinetics of *Salmonella* in poultry litter as a function of pH and water activity, Poultry Sciences, 2007; 86: 191-201.
38. Corrêa Ek, Perdomo C, Jacondino IF. Condicionamento ambiental e desempenho de suínos em crescimento e terminação criados sobre piso com leito de cama. Revista Brasileira de Zootecnia Brazilian Journal of Animal Science, 2000; 29: 2072-9.
39. Hills P et al. Water availability and the survival of *Salmonella typhimurium* in porous systems. International Journal of Food Microbiology, 1997; 36: 187-98.
40. Reece FN, Lott BD, Deaton JW. Ammonia in the atmosphere during brooding affects performance of broiler chicks. Poultry Science, 1980: 59:486.

4. CONCLUSÕES

A reutilização da cama de aviário é uma prática utilizada para redução dos custos na produção de frangos de corte. Dessa forma, métodos, como a utilização de cal e a fermentação das camas, com lona na sua superfície, têm sido empregados para reduzir a contaminação microbiana e de insetos como o *Alphitobius diaperinus*.

Neste estudo, a partir dos resultados obtidos, pôde-se concluir que:

- a) Os parâmetros físico-químicos avaliados não apresentaram diferença estatística entre os diferentes tratamentos de cama utilizados (adição de cal e fermentação com lona);
- b) A concentração de amônia aumentou significativamente na cama com a colocação da lona, mas não houve diferença entre os tratamentos com diferentes inclusões de água;
- c) As temperaturas aferidas na cama não atingiram níveis críticos válidos para eliminação de micro-organismos;
- d) Não houve diferença entre os tratamentos quanto à umidade das camas e atividade de água e ambos os parâmetros se demonstraram favoráveis ao desenvolvimento dos micro-organismos;
- e) Os tratamentos no controle dos cascudinhos, com colocação de lona, adicionando 02 e 03 litros de água e 03 litros de água mais 600 g de cal por m² apresentaram a eliminação de 100% dos insetos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na busca pela melhoria dos índices zootécnicos, a avicultura nacional tem procurado efetivar boas condições sanitárias das aves, propondo-se a ofertar alimento seguro e saudável para o mercado consumidor. Nesse cenário, pelo sistema de produção avícola, exclusivamente confinado, procura priorizar um nível elevado de biossegurança através de práticas diferenciadas de manejo da cama aviária

Com base nos resultados, foi possível considerar que ambos os métodos que hoje estão sendo utilizados para a desinfecção da cama, precisam ser aperfeiçoados para garantir a eliminação dos principais micro-organismos patogênicos para a avicultura. Quanto à eliminação dos cascudinhos, a amônia em quantidades elevadas se demonstrou eficiente no seu controle.

Dessa forma, espera-se contribuir com dados significativos que possam ser utilizados como suporte para avaliar a ação dos tratamentos de cama sobre patógenos relevantes para a produção de frangos de corte.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Apba. Associação Brasileira de Proteína Animal. Avicultura. Relatórios anuais. 2017. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>
2. Macklin KS, Hess, JB, Biligili, SF, Norton, RA. Effects of in house composting of litter on bacterial levels. Journal Applied Poultry Research, Champaign, 2006; 15(4): 531-37.
3. Ávila VS, Kunz A, Bellaver C, Paiva DP, Jaenisch FRF, Mazzuco H et al. Boas práticas de produção de frango de corte. Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica 51. Concórdia, SC, 2007, 28 p.
4. Globalgap. Pontos de controle e critérios de cumprimento: garantia integrada da fazenda – aves. Cologne: Globalgap, 2007, 22 p.
5. Rosa PS et al. Cama para frangos de corte. In: Macari M et al. (Ed.). Produção de frangos de corte, 2 ed. Facta: Campinas, 2014; 9:153-80.
6. Silva VS. Estratégias para reutilização de cama de aviário. In: Conferência Facta de Ciência e Tecnologia Avícolas, SP, Anais. Santos: Facta, 2011.
7. Giehl AL. Carne de frango. Produção e mercado mundiais. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2016-2017. Epagri, 2017.
8. Farming Brasil. Disponível em: <https://sfagro.uol.com.br/carne-de-frango-2018-exportacao/>
9. Ubabef – União Brasileira da Avicultura. Relatório Anual de 2011. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/publicacoes>
10. Fernandes Filho JF. Transformações recentes no modelo de integração na avicultura de corte brasileira: explicações e impactos. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, CE, 2004; 35(1): 94-110.
11. Medeiros PT. Produção avícola: subsídios na busca de sistemas de alimentação saudáveis, econômicos e de menor impacto ambiental. 2008. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2008.
12. De Zen SM, Biscalchin RMR, Iguma MD, Martins MM, Prodoximo R, Souza BU et al. Frango/Cepea: com excedente, setor dependerá de bom desempenho das exportações. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/.../frango-perspec-2018-com-excedente-setor-depende>
13. Epagri. Síntese anual da agricultura de Santa Catarina – 2016-2017. Disponível em: <http://www.cepa.epagri.sc.gov.br>

14. Ritz CW, Fairchild BD, Lacy MP. Litter quality and broiler performance. Cooperative Extension Service, University of Georgia (UGA), College of Agricultural and Environmental Sciences. Georgia, 2014. (UGA Extension Bulletin 1267). Disponível em: <http://extension.uga.edu/publications/files/pdf/B%2012674.PDF>>.
15. Mendes AA, Nass IA, Macari M. Produção de frangos de corte. Campinas: Facta, 2004.
16. Bracke, MBM, Hopster, H. Assessing the importance of natural behavior for animal welfare. *Journal Agriculture. Environ. Ethics*, 2006;19(1): 77-89.
17. Palhares JCP, Kunz A. (Ed.). Manejo ambiental na avicultura. Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 149. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011, 27 p.
18. Bilgili SF, Hess JB, Blake JP, Macklin, KS, Saenmahayak B, Sibley JL. Influence of bedding material on foot pad dermatitis in broiler chickens. *Journal Applied Poultry Research*, 2009; 18:583-9.
19. Dai Pra MA, Correa EK, Roll VF et al. Uso de cal virgem para controle de *Salmonella* spp. e *Clostridium* spp. em camas de aviário. *Ciência Rural*, 2009; 39:1189-94.
20. Lu J, Cook KL, Rothrock MJ et al. Evaluation of broiler litter with reference to the microbial composition as assessed by using 16S rRNA and functional gene markers. *Applied Environmental Microbiology*, 2003; 69(2): 901-8.
21. Wadud AS, Michaelsen EG, Parcsi, G, Zemb O, Stuetz R, Manefield M. Bacterial and fungal community composition over time in chicken litter with high or low moisture content. *British Poultry Science*, 2012; 53(5): 561-69.
22. Fiorentin L. Reutilização da cama na criação de frangos de corte e as implicações de ordem bacteriológica na saúde humana e animal. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005.
23. Macklin KS, Hess JB, Bilgili SF et al. Bacterial levels of pine shavings and sand used as poultry litter. *Journal of Applied Poultry Research*, 2005; 14(2), 238-45.
24. Terzich M, Ope MJ, Cherry TE et al. Survey of pathogens in poultry litter in the United States. *Journal of Applied Poultry Research*, 2000; 9(3), 287-91.
25. Lovanh N, Cook KL, Rothrock MJ et al. Spatial shifts in microbial population structure within poultry litter associated with physicochemical properties. *Poultry Science*, 2007; 86(9), 1840-9.
26. Dumas MD, Polson SW, Ritter D et al. Impacts of poultry house environment on poultry litter bacterial community composition. *PLoS One*, 2011; 6(9), 1-12.

27. Fries R, Akcan M, Bandick N et al. Microflora of two different types of poultry litter. *British Poultry Science*, 2005; 46(6), 668-72.
28. Rothrock MJ, Cook KL, Lovanh N et al. Development of a quantitative real-time polymerase chain reaction assay to target a novel group of ammonia-producing bacteria found in poultry litter. *Poultry Science*, 2008a; 87(6),1058-67.
29. Kelley TR, Pancorbo OC, Merka WC et al. Bacterial pathogens and indicators in poultry litter during re-utilization. *Journal of Applied Poultry Research*, 1995; 4(4), 366-73.
30. Line JE. *Campylobacter* and *Salmonella* populations associated with chickens raised on acidified litter. *Poultry Science*, 2002; 81(10), 1473-7.
31. Dhanarani TS, Shankar C, Park J et al. Study on acquisition of bacterial antibiotic resistance determinants in poultry litter. *Poultry Science*, 2009; 88(7), 1381-7.
32. Omeira N, Barbour EK, Nehme PA et al. Microbiological and chemical properties of litter from different chicken types and production systems. *Science of The Total Environment*, 2006; 367(1), 156-62.
33. Cressman MD, Yu Z, Nelson MC et al. Interrelations between the microbiotas in the litter and in the intestines of commercial broiler chickens. *Applied Environmental Microbiology*, 2010; 76(19), 6572-82.
34. Chinivasagam HN, Redding M, Runge G et al. Presence and incidence of food-borne pathogens in Australian chicken litter. *British Poultry Science*, 2010; 51(3), 311-8.
35. Thakur S, Brake J, Keelara S et al. Farm and environmental distribution of *Campylobacter* and *Salmonella* in broiler flocks. *Research in Veterinary Science*, 2013; 94(1), 33-42.
36. Roll VFB, Dai Prá MA, Roll AP. Research on *Salmonella* in broiler litter reused for up to 14 consecutive flocks. *Poult. Sci.*, 2011; 90(10), 2257-62.
37. Crespo R, Badcoe LM, Williams C et al. Inactivation of infectious Bursal Disease Virus through composting of litter from poultry houses. *Avian Dis.*, 2016; 60 (2), 506-10.
38. Eurepgap Control Points and Compliance Criteria: Integrated Farm Assurance - Poultry. English version. Module. 2007, p. 23. Disponível em: http://www.eurepgap.org/documents/webdocs/EUREPGAP_IFA_CPCC_PY_V3-0-1_2July07.
39. Instrução Normativa SDA n 20 de 21/10/2016 Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=330200>

40. Shivaprasad HL, Methner U, Barrow PA. Salmonella infections in the domestic fowl. In: Barrow PA, Methner U. (Eds.) *Salmonella in domestic animals*, 2 ed. Boston: Cabi, 2013; 9: 162-92.
41. Corrier DEJA, Byrd BM, Hargis ME, Hume RH, Bailey LHS. Presence of Salmonella in the crop and ceca of broiler chickens before and after preslaughter feed withdrawal. *Poultry Science*. 1999; 78:45-9.
42. Trampel DWRJ, Hasiak LJ, Hoffman MC. Recovery of Salmonella from water, equipment, and carcasses in turkey processing plants. *Journal Applied Poultry Research*, 2000; 9:29-34.
43. Williams JE, Benson ST. Survival of Salmonella typhimurium in poultry feed and litter at three temperatures. *Avian Diseases*, 1978; 742-7.
44. Moraes DMC, Andrade MA, Minafra-Rezende CS, Barnabé AC, De Sá JV, Nunes IA et al. Fontes de infecção e perfil de suscetibilidade aos antimicrobianos de Salmonella sp. isoladas no fluxo de produção de frangos de corte. *Arquivo do Instituto Biológico*, 2014; 81(3): 195-201.
45. Enticknap JJ, Nonogaki H, Place AR et al. Microbial diversity associated with odor modification for production of fertilizers from chicken litter. *Applied Environmental Microbiology*, 2006; 72(6), 4105-14.
46. Rothrock MJ, Cook KL, Warren JG et al. The effect of alum addition on microbial communities in poultry litter. *Poultry Science*, 2008b; 87(8), 1493-1503.
47. Chinivasagam HN, Tran T, Blackall PJ. Impact of the Australian litter re-use practice on Salmonella in the broiler farming environment. *Food Research International*, 2012; 45(2), 891-6.
48. Elowni EE, Elbiharis S. Natural and experimental infection of the beetle *Alphitobius diaperinus* with *Choanotaenia infundibulum* and other chicken tapeworms. *Veterinary Science Communications*, 1979; 3: 171-3.
49. Goodwin MA, Waltman WD. Transmission of Eimeria, viruses and bacteria to chicks: darkling beetles *Alphitobius diaperinus* as vector of pathogens. *Journal of Applied Poultry Research*, 1996; 5: 51-5.
50. Chernaki AM, Almeida LM. Exigências Térmicas, Período de Desenvolvimento e Sobrevivência de Imaturos de *Alphitobius diaperinus*. *Neotropical Entomology*. 2001; 30: 365-8.
51. Costa CAF, Avila VS. Efeito da idade das aves e da reutilização e manejo da cama de aviário sobre a coccidiose em frangos de corte. *Comunicado Técnico*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, jul., 2003.

52. Paiva DP. Controle de moscas e cascudinhos. Desafios na produção agrícola. In: Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola, 2000, Concórdia, SC. Anais... Concórdia: Embrapa de Suínos e Aves, 2000.
53. Back A. Manual de doenças das Aves. Cascavel: Coluna do Saber, 2004.
54. Thaxton YV, Balzli CL, Tankson JD. Relationship of broiler flock numbers to litter microflora. *Journal of Applied Poultry Research*, 2003; 12:81-4.
55. Roll VFB, Dai Pra MA, Roll AP. Research on Salmonella in broiler litter reused for up to 14 consecutive flocks. *Poultry Science*, 2011; 90:2257-62.
56. Chinivasagam HN, Tran T, Blackall PJ. Impact of the Australian litter re-use practice on Salmonella in the broiler farming environment. *Food Research International*, 2012; 45:891-6.
57. Silva VS, Voss D, Coldebella A et al. Efeito de tratamentos sobre a carga bacteriana de cama de aviário reutilizada em frangos de corte. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007, 10 p.
58. Fiorentin L. Processos de tratamento para reutilização de cama de aviário: aspectos bacteriológicos. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologias Avícolas, 2006, Santos. Anais... Campinas: Facta, 2006, p.17-24.
59. Ritz CW, Fairchild BD, Lacy MP. Litter quality and broiler performance. Cooperative Extension Service-The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences. *Bulletin*, 2009, 1267.
60. Carey JB, Lacey RE, Mukhtar S. A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 2. Flock and house management factors. *Journal of Applied Poultry Research*, 2004; 13:509-13.
61. Barker KJ, Purswell JL, Davis JD, Parker HM, Kidd MT, McDaniel CD et al. Distribution of bacteria at different poultry litter depths. *International Journal of Poultry Science*, 2010; 9(1):10-13.
62. Cressman MD, Yu Z, Nelson MC, Moeller SJ, Lilburn MS, Zerby HN. Interrelations between the microbiotas in the litter and in the intestines of commercial broiler chickens. *Applied and Environmental Microbiology*, 2010; 76:6572-82.
63. Lavergne TK, Stephens MF, Schellinger D, Carney WA. In-house pasteurization of broiler litter. *Louisiana Cooperative Extension*, 2006: 2955.
64. Wildey H. Manage turkey litter to control ammonia. *Poultry Digest*, 43: 257, 1984.
65. Stanush DD, Beltran R, Corsiglia CM et al. Effect of hydrated lime on selected litter microflora and poultry growth performance. In: Poultry Science Association Meeting, 2000, Montreal. Proceedings... Montreal: ASA, 2000. p.1.

66. Sobih MA, Dosoky R. Field trials to reduce ammonia content of air in broiler houses. *Assiut Veterinary Journal*, 1990; 24:159-64.
67. Jeffrey JS. Inactivation of bacteria in stacked poultry litter. Davis: University of California, 2001, 8 p. (USPEA Final Report).
68. Palhares JCP, Kunz A. Manejo ambiental na avicultura. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011.
69. Lucca W et al. Efeito de diferentes tratamentos químicos em cama para aves de corte. *Revista agroambiental*, 2012; 25-31.
70. Mouchrek E, Jorge MA. Reutilização da cama. *Revista Agimiv*, 2001; 2(17).
71. Macklin KS, Hess JB, Bilgili SF. In-house composting and its effects on foodborne pathogens. *Journal of Applied Poultry Research*, 2008; 17:121-7.
72. Jeffrey JS, Kirk JH, Atwill ERY et al. Research notes: prevalence of selected microbial pathogens in processed poultry waste used as dairy cattle feed. *Poultry Science*, 1998; 77: 808-11.
73. Gazoni FL, Boufler R, Flores F et al. Avaliação da resistência do cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) (Panzer) (Coleóptera:Tenebrionidae) a diferentes temperaturas. *Arquivos do Instituto Biológico*, 2012; 79: 69-74.
74. Flores F, Lovato M, Boufleur R et al. Avaliação do método fermentativo da cama de aviário. *Ergomix.com*. Publicado em 10 de jan., 2009. Disponível em: <http://pt.engormix.com/MA-avicultura/administracao/artigos/avaliacao-metodo-fermentativo-cama-t114/124-p0.htm>.
75. Martins RS, Poletto R, Hötzel MJ. Fermentação da cama reutilizada de aviário e seus efeitos na carga microbiológica, na ambiência das instalações e na incidência de pododermatites em frangos de corte Disponível em: http://www.avisite.com.br/cet/img/20130528_trabalho.pdf
76. Ivanov IE. Treatment of broiler litter with organic acids. *Research in Veterinary Science*, 2001; 70:169-73.
77. Pope M, Cherry TE. Evaluation of the presence of pathogens on broilers raised on poultry litter treatment@treated litter. *Poultry Science*, 2000; 79: 1351-5.
78. Line JE, Bailey JS. Effect of on-farm acidification treatments on *Campylobacter* and *Salmonella* populations in Commercial Broiler Houses in Northeast Georgia. *Poultry Sciences*, 2006; 85: 1529-34.

79. Bush DJ, Poore MH, Rogers GM et al. Effecting of stacking method on Salmonella elimination from recycled poultry bedding. *Bioresource Technology*, 2007; 98:571-8.
80. Himathongkham S, Riemann H. Destruction of Salmonella typhimurium, Escherichia coli O157:H7 and Listeria monocytogenes in chicken manure by drying and/or gassing with ammonia. *FEMS Microbiol Lett*, 2006; 171(2),179-82.
81. Luther AK. Ammonia toxicity in bacteria and its implications for treatment of and resource recovery from highly nitrogenous organic wastes. *Dissertação. Graduate Program in Environmental Science. The State University of New Jersey*, 2015.
82. Von Wiren N, Merrick M. Regulation and function of ammonium carriers in plants, yeast and bacteria. *Trends Curr Genet*, 2004; 9:95-120.
83. Koziel JA, Frana TS, Ahn H et al. Efficacy of NH₃ as a secondary barrier treatment for inactivation of Salmonella Typhimurium and methicillin-resistant Staphylococcus aureus in digestate of animal carcasses: Proof-of-concept. *PLoS One*, 2017; May 5;12(5).
84. Rech, DV. Impacto de tratamentos de cama aviária reutilizada na viabilidade e infectividade de micro-organismos. *Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria, RS*, 2017.
85. Jeffrey JS, Kirk JH, Atwill ERY. et al. Research notes: prevalence of selected microbial pathogens in processed poultry waste used as dairy cattle feed. *Poultry Sciences*, 1998; 77: 808-11.
86. Rezende CLE, Mallinson ET, Gupte A et al. Salmonella spp. are affected by different levels of water activity in closed microcosms. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, v. 26, 2001; 222-5.
87. Payne JB, Osborne JA, Jenkins PK et al. Modeling the growth and dead kinetics of Salmonella in poultry litter as a function of pH and water activity. *Poultry Sciences*, 2007; 86:191-201.
88. Nutron. Shaping Tomorrow Nutricion. Cama de Aviário. Maio 2010. Disponível em: <http://nftalliance.com.br/assets/Uploads/CamaAviria.pdf>.
89. Vieira MFA. Caracterização e análise da qualidade sanitária de camas de frango de diferentes materiais reutilizados sequencialmente. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, MG*, 2011.
90. Rezende CLE, Mallinson ET, Gupte A et al. Salmonella spp. are affected by different levels of water activity in closed microcosms. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 2001; 26: 222-5.

91. Carvalho TMR, Moura DJ, Souza ZM et al. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 2011; 46(4), 351-61.
92. Pace MG, Miller BE, Farrell-Poe KL. The composting process. USU Extension fact sheet, AG-WM 01. Logan, UT: USU, 1995.
93. Valente BS, Xavier EG, Morselli TBGA et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos de Zootecnia*, 2009; 58:59-85.
94. Mc Ward GW, Taylor DR. Acidified clay litter amendment. *Journal Applied Poultry Research*, 2000; 9: 518-29.
95. Corrêa ÉK, Perdomo CC, Jacondino IF. Condicionamento ambiental e desempenho de suínos em crescimento e terminação criados sobre piso com leito de cama. *Revista Brasileira de Zootecnia Brazilian Journal of Animal Science*, 2000; 29: 2072-9.