

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Talia Marafon

Qualidade físico-química da cama reutilizada de frangos de corte

Curitibanos

2021

Talia Marafon

Qualidade físico-química da cama reutilizada de frangos de corte

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais, da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.
Orientadora: Prof^a. Dr.^a Aline Félix Schneider Bedin

Curitibanos

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Marafon, Talia

Qualidade físico-química da cama reutilizada de frangos
de corte / Talia Marafon ; orientadora, Aline Félix
Schneider Bedin, 2021.

49 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, , Graduação em
Agronomia, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Ambiência. 3. Avicultura . 4.
Reutilização da cama. I. Félix Schneider Bedin, Aline . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Agronomia. III. Título.

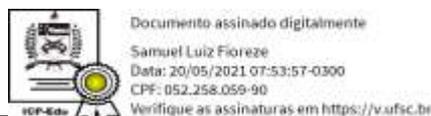


TALIA MARAFON

Qualidade físico-química da cama reutilizada de frangos de corte

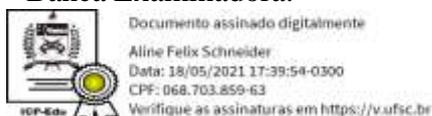
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 03 de maio de 2021.

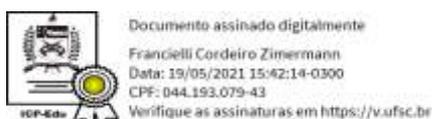


Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof^a. Dr.^a Aline Félix Schneider Bedin
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof^a. Dr.^a Francielli Cordeiro Zimmermann
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Marcos José Migliorini
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos,

À Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais, Vilson Marafon e Ivanete Sutilli Marafon, a minha irmã Chaiane Marafon e demais familiares, por toda ajuda, apoio emocional e financeiro.

Ao meu namorado Willian Macanan, por todo companheirismo, paciência, dedicação e ajuda.

À minha orientadora, Prof^ª. Dr. Aline Félix Schneider Bedin, por todo conhecimento transmitido e auxílio na elaboração e execução deste trabalho.

Aos meus amigos, Amanda Barcelos Guzi, Ana Caroline Krug, Ana Paula Kroll, Felipe Weber Ferrarez, Gabriel Goetten, Luiz Paulo Stiebler, Roger Vinicius Konkell, Yuri Pscheidt e demais.

À Universidade Federal de Santa Catarina e todos os docentes e técnicos.

Obrigada a todos que mesmo não citados contribuíram para a minha formação acadêmica.

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade físico-química da cama de maravalha reutilizada de frangos de corte durante seis ciclos consecutivos de produção, no alojamento e carregamento, para verificar o comportamento das variáveis físico-químicas e identificar até quando era seguro reutilizar a cama, considerando as características do substrato, associado aos aspectos da ambiência e do bem-estar animal. O experimento foi conduzido em lotes de frangos de corte criados no decorrer de 2019/2020, em um aviário de pressão negativa, com produção comercial de aves de corte tipo *griller*, localizado no interior do município de Seara, Santa Catarina, com o manejo de criação seguindo às normas da empresa. Os parâmetros avaliados foram matéria seca (%), potencial hidrogeniônico (pH), número de *Alphitobius diaperinus* (cascudinho) adultos, teor de nitrogênio total (%) e volatilização da amônia (ppm). Os resultados constataram que, a matéria seca tende a diminuir com o reuso da cama, enquanto que, os demais parâmetros apresentaram estabilidade após o primeiro lote. A cama de maravalha nova no primeiro lote, apresentou pH de 5,70, teor de nitrogênio total de 0,10 % e não foi observado *Alphitobius diaperinus* adultos e não houve volatilização de amônia. Após o primeiro lote, o pH apresentou comportamento alcalino, variando de 8,68 a 9,04, o teor de nitrogênio total após o 4º lote de reuso não apresentou incrementos, a população de *Alphitobius diaperinus* se manteve em equilíbrio e as emissões de amônia se mantiveram em níveis aceitáveis menores que 10 ppm na maioria dos lotes. Portanto, a cama apresentou condições de ser reutilizada durante seis lotes, com atenção ao teor de matéria seca, que no sexto lote, estava no limite aceitável (75%).

Palavras-chave: Ambiência. Avicultura. Reutilização da cama.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the physical-chemical quality of the reused poultry litter during six consecutive production cycles, in the period of housing and loading, to verify the behavior of physical-chemical variables and to identify when it was safe to reuse the litter, considering the substrate characteristics, associated with aspects of ambiance and animal welfare. The experiment was carried out in flocks of broilers raised during 2019/2020, in a poultry house with commercial production of griller-type broilers, located in city of Seara, Santa Catarina, with the breeding management following the norms from the company. The evaluated parameters were dry matter (%), hydrogen potential (pH), the number of adult *Alphitobius diaperinus* (lesser mealworm), total nitrogen content (%), and ammonia volatilization (ppm). The results showed that the dry matter tends to decrease with the reuse of the litter, while the other parameters showed stability after the first flock. The new shavings litter in the first flock had a pH of 5.70, the total nitrogen content of 0.10%, and no adult *Alphitobius diaperinus* was observed and there was no ammonia volatilization. After the first flock, the pH showed a more alkaline behavior, varying from 8.68 to 9.04, the total nitrogen content after the fourth reuse flock did not show increments, the population of *Alphitobius diaperinus* kept in balance, and ammonia emissions maintained at acceptable levels below 10 ppm in most flocks. Therefore, the litter was able to be reused during six flocks, with attention to the dry matter content, which in the sixth flock, was at the acceptable limit (75%).

Keywords: Ambiance. Poultry. Litter reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fases do ciclo do <i>Alphitobius diaperinus</i>	20
Figura 2 - Manejo durante o vazio sanitário.....	22
Figura 3 - Croqui do aviário para demonstração das repetições e dos pontos de coleta no dia do alojamento das aves.	26
Figura 4 - Croqui do aviário para demonstração das repetições e dos pontos de coleta no dia do carregamento das aves.	26
Figura 5 - Armazenamento das amostras	27
Figura 6 - Etapas para análise da matéria seca.	27
Figura 7 - Etapas para análise de nitrogênio total.	28
Figura 8 - Análise de amônia.....	29
Figura 9 - Processo para determinação do pH.....	29
Figura 10 - Determinação do número de <i>Alphitobius diaperinus</i> adultos.....	30

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 - Efeito das diferentes concentrações de amônia (ppm) sobre a sanidade de frangos de corte.	18
Tabela 2 - Datas de alojamento e carregamento dos lotes.....	23
Tabela 3 - Temperatura de conforto térmico de acordo com a idade das aves.....	24
Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos da cama reutilizada de frangos de corte no período de alojamento durante seis ciclos consecutivos de produção.....	31
Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos da cama reutilizada de frangos de corte no período de carregamento, durante seis ciclos consecutivos de produção.....	36
Gráfico 1 - Efeito dos lotes no teor de matéria seca (%) da cama no alojamento.....	32
Gráfico 2 - Efeito dos lotes no potencial hidrogeniônico (pH) da cama no alojamento.	33
Gráfico 3 - Efeito dos lotes na volatilização da amônia (mg/g) da cama no alojamento.	34
Gráfico 4 - Efeito dos lotes no teor de nitrogênio total (%) da cama no alojamento.	35
Gráfico 5 - Efeito dos lotes no teor de matéria seca (%) da cama no alojamento e no carregamento.	38
Gráfico 6 - Efeito dos lotes no potencial hidrogeniônico (pH) da cama no alojamento e no carregamento.	39
Gráfico 7 - Efeito dos lotes no do teor de nitrogênio total (%) da cama no alojamento e no carregamento.	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 HIPÓTESES.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 CAMA DE AVIÁRIO	15
2.2.1 Amônia	16
2.2.2 Umidade relativa do ar e da cama	19
2.2.3 Teor de nitrogênio total	19
2.2.4 <i>Alphitobius diaperinus</i> (cascudinho)	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO AVIÁRIO.....	22
3.2 MANEJO DE CRIAÇÃO	23
3.3 MANEJO NO PERÍODO DO VAZIO SANITÁRIO.....	25
3.4 COLETA DAS AMOSTRAS DA CAMA	26
3.5 ANÁLISES REALIZADAS	27
3.5.1 Matéria seca	27
3.5.2 Nitrogênio total	28
3.5.3 Níveis de amônia	28
3.5.4 Potencial hidrogeniônico (pH)	29
3.5.5 Número de <i>Alphitobius diaperinus</i> adultos	30
3.6 ANÁLISE DOS DADOS	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA CAMA NO PERÍODO DE ALOJAMENTO .	31

4.2 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA CAMA NO PERÍODO DE CARREGAMENTO.....	36
4.3 EFEITO DO VAZIO SANITÁRIO NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA CAMA.....	38
5. CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira é destaque na produção e exportação de frango de corte. Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA (2020), o Brasil possui um plantel com mais de um bilhão de aves, produzindo 13,245 milhões de toneladas de carne de frango, sendo o terceiro maior produtor mundial e o maior exportador. A região Sul é responsável por contribuir com 84% da carne de frango que é exportada para as regiões de todos os continentes, exceto Antártica (ABPA, 2020).

A disseminação e o êxito da avicultura no Brasil, está relacionada com o alto investimento nas instalações, melhoramento genético associado a nutrição balanceada, controle da ambiência e sanitário. Porém, esse crescimento do setor desencadeou questões referentes a bem-estar animal, como densidade de alojamento, ambiência e qualidade da cama (MARTINS, 2013).

A intensa exploração avícola proporcionou uma elevada produção de resíduos, principalmente a cama de frango, a qual pode ser definida como o material distribuído sobre o piso dos aviários, numa camada de 10 centímetros, com objetivo de absorver a umidade e as excretas, proporcionar isolamento térmico, garantir que as aves expressem o seu comportamento natural e o seu máximo potencial (DUNLOP; BLACKALL; STUETZ, 2016). A cama é uma associação do substrato (maravalha, casca de arroz, entre outros) restos de ração, penas, excretas e microrganismos (ROSA, 2015).

O material que será utilizado como cama deve apresentar partículas de tamanho médio, homogêneas, baixa umidade inicial (12-14%), ausência de fungos e substância tóxicas, capacidade de absorver e eliminar a umidade, não compactar, bom isolamento térmico, capacidade de amortecimento e além disso, possui disponibilidade e baixo custo, já que é o produtor que necessita arcar com esse gasto (DUNLOP; BLACKALL; STUETZ, 2016). Os materiais mais comuns empregados para esse fim são maravalha, serragem, casca de arroz, no entanto, depende muito da disponibilidade existente na região (GARCÊS *et al.*, 2017).

De acordo com Dalólio *et al.* (2017), a produção de cama de frango para um ciclo de 42 dias de produção gera em torno de 1,5 a 5,7 kg de cama/ave. Por esse motivo, os processos de reutilização da cama têm como objetivo reduzir os custos de produção, diminuir os resíduos gerados pelo setor avícola e com isso reduzir o impacto ambiental, além de favorecer regiões que o material base é escasso (VIEIRA *et al.*, 2015).

O período que a cama poderá ser reutilizada está relacionada diretamente com as condições sanitárias, teor de umidade, teor de nitrogênio, pH, nível de amônia e população de *Alphitobius diaperinus*, popularmente conhecido como “cascudinho”, para que o desempenho

animal não seja afetado (DAI PRA *et al.*, 2009; VIEIRA, 2011). Segundo Paganini (2004), a cama é um fator decisivo na ambiência do aviário e no desempenho das aves, por isso, é fundamental entender como esses fatores se comportam ao longo dos lotes.

O destino da cama após o uso pode ser de caráter agronômico, compostagem ou incineração. O mais comum é a aplicação da cama de frango na forma de adubo orgânico, em função da sua composição apresentar elevadas quantidade principalmente de nitrogênio, fósforo e potássio, macronutrientes importantíssimos para a produção agrícola (DALÓLIO *et al.*, 2017). No entanto, existe uma grande preocupação ambiental, visto que, o uso em excesso pode ocasionar eutrofização de corpos da água, contaminação do ar, liberação de gases do efeito estufa e dispersão de agentes patogênicos (BAYRAKDAR *et al.*, 2017).

1.1 JUSTIFICATIVA

A qualidade da cama é um fator decisivo na ambiência do aviário e no desempenho zootécnico das aves. A reutilização do material utilizado como cama é uma opção para diminuir os custos de produção dos produtores e a quantidade de resíduos gerados pela Avicultura. Sendo assim, torna-se essencial entender o comportamento das principais variáveis físico-químicas da cama ao longo dos ciclos de produção.

Ao passar dos lotes, com o aumento da deposição de matéria orgânica na cama, fatores como pH, teor de nitrogênio, matéria seca, níveis de amônia são alterados e, podem afetar a expressão do potencial genético e o comportamento natural das aves. O presente trabalho será importante para avaliar as propriedades físico-químicas da cama durante seis ciclos consecutivos de produção, em condições reais de produção e, entender como ocorrem as alterações nesses fatores ao longo da produção, considerando o período de vazio sanitário, onde é efetuado o tratamento da cama, através da fermentação plana e o controle químico do *Alphitobius diaperinus* (cascudinho).

Visto que os trabalhos já efetuados referentes a esse assunto são em aviários experimentais, esse trabalho será realizado em um aviário de produção comercial, onde a criação é em grande escala, e as variáveis não são facilmente controladas, os manejos são efetuados pelo produtor, pois busca-se obter dados reais, para identificar até quando as variáveis físico-químicas mantem-se em níveis seguros para reutilizar a cama. É fundamental estabelecer um equilíbrio entre reduzir os custos de produção e permitir que as aves continuem expressando seu máximo potencial.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade físico-química da cama de maravalha empregada na criação de frangos de corte e reutilizada ao longo de seis lotes consecutivos, em aviário de pressão negativa.

1.2.2 Objetivos específicos

Avaliar o teor de matéria seca, o teor de nitrogênio total, o pH, a amônia e número de *Alphitobius diaperinus* adultos da cama, no alojamento e no carregamento das aves, ao longo de seis lotes consecutivos;

Verificar se o processo de tratamento de cama realizado durante o vazio sanitário é capaz de reduzir o pH, os níveis de amônia e a contagem de *Alphitobius diaperinus* produzidos a cada lote;

Avaliar a segurança do reaproveitamento da cama, baseado nos aspectos físico-químicos;

Identificar até quando as variáveis físico-químicas permanecem em níveis seguros para reutilizar a cama, considerando os aspectos da ambiência e do bem estar-animal.

1.3 HIPÓTESES

A cama reutilizada por até seis lotes apresenta pH próximo a 9,0 ao final da criação, e o processo de tratamento da cama (fermentação plana) realizado no intervalo entre lotes reduz o pH para valores próximos a 7,0. A cada ciclo de reutilização da cama, o teor de nitrogênio presente na cama aumenta, devido ao acúmulo de excretas, penas e outros resíduos da produção, atingindo os valores máximos no sexto lote de reaproveitamento.

Os níveis de amônia, no final de cada lote apresentam maiores concentrações, em razão do pH mais alcalino favorecer a conversão do ácido úrico presente nas excretas em amônia. Porém, após o tratamento de cama e redução do pH, a quantidade de amônia presente na cama reduz, o que será visualizado no alojamento.

A população de *Alphitobius diaperinus*, no final da criação será maior, no entanto, com o tratamento da cama e o controle químico no período de vazio sanitário, a população tende a reduzir em cada intervalo entre lotes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CAMA DE AVIÁRIO

A cama é o material disposto sobre o piso do aviário, que proporcionará conforto, proteção e absorção dos dejetos das aves, sendo composta por substrato (maravalha, casca de arroz, entre outros), restos de ração, penas, excretas e microrganismos (ROSA, 2015). A cama impede o contato direto das aves com piso, reduz as oscilações de temperatura, além de permitir que as aves expressem seu comportamento natural e o seu máximo potencial genético (RITZ *et al.*, 2014).

A cama pode ser constituída de diversos materiais, mas essencialmente deve conter elevada capacidade de absorção e liberação de umidade, apresentar boas características de isolamento térmico, liberar pequenas quantias de poeira, ter partículas médias, possuir preço acessível e disponibilidade no mercado (VIEIRA, 2011). A espessura da cama recomendada é de 10 centímetros (LEVA, 2010).

Dos materiais que podem ser empregados na criação de aves, a maravalha de madeira, é a mais utilizada, por apresentar excelentes características físicas, com partículas em torno de três centímetros. Porém, com a alta demanda em alguns locais foi essencial buscar materiais alternativos, como a casca de arroz e a serragem (GARCIA *et al.*, 2010).

As características físico-químicas da cama de frango dependem do material empregado, número de lotes realizados, manejos efetuados ao longo dos ciclos de produção, aumento da umidade (vazamento de bebedouros, excreção das aves), redução da umidade através do uso da ventilação, densidade de alojamento, estação do ano (DALÓLIO *et al.*, 2017).

A cama de frango devido a carga de dejetos que recebe durante a criação das aves, se torna um material com altos teores de matéria orgânica, capaz de propiciar a multiplicação de microrganismos que podem afetar negativamente a produção avícola, como a *Salmonella* spp., que acomete a segurança alimentar, contaminando derivados da produção (CAMPOS *et al.*, 2018; CASTRO, 2018).

A quantidade de microrganismos presente na cama está relacionado com número de lotes criados, densidade de alojamento, manejos realizados no decorrer do lote e no período de vazio sanitário, como os processos fermentativos da cama (GARCIA *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2012). A reutilização da cama por diversos lotes consecutivos é uma prática empregada em diversos países, inclusive no Brasil, com objetivo de reduzir os custos de produção, diminuir os resíduos gerados pelo setor avícola e favorecer regiões que o material base é escasso (VIEIRA; CAFE, 2015).

O reaproveitamento da cama é indicado por no máximo seis lotes, mas se ocorrer problemas sanitários, a troca de cama deverá ser efetuada (CAMPOS *et al.*, 2018). Se a cama for reutilizada, no período de vazio sanitário ela deverá ser tratada, com objetivo de eliminar microrganismos patogênicos, pois com o reuso ocorre mudanças físicas, químicas e biológicas (GLOBALG, 2016). No Brasil, os métodos mais empregados são aplicação de cal (método químico), fermentação em leira ou plana (método biológico) (ROSA *et al.*, 2014).

Segundo Castro (2018), diversos trabalhos descrevem que o reuso da cama promove problemas sanitários nos lotes que entram em contato com esse material, visto que os lotes apresentam microbiotas diversas, as quais podem ser disseminadas. Santiago *et al.* (2019), relatam que a reutilização da cama afeta diretamente a qualidade de carcaças, quando manejada incorretamente.

O manejo da cama interfere diretamente a sanidade do lote e a qualidade das carcaças, e está relacionada com diversas patologias presentes nas aves, como a colibacilose (síndrome que afeta órgãos, como saco aéreo, fígado, coração, entre outros), sendo a principal causa de condenação de carcaças em abatedouros na região Sul do Brasil (CAMPOS *et al.*, 2018; CASAGRANDE *et al.*, 2017; OZAKI *et al.*, 2017).

Santiago *et al.* (2019), verificaram que a cama de frango reutilizada por seis lotes, não propiciava condenação das carcaças por colibacilose. Mas em períodos de reuso maiores, no abatedouro acontecia condenação de carcaça por causa dessa patologia. Porém, o Brasil ainda não dispõe de legislação que estabeleça o número máximo de reuso da cama de frango (BRASIL, 2017).

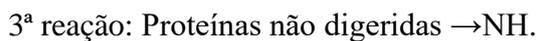
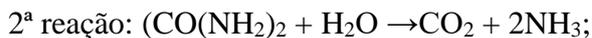
Quando a cama de frango atinge seu limite máximo de reuso, o destino do resíduo da produção avícola pode ser o uso agrônômico, incineração e compostagem (DALÓLIO *et al.*, 2017). A cama empregada como fertilizante apresenta elevado teor de nitrogênio, fósforo e potássio, portanto, deve ser aplicada de acordo com as necessidades do solo e da cultura, para evitar eutrofização de corpos d'água, dispersão de patógenos e liberação de gases do efeito estufa (BAYRAKDAR *et al.*, 2017; SHEN; ZHU, 2017).

2.2.1 Amônia

A qualidade do ar assim como a da cama do aviário, são aspectos importantíssimos a serem considerados no sistema de produção avícola. Os gases amônia (NH₃), dióxido de carbono (CO₂) e monóxido de carbono (CO), são os principais gases que influenciam na qualidade do ar no interior das instalações (SILVA *et al.*, 2018).

O gás NH_3 é oriundo da decomposição microbiana do ácido úrico presente nas excretas, compostos nitrogenados e proteínas não digeridas que são eliminados pelas aves. É um gás incolor que causa irritação na mucosa dos animais, e por apresentar densidade menor que o ar, possui alta mobilidade no interior do aviário. Em concentração superior a 10 ppm interfere negativamente a saúde humana e animal (MENDES *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2018). Portanto, o controle de amônia no interior dos aviários é uma medida que visa não somente a saúde das aves, mas também pode ser vista como uma medida de biossegurança, já que é salutar aos produtores e funcionários das granjas.

A formação da amônia a partir da decomposição dos compostos nitrogenados ocorre em três reações, sendo 1ª decomposição do ácido úrico; 2ª hidrólise da ureia e 3ª mineralização das proteínas não digeridas (GROOT KOERKAMP, 1998 apud BRANCO, 2017), conforme as reações abaixo:



A volatilização da amônia está diretamente relacionada com as características químicas e físicas da cama, manejos realizados nas instalações (exemplo ventilação e temperatura), teor de umidade, idade das aves e densidade de alojamento. Fatores que podem favorecer a conversão do amônio (NH_4^+), gás pouco volátil, em amônia, altamente volátil (CORKERY *et al.*, 2013; ZAPATA, 2011). A perda do nitrogênio presente na cama de frango na forma de amônia reduz a qualidade deste material, que pode ser usado como fertilizante em lavouras, e afeta negativamente o meio ambiente (OLIVEIRA; GODOI, 2010)

O pH da cama é um fator determinante na conversão de amônio (NH_4) não volátil em NH_3 volátil. Isso ocorre devido à decomposição do ácido úrico produzido pelas aves ser realizado pela enzima uricase, a qual possui pH ótimo de ação em torno de 9,0. Sendo assim, o processo de acidificação da cama implica em redução da volatilização da amônia (FRANÇA, 2014).

O manejo da ventilação dos aviários proporciona uma redução da umidade da cama, com isso a volatilização da amônia reduz, uma vez que, a degradação dos compostos nitrogenados ocorre em menor proporção, além de proporcionar a renovação do ar no interior das instalações (GAY; KNOWLTON, 2009).

A idades das aves também tem influência na volatilização da amônia, uma vez que, nas primeiras semanas de vida, os frangos apresentam menor massa corporal, menor consumo de ração e menor produção de dejetos (MENDES, 2012). Visto que, o nitrogênio entra no sistema avícola por meio das rações como fonte de proteína, porém, cerca de 45% é retido como

proteína animal e 55%, é depositado na cama junto com os dejetos, no qual em torno de 35% será volatilizado na forma de NH_3 (MISSELBROOK *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2006).

Wang *et al.* (2010), analisaram o impacto causado pela amônia em diferentes concentrações (13, 26 e 52 ppm) no interior de aviários. Os autores constataram que, concentrações de amônia superior a 26 ppm num período de 24 horas, ocasionou redução no ganho de peso e maior conversão alimentar, além de afetar o sistema imunológico das aves expostas. A Tabela 1 detalha os efeitos negativos promovidos pela amônia em diversas concentrações na produção de frangos de corte.

Tabela 1 - Efeito das diferentes concentrações de amônia (ppm) sobre a sanidade de frangos de corte.

Concentrações de NH_3 (ppm)	Efeitos nos frangos
10	Irritação dos cílios do epitélio traqueal
20	Maior suscetibilidade a enfermidades, como Newcastle
25	Redução do ganho de peso e piora na conversão alimentar
25 – 50	Inflamação dos sacos aéreos e maior frequência de enfermidades respiratórias
50	Aumentos dos níveis de ceratoconjuntivite
100	Elevada mortalidade e cegueira

Fonte: Estevez, 2002.

A aplicação de condicionadores químicos sobre a cama é uma possibilidade para diminuir a volatilização da amônia no interior dos aviários, por meio da alteração do pH e da umidade, através da redução da atividade microbiana e ligação química com as moléculas de amônia presentes na cama (BORDIGNON, 2013; OLIVEIRA; GODOI, 2010).

O Brasil, não dispõe de legislação referente as concentrações máximas de amônia que as aves podem permanecer expostas. Porém, existe a recomendação de Bem-Estar Animal, que determinam como ideal concentrações menores que 10 ppm (ORO; GUIRRO, 2014). Os exportadores de carne de frango determinam como limite máximo 20 ppm, visto que, altas quantidade de NH_3 provocam prejuízos na produtividade, maior mortalidade e propensão a doenças (LOURENÇONI, 2015).

A Norma Regulamentar nº 15 de 06/07/1978 do Ministério do Trabalho, no Brasil determina que em ambiente com concentração de amônia superior a 20 ppm, o período máximo de exposição dos trabalhadores é de 48 horas/semanais. Sendo 30 ppm a concentração máxima de amônia que uma pessoa pode ser exposta.

Portanto, para controlar as emissões de amônia no interior das instalações avícolas, é fundamental a adoção de manejos do ambiente, através da ventilação apropriada e manejos da

cama, pelo monitoramento do pH, temperatura e umidade. Além, do uso de aditivos e ajustes nas concentrações de nitrogênio presentes nas rações (SOUSA, 2018).

2.2.2 Umidade relativa do ar e da cama

A umidade relativa do ar está relacionada com o conforto térmico das aves, devendo ser diariamente monitorada com auxílio do higrômetro. Normalmente, a umidade nas primeiras semanas é menor, em função do uso dos aquecedores, e no final do lote tende a ser maior, pelo uso de sistema de resfriamento (NÄÄS *et al.*, 2014).

O ideal para a primeira semana de vida das aves é umidade superior a 50%, valores inferiores tornam o ambiente muito seco e com pó, podendo acarretar distúrbios respiratórios e desidratação nos animais. Nas fases de crescimento e final da criação, a umidade tende ser maior, mas quando os valores ultrapassam 70% ocorre aumento da umidade da cama (ROSS, 2014).

A umidade existente na cama está relacionada com os manejos efetuados, alimentação e sanidade das aves, modelo de bebedouro, temperatura e consumo de água (VIEIRA, 2011). Recomenda-se que a cama apresente uma umidade entorno de 20 a 25% (ZAPATA, 2011). A elevada umidade da cama ou as condições impróprias do substrato, podem ocasionar períodos de umedecimento e secagem, formando uma camada compactada, que é capaz de causar nas aves dermatites de contato ou pododermatite, popularmente conhecidas como “calo de pata” ou “calo de peito” (BILGILI *et al.*, 2011).

2.2.3 Teor de nitrogênio total

A quantidade de nitrogênio presente na cama de frango está continuamente alterando-se através da atividade microbiana, juntamente com as mudanças no pH, temperatura e umidade. As excretas das aves possuem elevados teores de nitrogênio, devido à composição das rações, com elevados teores de proteína bruta (15 a 27% de proteína bruta), de acordo com as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO *et al.*, 2017; SONODA, 2011).

Quando a cama é reutilizada por vários ciclos ocorre um aumento nos níveis de nitrogênio total, em função do incremento de dejetos contendo nitrogênio irem se acumulando ao longo do tempo (SOUSA, 2018).

Para quantificar o percentual de NH_3 volatilizado pode ser empregado o método direto, através do monitoramento (contínuo ou semi-contínuo) das emissões de NH_3 no decorrer do ciclo de produção ou o método indireto, por meio do balanço do nitrogênio, por meio da diferença algébrica do nitrogênio presente na ração e na cama (MENDES *et al.*, 2012).

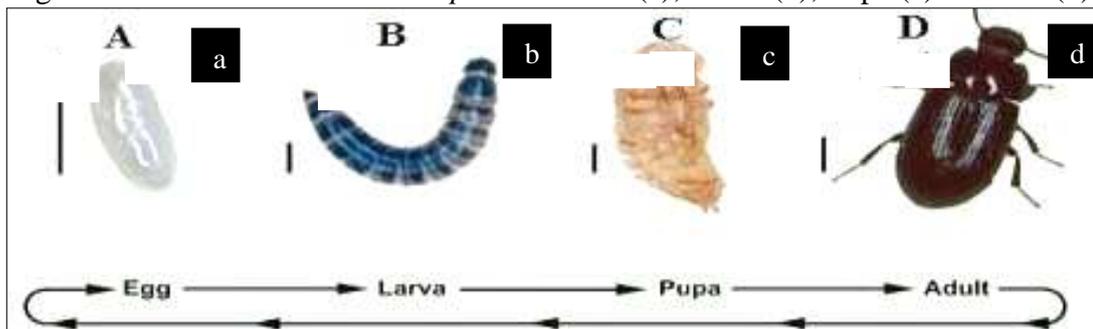
2.2.4 *Alphitobius diaperinus* (cascudinho)

O *Alphitobius diaperinus* é uma espécie de besouro da ordem Coleoptera, família Tenebrionidae, conhecido popularmente como “cascudinho”. Originário da África, é um inseto-praga de rações e cereais armazenados, que por meio, de rações contaminadas ou fazendas próximas a aviários, encontrou condições ideais de umidade, temperatura e luminosidade para sua proliferação, se tornando a principal praga da avicultura (VAUGHAN *et al.*, 1984 apud JAPP; BICHO; SILVA, 2010; DA SILVA SOARES; WEBER; SCUSSEL, 2018).

O ciclo de vida é classificado como holometábolo, com fase de ovo, larva, pupa e adulto, com aproximadamente 55 dias em condições de umidade relativa de 80% e temperatura de 27 °C. A eclosão da larva acontece cerca de cinco dias após a oviposição, com durabilidade em torno de 38 dias, com 11 estágios de desenvolvimento. Em seguida, ocorre por cinco dias o processo de empupação originando o cascudinho adulto, de cor branca, o qual adquire coloração marrom (Figura 1) (ESQUIVEL; CRIPPEN; WARD, 2012).

O besouro adulto é capaz de sobreviver até 400 dias, se as condições ambientais forem favoráveis e, a fêmea apresenta aptidão para depositar mais de 2.000 ovos, optando por locais como linhas de bebedouros e comedouros. As condições ambientais influenciam na população do cascudinho, uma vez que, na faixa de temperatura entre 35 a 38°C aceleram o ciclo de desenvolvimento e, aumentam os índices de sobrevivência, enquanto que, a umidade entre 15 a 20%, é desfavorável para o desenvolvimento do besouro (PAIVA, 2000).

Figura 1 - Fases do ciclo do *A. diaperinus*: Ovo (a); Larva (b); Pupa (c) e adulto (d).



Fonte: Lambkin, 2006 apud Arthur, 2018.

A disposição dos cascudinhos no interior do aviário possui elevada heterogeneidade, sendo comum encontrar larvas de últimos estágios, pupas e adultos em galerias no solo, geralmente abaixo dos comedouros, local em que a cama está com menor umidade, menor compactação e maior densidade (BACK, 2004).

O *A. diaperinus* tem causado prejuízos sanitários, por ser um inseto vetor de patógenos de humanos e aves, como vírus, bactérias, fungos e protozoários. Danos estruturais, devido ao

último ínstar larvar, buscar fendas para empupar, propiciando problemas na sustentação e equipamentos. Os danos nutricionais, acontecem quando as aves passam a consumir os insetos ao invés da ração, reduzindo o ganho de peso e piorando a conversão alimentar (ARENA *et al.*, 2018; DA SILVA SOARES; WEBER; SCUSSEL, 2018; SINGH; JOHNSON, 2015).

O controle químico é usualmente empregado para redução da população de cascudinho durante o vazio sanitário, com aplicação de produtos na cama associado ao processo de fermentação (método físico) (HASSEMER *et al.*, 2014). Outra estratégia física, é a aplicação de condicionadores químicos (cal, gesso agrícola e sulfato de alumínio), que reduzem a umidade da cama, promovendo condições desfavoráveis para a multiplicação do cascudinho (WOLF *et al.*, 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO AVIÁRIO

O experimento foi conduzido em um aviário de pressão negativa, com produção comercial de aves de corte tipo *griller* (peso médio de abate variando entre 1,3 a 1,5 kg), criados no decorrer de 2019/2020, localizado no interior do município de Seara, Santa Catarina, nas coordenadas geográficas 27°12'00.06" S e 52°17'37.66" O, com o manejo de criação seguindo às normas da empresa.

O aviário apresentava as seguintes características: 140 metros de comprimento por 14 de largura (1.960 m²), pé-direito de 2,5 metros, laterais com mureta de 50 centímetros e fechamento com tela e cortinas plásticas internas e externas, bebedouros do tipo *nipple*, comedouros automáticos, sistema de aquecimento que permite a condução do calor no interior do aviário através de canos.

As instalações permaneciam sempre fechadas e com sistema de ventilação caracterizada como pressão negativa, utilizando exaustores e placas evaporativas para controle da temperatura interna e renovação do ar. Em caso de falta de energia elétrica, ocorre o acionamento automático de uma fonte externa de energia (gerador).

Para iniciar o experimento, o aviário passou pelo processo de limpeza e desinfecção, seguido de distribuição de uma camada de 10 cm de maravalha nova, em dezembro de 2019 (Figura 2).

Figura 2 - Manejo no vazio sanitário. Processo de remoção da cama de frango do aviário (a); Processo de limpeza e desinfecção (b); Distribuição da maravalha (c); Etapa de organização (d) e alojamento dos pintos (e).



Fonte: Autor, 2020.

Ao longo dos cinco primeiros lotes (período entre o alojamento até o carregamento), as aves utilizadas no experimento eram fêmeas, com densidade de alojamento de 24 kg de peso vivo/m². O abate acontecia em média 30 dias após o alojamento, em frigorífico comercial, de responsabilidade da empresa integradora. No sexto lote, foram alojados machos, na densidade de alojamento de 33 kg de peso vivo/m². Nesse lote em específico o abate ocorreu com 40 dias após o alojamento. Em todos os lotes as aves eram recebidas com um dia de vida, de linhagem comercial e foram disponibilizadas pela empresa (Tabela 2).

Tabela 2 - Datas de alojamento e carregamento dos lotes.

Lote	Data de alojamento	Data de carregamento
1	07/12/2019	03/01/2020
2	17/01/2020	14/02/2020
3	29/02/2020	29/03/2020
4	22/04/2020	19/05/2020
5	10/06/2020	09/07/2020
6	24/07/2020	03/09/2020

Fonte: Autor, 2020.

3.2 MANEJO DE CRIAÇÃO

A combinação da temperatura, velocidade do vento e umidade do ar são os principais componentes responsáveis pela sensação térmica nas instalações avícolas. Com isso, torna-se essencial controlar essas variáveis para que seja possível garantir a sensação térmica das aves, as quais apresentam diferentes necessidades ambientais ao longo do ciclo produtivo (PAULINO *et al.*, 2019).

A temperatura foi controlada através de sensores, distribuídos no interior do aviário, na altura das aves. Com a leitura dos sensores e de acordo com o conforto térmico das aves para cada fase de criação, era efetuado de forma automática o acionamento do sistema de resfriamento, que é composto por exaustores, responsáveis pela sucção do ar no interior da instalação e por placas evaporativas (*pad cooling*), por onde ocorre a entrada de ar (Tabela 3). Para promover a renovação do ar e, prevenir os problemas ocasionados pelas altas concentrações de amônia e outros gases tóxicos no interior da instalação, foi realizado o manejo da ventilação mínima.

Tabela 3 - Temperatura de conforto térmico de acordo com a idade das aves.

Idade - dias	Temperatura (°C)
0	32 - 33
7	29 - 30
14	27 - 28
21	24 - 26
28	21 - 23

Fonte: Cobb, 2008.

O período pré-alojamento consiste na organização do aviário para o recebimento do novo lote. Portanto, era realizado a preparação do círculo de proteção, com a distribuição dos tubulares infantis, das fileiras de papéis, montagem do sistema de aquecimento, abastecimento de ração e água nos bebedouros, além do planejamento do programa de luz e da ventilação mínima. O aquecimento no inverno era iniciado 48 horas antes da chegada dos pintos e no verão 24 hora antes, para garantir o aquecimento do ambiente e da cama.

A recepção dos pintos era realizada de forma ágil, com o descarregamento dos animais e com a realização da contagem de algumas caixas para verificar o número de aves, que segue padrão do incubatório de 100 pintos/caixa. Após o descarregamento, era realizado a avaliação dos animais através da uniformidade, cicatrização do umbigo, aspecto da penugem, características físicas, atividade e pesagem. Após 12 horas do recebimento dos pintos, era realizado o teste do papinho para avaliar o consumo de ração inicial.

O fornecimento de água ocorria à vontade para as aves em bebedouros modelo *nipple*, os quais foram regulados no primeiro dia de vida dos pintos na altura dos olhos, para ficarem mais acessíveis. Na primeira semana de vida é realizado o *flushing*, que é a drenagem da água aquecida, proporcionado água em temperaturas mais frescas, sendo o ideal 15 °C. A cloração da água é efetuada durante todo o ciclo de produção, numa concentração de 3 a 5 ppm. A regulação da altura do bebedouro ocorria diariamente, levando em consideração que, no momento em que as aves se posicionam para beber água, a cabeça deve estar em um ângulo de 45 ° e as patas totalmente encostadas na cama.

Os animais receberam cinco formulações de rações diferentes à vontade, as quais eram fornecidas pela empresa integradora, sendo formuladas para atender as exigências das aves ao longo da criação. Na primeira semana de vida os pintos consomem a ração pré-inicial (RAPI), dos 7 aos 15 dias a ração inicial (RAI), dos 16 aos 22 dias a ração de crescimento 1 (RAC 1) e posteriormente a RAC 2 e a partir dos 23 dias a ração final (RAF). A ração era fornecida em papéis distribuídos em fileiras, tubulares infantil e comedouros automáticos, na primeira semana de vida dos pintos. A partir do oitavo dia, acontecia a transição definitiva para os

comedouros automáticos, os quais estão distribuídos no aviário em linhas alternadas com os bebedouros. A regulagem dos comedouros era efetuada diariamente, conduzindo a base dos pratos que necessita estar nivelada com a parte superior do peito dos frangos (ROSS, 2018).

O manejo da cama era iniciado na segunda semana de criação, passando a ser diário, com revolvimento manual da cama, com auxílio do revolvente tipo “garfo”, com objetivo de melhorar a perda de umidade da cama para o ambiente, diminuindo a formação de áreas compactadas e casão, reduzindo a ocorrência de calo de pata. O manejo de recolhimento das aves mortas era realizado diariamente, e as mesmas eram encaminhadas para a composteira.

O programa de luz era do modelo constante e planejado semanalmente, de acordo com as metas descritas na tabela de acompanhamento do lote. Na primeira semana de vida dos pintos era utilizado 23 horas de luz e uma hora de escuro, do 8^o ao 14^o dia, 18 horas de luz e 6 horas de escuro, do 15^o ao 30^o dia, 16 horas de luz e 8 horas de escuro. Em alguns momentos ocorreram pequenas alterações para adequar o desenvolvimento do lote.

O manejo pré-abate era realizado seis horas antes do início do carregamento das aves, através da retirada da ração, e manutenção da água até o carregamento, com objetivo de evitar contaminações das carcaças no abate. O processo de apanha dos animais, transporte e abate é de responsabilidade da empresa integradora, seguindo as normas de bem-estar animal (BEA).

Para acompanhar o desempenho do lote foi efetuado diariamente pelo produtor o monitoramento da temperatura, umidade, mortalidade, peso (semanalmente), concentração de cloro na água, consumo de ração e água, dados que eram anotados na ficha do lote. O controle do consumo de água foi realizado através do hidrômetro.

3.3 MANEJO NO PERÍODO DO VAZIO SANITÁRIO

Os procedimentos para o recebimento de um novo lote se iniciam após o carregamento dos frangos presentes no aviário, durante o período denominado de vazio sanitário, que apresenta duração média de 16 dias, com a finalidade de promover a limpeza, desinfecção e manutenção do ambiente e equipamentos, tornando-o seguro para o próximo ciclo produtivo.

Para que a cama de frango esteja apta a ser reutilizada, não pode ter ocorrido nenhum problema sanitário no lote anterior e antes do recebimento do novo lote deve ocorrer o tratamento da cama, com objetivo de inativar os microrganismos presentes. O método indicado pela empresa que o produtor é integrado é a fermentação plana.

Seguindo as recomendações da Embrapa Suínos e Aves (2011), a fermentação plana foi efetuada da seguinte maneira: após a retirada de todos os animais do aviário e organização do ambiente, foi realizada a umidificação da cama caso necessário e após, foi efetuado a cobertura

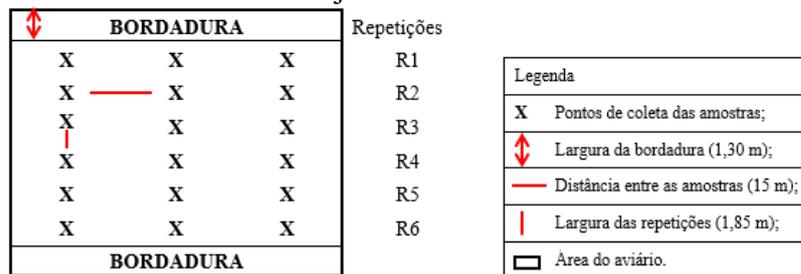
com lona plástica impermeável, para evitar as trocas gasosa, durante sete dias. Nesse período o aviário permaneceu totalmente fechado. Posteriormente, a lona era removida, a cama passava pelo processo de secagem, retirada de áreas compactadas e revolvimento, para que o substrato estivesse adequado para o recebimento do novo lote.

3.4 COLETA DAS AMOSTRAS DA CAMA

As amostras da cama eram coletadas no dia do alojamento de cada lote exclusivamente na área em que as aves permaneciam inicialmente e, no dia do carregamento na área total do aviário, em pontos que foram previamente determinados.

No alojamento, houve a divisão do aviário em seis repetições de 45 metros de comprimento por 1,85 metros de largura. Em cada repetição foi efetuada a coleta de três amostras de 350 gramas cada, equidistantes 15 metros, numa profundidade de dez centímetros, totalizando 18 amostras por lote (Figura 3).

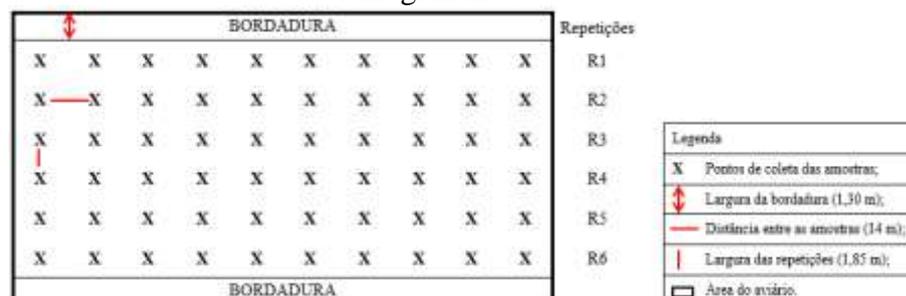
Figura 3 - Croqui do aviário para demonstração das repetições e dos pontos de coleta no dia do alojamento das aves.



Fonte: Autor, 2020.

Para isso, o aviário foi segmentado em seis repetições de 140 metros de comprimento por 1,85 metros de largura. Em cada repetição realizou-se coletas de 10 amostras de 350 gramas, numa profundidade de dez centímetros, totalizando 60 amostras por lote (Figura 4). Todas as amostras coletadas permaneceram acondicionadas em freezer a -12°C até serem analisadas.

Figura 4 - Croqui do aviário para demonstração das repetições e dos pontos de coleta no dia do carregamento das aves.



Fonte: Autor, 2020.

3.5 ANÁLISES REALIZADAS

Após as coletas e congelamento, as amostras foram encaminhadas para a UFSC, Campus Curitibanos, para as análises físico-químicas. Inicialmente eram submetidas ao processo de descongelamento, por um período de 24 horas em temperatura ambiente, e prosseguiam para análise (Figura 5).

Figura 5 - Armazenamento das amostras.



Fonte: Autor, 2020.

3.5.1 Matéria seca

As amostras da cama eram pesadas e levada à secagem na estufa (105°C) com ventilação forçada durante 24 horas, posteriormente efetuava-se novamente a pesagem para determinação da matéria seca através da diferença de peso (Figura 6) (SILVA; QUEIROZ, 2004).

Figura 6 - Etapas para análise da matéria seca. Pesagem da amostra (a); Secagem da amostra na estufa (b) e pesagem da amostra seca (c).



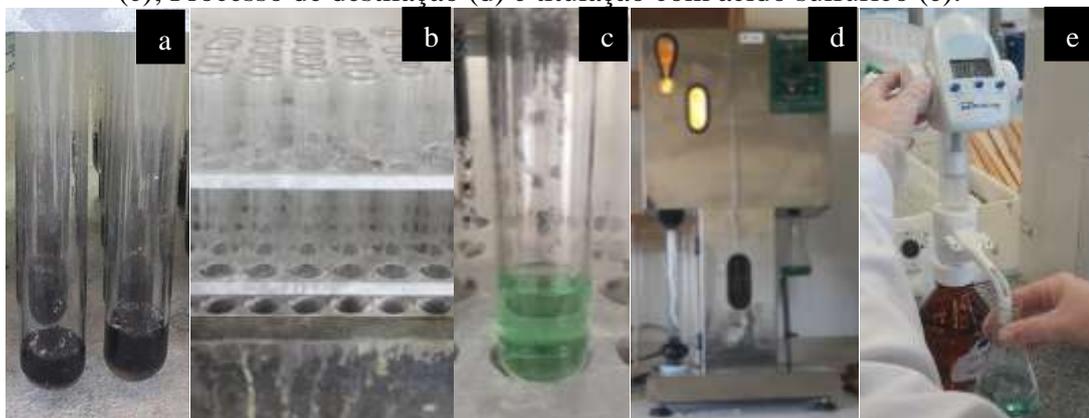
Fonte: Autor, 2020.

3.5.2 Nitrogênio total

Inicialmente realizava-se o processo de pesagem de 0,5 g de cama e adicionava-se 5 ml de ácido sulfúrico concentrado e mais 2 g de um sal (90 % de sulfato de potássio e 10 % de sulfato de cobre). Após, as amostras eram encaminhadas para o bloco digestor (345°C) até obter a coloração verde claro.

Para finalizar, as amostras eram direcionadas para o destilador de Kjeldhal, com adição de 25 ml de NaOH 40% (hidróxido de sódio). O nitrogênio destilado era fixado com 15 ml de ácido bórico 4% contendo um indicador, para posterior titulação com solução padronizada de ácido sulfúrico 0,085 N (Figura 7) (SILVA; QUEIROZ, 2004).

Figura 7 - Etapas para análise de nitrogênio total. Tubo de ensaio contendo a cama e reagentes para iniciar o processo de digestão (a); Amostras no bloco digestor (b); Amostras digeridas (c); Processo de destilação (d) e titulação com ácido sulfúrico (e).



Fonte: Autor, 2020.

3.5.3 Níveis de amônia

Em um recipiente com volume de 500 ml eram adicionados 60 g de cama, e sobreposto um frasco de 50 ml contendo 10 ml de ácido bórico (4%) juntamente com uma solução com vermelho de metila e verde de bromocresol, os quais demonstravam o ponto final da titulação.

O recipiente era vedado com tampa e fita para impedir a saída do gás presente no seu interior. Em seguida, acondicionava-se o recipiente em estufa (30°C) por 20 horas. Nesse período, ocorria a liberação da amônia presente na cama, a qual permanecia fixada na solução de ácido bórico.

Posteriormente, retirava-se o recipiente da estufa e se realizava a titulação com ácido sulfúrico (H₂SO₄ 0,05 N padronizado) (Figura 8). Pra cálculo dos níveis de amônia liberados por grama de cama, utilizou-se a fórmula $A = V_t * N * 17 / P$, sendo:

A (mg de NH₃);

V_t (volume da solução de H₂SO₄ gasto na titulação em ml);

N (normalidade do ácido usado);

17 (peso molecular da amônia)

P (quantidade de cama incubada em gramas) (BABKO; PILIPENKO, 1976; BASSET *et al.*, 1981 apud HERNANDES; CAZETTA, 2001).

Figura 8 - Análise de amônia. Recipiente contendo cama de frango e sobreposto frasco apresentando a solução de ácido bórico (a); Recipientes vedados preparados para serem encaminhados para estufa (b) e recipientes retirados da estufa após 20 horas a 30 °C (c).

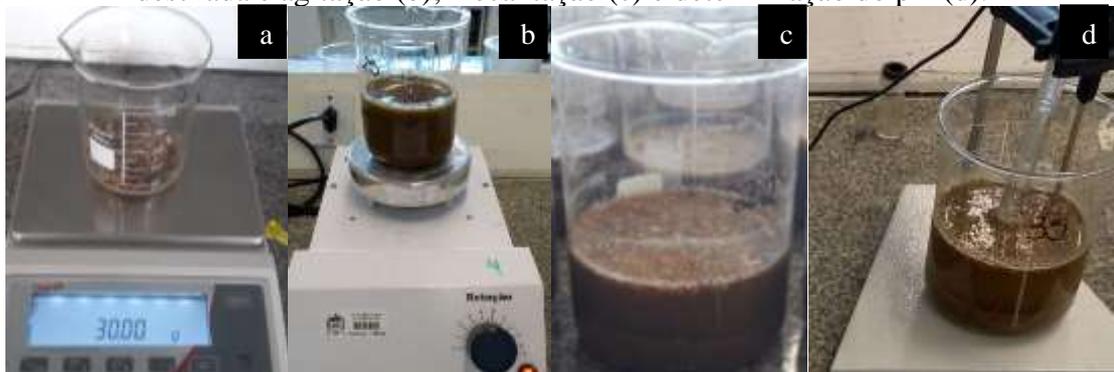


Fonte: Autor, 2020.

3.5.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

Para avaliação do pH da cama, primeiramente foi realizada a trituração e a maceração das amostras de cama. Na sequência era efetuada a pesagem de 30 g de cama e adicionado 250 ml de água destilada, para serem submetidas agitação por cinco minutos. Após, as amostras permaneciam 30 minutos decantando, para posterior leitura do pH, com auxílio do pHmetro (Figura 9) (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

Figura 9 - Processo para determinação do pH. Pesagem da amostra (a); Adição de água destilada e agitação (b); Decantação (c) e determinação do pH (d).



Fonte: Autor, 2020.

3.5.5 Número de *Alphitobius diaperinus* adultos

Efetua-se a pesagem de 150 gramas de cama, a qual foi coletada em pontos pré-determinados, evitando-se áreas próxima aos comedouros e muretas, para a contagem do número de cascudinhos adultos (Figura 10) (ALVES *et al.*, dados não publicados apud GODINHO, 2009).

Figura 10 - Determinação do número de *Alphitobius diaperinus* adultos. Pesagem de 150 gramas de cama de frango (a); Coleta dos cascudinhos encontrados (b) e contagem do número de cascudinhos (c).



Fonte: Autor, 2020.

3.6 ANÁLISE DOS DADOS

O delineamento inteiramente casualizado foi empregado para a condução do experimento, composto por seis tratamentos, com seis repetições cada. Cada tratamento refere-se a um lote de frango, período entre o alojamento dos pintos até o carregamento das aves.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o PROC GLM (General Linear Model) do programa estatístico SAS (SAS Institute Inc., 2002). As médias que diferiram foram submetidas ao Teste de Tukey. Foi realizada análise de regressão, através do procedimento REG para estimar inclinação e intercepto, buscando identificar o comportamento das variáveis avaliadas ao longo dos seis lotes consecutivos. Estes valores foram comparados com os parâmetros considerados ideais na criação de frangos de corte, visando avaliar a qualidade da ambiência ao longo do período estudado. O procedimento LSMEANS foi utilizado para calcular os valores médios e o nível de significância de 5 % foi considerado ao se determinar diferenças entre médias de tratamentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade físico-química da cama de frango é resultado de diversos fatores, que compreendem o material utilizado, densidade de alojamento, sanidade das aves, época do ano, manejos realizados durante o ciclo produtivo e no período de vazio sanitário. Sabendo que, a cama interfere diretamente na ambiência do aviário e no desempenho das aves, avaliar as propriedades da cama no decorrer dos ciclos de reutilização é fundamental.

4.1 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA CAMA NO PERÍODO DE ALOJAMENTO

Os resultados para os parâmetros de matéria seca (MS), potencial hidrogeniônico (pH), cascudinho, teor de nitrogênio e amônia, para os seis lotes de reutilização da cama de frango no período do alojamento encontram-se descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos da cama reutilizada de frangos de corte no período de alojamento durante seis ciclos consecutivos de produção.

Lote/Ciclo	Matéria Seca (%)	pH	Amônia (ppm)	Nº de Cascudinhos	Teor de Nitrogênio (%)
1	85.26 A	5.70 C	0 D	0.00 B	0.10 D
2	77.72 B	8.81 B	7 B	0.89 B	0.53 C
3	76.03 B	8.81 B	8 AB	2.33 AB	0.62 B
4	79.16 B	8.85 B	3 C	3.56 A	0.84 A
5	71.18 C	9.04 A	7 B	2.33 AB	0.80 A
6	71.33 C	8.93 AB	10 A	1.56 AB	0.88 A
CV (%)	2.61	1.21	23.65	82.72	8.7
P valor	<.0001	<.0001	<.0001	0.0045	<.0001

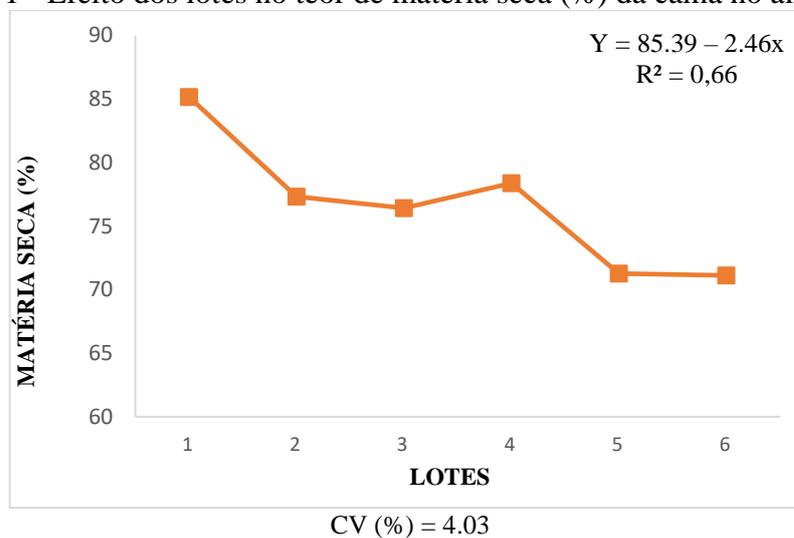
Letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0.05).

Os resultados demonstram que, a maior porcentagem de MS (85,26%) foi encontrada no 1º ciclo, o qual possui cama de maravalha nova, sendo estatisticamente diferente (P<0,05) dos demais. No 2º, 3º e 4º ciclos de reutilização da cama o teor de MS foi estatisticamente semelhante (P>0,05), apresentando valor médio de 77,64%. Estes por sua vez foram estatisticamente diferentes (P<0,05) do 5º e 6º ciclos, que demonstram os menores valores. A redução dos teores de matéria seca é esperada conforme a cama é reutilizada, devido ao acúmulo de excretas que ocorreu ao longo dos lotes associado a época do ano, sanidade das aves e manejos realizados.

De acordo com Zapata (2011), o recomendado é que a umidade esteja entre 20 a 25%, ou seja, um teor de matéria seca entre 75 a 80%, valores observados até o 4º lote. No entanto, a partir do 5º lote a porcentagem de matéria seca está abaixo do recomendado, demonstrando uma quantidade de umidade elevada, em torno de 30%.

O comportamento do teor de matéria seca com a reutilização da cama, demonstrou que, a quantidade de MS ao longo dos lotes tende a reduzir, conforme análise de regressão, expressa no Gráfico 1. No 5º e 6º ciclo, é possível notar uma tendência de estabilização destes parâmetros, indicando que se a cama fosse reutilizada por mais lotes, os teores de umidade estariam superiores a 25%, fora da faixa ideal.

Gráfico 1 - Efeito dos lotes no teor de matéria seca (%) da cama no alojamento.



Vieira (2011), em experimento conduzido com aves de corte em cama de maravalha durante quatro períodos de reutilização, constatou resultados contrário a este ensaio, observado que, os teores de matéria seca não apresentaram diferenças estatísticas para os diferentes ciclos de reutilização, porém os teores de umidade encontrados em todos os lotes eram superiores a 25%.

É importante destacar que existem muitos fatores que contribuem para a redução da MS e o aumento dos teores de umidade presente na cama. De acordo com Vieira (2011), a umidade existente na cama está relacionada com os manejos efetuados, alimentação e sanidade das aves, modelo de bebedouro, temperatura e consumo de água.

Os altos níveis de umidade na cama provocam a formação de áreas compactadas, que podem favorecer a ocorrência de dermatites de contato ou pododermatite, popularmente conhecidas como “calo de pata” ou “calo de peito” nas aves, gerando condenação de carcaça em abatedouros (BILGILI *et al.*, 2011). Segundo Vieira (2011), a manifestação das lesões no coxim plantar dos frangos está diretamente relacionada com a umidade existente na cama.

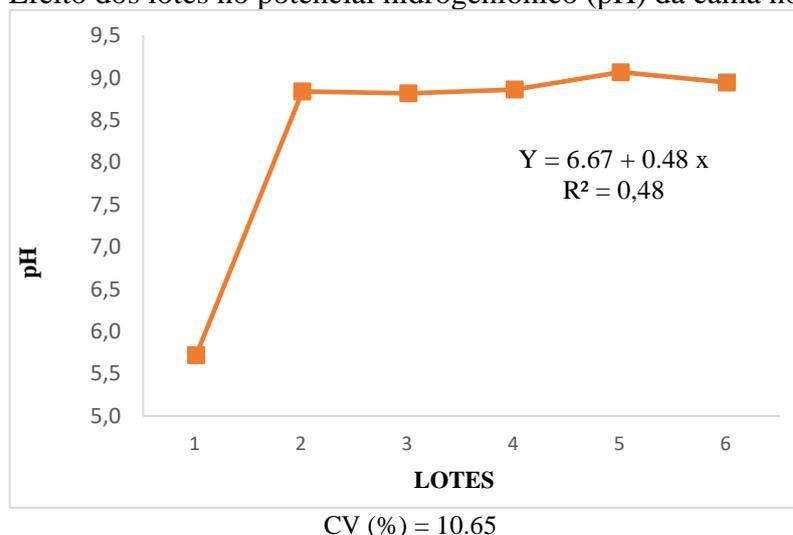
Índices elevados de umidade propiciam a ocorrência de bactérias, que são capazes ocasionar lesões nas patas e contaminar a pele.

Além disso, a umidade em excesso favorece a degradação dos compostos nitrogenados, ocasionando maior volatilização da amônia para o ambiente, quando associado a pH mais alcalino e elevadas temperaturas (TOGHYANI *et al.*, 2010). Segundo Osório *et al.* (2009), em ensaio com frangos de corte, constataram que as emissões de amônia alcançam teores máximos no momento que a cama apresenta umidade maior que 50%, valores de umidade que não foram visualizados neste experimento.

Foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) com a reutilização da cama ao longo dos lotes para o potencial hidrogeniônico. O menor pH foi identificado no lote um, que possuía cama de maravalha nova, os lotes seguintes apresentaram estabilidade neste parâmetro químico, com teores variando entre 8,80 até 9,05. O pH tende a aumentar no decorrer da reutilização da cama, por causa do acúmulo de excretas (SANTOS *et al.*, 2012), valores observados do 1º ciclo para o 2º ciclo.

O comportamento do pH com a reutilização da cama ao longo dos ciclos, também fica evidenciado na análise de regressão (Gráfico 2), que demonstra a estabilidade dos teores a partir do segundo lote. Vieira (2011), encontrou resultados semelhantes para cama de maravalha reutilizada por quatro lotes, com pH variando em torno de 7,4 a 8,1. Este comportamento pode estar relacionado com a atividade dos microrganismos encontrados na cama durante o período de criação, que geram reações de liberação de bases presentes na matéria orgânica, mantendo o pH mais alcalino (VIEIRA, 2011).

Gráfico 2 - Efeito dos lotes no potencial hidrogeniônico (pH) da cama no alojamento.



Ávila *et al.* (2008), avaliaram diversos materiais empregados como cama, entre eles, a maravalha, durante seis lotes de reutilização, notando que com a reuso da cama, para os

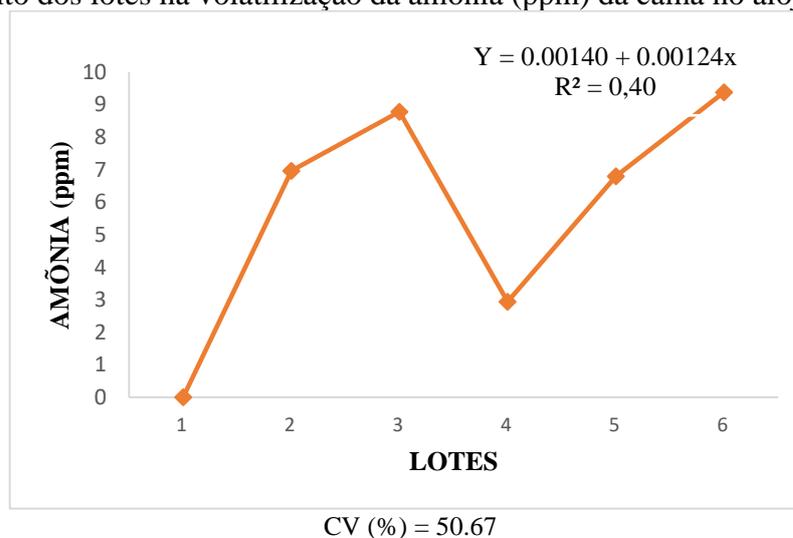
diferentes materiais utilizados, houve uma tendência de estabilização nos teores de pH, resultados visualizados neste ensaio.

Os valores de pH observados no período do alojamento, após o primeiro lote de reutilização da cama apresentaram valores próximos de 9, pH ideal para a conversão de amônio (NH_4) não volátil em amônia (NH_3) volátil. Porém, quando analisado a volatilização da amônia (Tabela 4), os resultados apresentaram baixas emissões, esse comportamento pode estar associado com a baixa umidade da cama, uma vez que, a água é dos fatores essenciais para a ocorrência da conversão do NH_4 em NH_3 .

As concentrações de amônia apresentaram diferença estatística ($P < 0,05$), com valores variados no decorrer dos lotes (Tabela 4). No primeiro lote, a inexistência de amônia é esperada, uma vez, que a cama de maravalha é nova. No entanto, o comportamento da volatilização da amônia nos demais lotes pode ser decorrente dos manejos efetuados no aviário, como ventilação por pressão negativa, que promove maior eliminação da umidade da cama e renovação do ar, associado a controle rigoroso da ambiência, evitando a ocorrência de altas temperaturas.

O comportamento heterogêneo da volatilização da amônia também está evidenciado na análise de regressão (Gráfico 3). Contudo, os valores de volatilização da amônia apresentaram uma concentração ≤ 10 ppm para os seis lotes de reuso da cama, valor limite para não gerar efeitos negativos para o desempenho animal e a saúde humana. De acordo com Estevez (2002), concentrações de amônia superior a 10 ppm já apresentam potencial de dano, sendo que, quanto maior a concentração de amônia maiores os danos ocasionados.

Gráfico 3 - Efeito dos lotes na volatilização da amônia (ppm) da cama no alojamento.



Quando analisado o desempenho de frangos de corte machos, num período de 35 dias em concentração de 0, 20, 25 e 75 ppm de amônia, houve uma redução de 6 a 9% no peso final

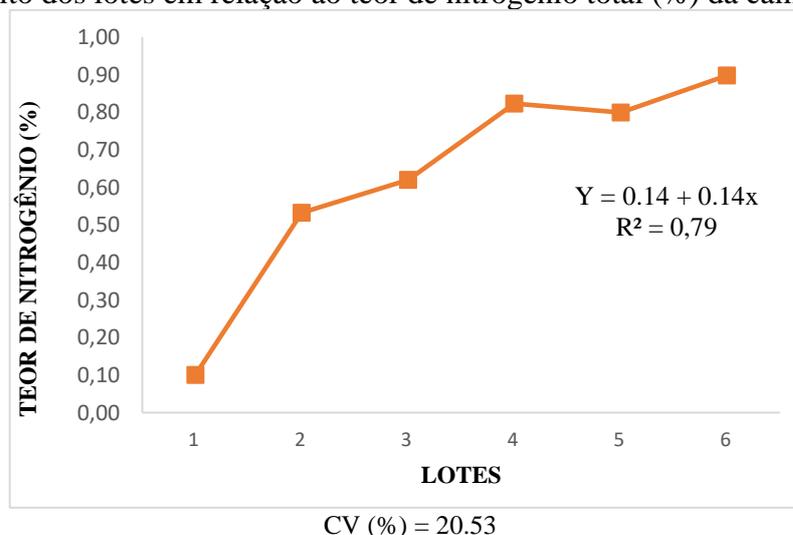
nas concentrações entre 50 a 75 ppm, quando equiparado com o grupo testemunha (0 ppm) (MILES; BRANTON; LOTT, 2004).

Lima *et al.* (2011), observaram o mesmo comportamento da volatilização de amônia em cama nova que o presente ensaio. Os autores avaliaram a volatilização de amônia em aviários de pressão negativa, que foi menor quando utilizado cama nova. Porém, a renovação da cama em todo o lote não seria um procedimento viável, decorrente do aumento dos resíduos gerados associado com o aumento no custo de produção, uma vez que, a concentração da amônia no interior dos aviários pode ser controlada com a utilização da ventilação mínima, associada ao controle da umidade e da temperatura da cama, fator que contribuiu para a baixa volatilização da amônia no presente trabalho, após diversos ciclos de reutilização.

Os teores de nitrogênio presentes na cama no período do alojamento apresentaram diferenças significativas ($P < 0.05$), ocorrendo um incremento nos teores ao longo dos lotes, resultado do acúmulo das excretas que aconteceu no decorrer dos ciclos de reutilização da cama, associada a baixa volatilização de amônia, que no aviário é a principal fonte de perda de N para o ambiente. No gráfico 4 esse comportamento fica visível, conforme a cama é reutilizada os teores tendem a aumentar.

De acordo com Sousa (2018), quando a cama é reutilizada por vários ciclos ocorre um aumento nos níveis de nitrogênio total, em função do incremento de dejetos contendo nitrogênio irem se acumulando ao longo do tempo. No entanto, após o quarto lote, os teores de N não diferiram estatisticamente, demonstrando uma estabilidade no acúmulo, resultados que também foram descritos por Zapata (2011).

Gráfico 4 - Efeito dos lotes em relação ao teor de nitrogênio total (%) da cama no alojamento.



Os valores médios observados para a população de cascudinhos apresentaram diferença estatística ($P < 0,05$) ao longo dos lotes. A distribuição heterogênea do cascudinho na cama é um

dos fatores que dificulta a estimativa real da população. De acordo com Oliveira (2012), as maiores concentrações de cascudinho acontecem na parte inferior dos comedouros e próximo a muretas.

O manejo realizado no intervalo do lote foi responsável pela manutenção dos baixos níveis de cascudinhos encontrado no início de cada lote. Segundo Marcolin (2008), as atividades efetuadas no período de vazio sanitário não contribuem para o controle total da população de besouros, uma vez que, as larvas possuem capacidade de fazer galerias no solo e com isso garantir a sua sobrevivência.

4.2 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA CAMA NO PERÍODO DE CARREGAMENTO

Os resultados para os parâmetros de matéria seca (MS), potencial hidrogeniônico (pH), cascudinho, teor de nitrogênio e amônia, para os seis lotes de reutilização da cama de frango no período do carregamento encontram-se descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos da cama reutilizada de frangos de corte no período de carregamento, durante seis ciclos consecutivos de produção.

Lote/Ciclo	Matéria Seca (%)	pH	Amônia (ppm)	Nº de Cascudinhos	Teor de Nitrogênio (%)
1	73.75 AB	8.76 BC	14 A	1.04	0.83
2	75.28 A	8.68 C	8 BC	2.46	0.90
3	72.06 B	8.72 C	7 C	1.30	0.72
4	67.98 C	8.88 B	7 C	2.18	0.80
5	56.70 D	8.76 A	6 C	0.85	0.73
6	74.17 AB	8.71 C	11 AB	2.62	0.87
CV (%)	2.44	0.90	20.10	56.74	11.85
P valor	<.0001	<.0001	<.0001	0.037	0.058

Letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente no teste de Tukey (P<0.05).

Nos seis lotes analisados no período do carregamento, observou-se que o teor de matéria seca na cama diferiram estatisticamente (P<0,05). Os valores de matéria seca apresentaram teores entre 76% a 55%, a diferença estatística identificada entre os lotes, pode ser explicada em função do manejo realizado durante os lotes, época do ano, sanidade das aves, consumo de água.

Os teores de matéria seca presentes na cama devem ser superiores a 75%, para garantir a porcentagem de umidade ideal, que seria de 20 a 25% (ZAPATA, 2011). No entanto, no

período do carregamento, os lotes quatro e cinco apresentaram 67,98% e 56,70% de matéria seca, com umidade 32,02% e 43,30%, respectivamente, valores extremamente prejudiciais para o bem-estar animal, favorecendo a ocorrência de lesões de pata e peito, que levam a condenação das carcaças nos abatedouros, segundo Paganini (2004).

Portanto, o lote que apresentou menores teores de MS no período do carregamento foi o quinto, esse resultado pode ser decorrente da época do ano, que era o inverno, onde a umidade no interior das instalações é maior, devido as condições climáticas e devido ao menor uso da ventilação, que auxilia na eliminação da umidade presente na cama. Segundo Vieira (2011), a umidade existente na cama está relacionada com os manejos efetuados, alimentação e sanidade das aves, modelo de bebedouro, temperatura e consumo de água.

Foram observadas diferenças estatísticas ($P < 0,05$) para o potencial hidrogeniônico da cama (Tabela 5). Contudo, os resultados demonstram que, o pH manteve-se na faixa de 8,8 para os seis lotes de reuso da cama, demonstrando uma estabilidade deste parâmetro químico. As flutuações observadas nos valores de pH podem estar relacionadas com o manejo realizado no intervalo entre lotes, haja vista que a fermentação tende a reduzir o pH da cama.

O pH da cama é um dos fatores que interfere diretamente na volatilização da amônia. A reutilização da cama promove o acúmulo de excretas, propiciando uma alcalinização do pH, uma vez que, a decomposição do ácido úrico presente nas excretas é realizada pela ação da enzima uricase, que possui pH ótimo de ação em torno de 9,0 (FRANÇA, 2014). Neste cenário, o pH observado durante os seis lotes de reuso da cama está favorável para maior conversão de íon amônio não volátil (NH_4^+) em amônia volátil (NH_3).

A volatilização da amônia no período do carregamento apresentou diferenças estatísticas ao longo dos lotes ($P > 0,05$). Os lotes um e cinco foram os que apresentaram maiores concentrações de amônia, 14 e 11 ppm, respectivamente, valores que já afetam negativamente o desempenho dos frangos. Os demais lotes apresentaram concentrações inferiores a 10 ppm, ideais para a produção avícola, comportamento que pode ser correlacionado com o teor de umidade, temperatura e pH da cama.

Não foram observadas diferenças estatísticas ($P > 0,05$) na contagem de *Alphitobius diaperinus* (Tabela 5). A quantidade semelhante de cascudinho encontrada nos diferentes lotes pode estar relacionada com o controle químico associado com a fermentação plana que era realizada durante o vazio sanitário de cada lote, a qual controlou o aumento da população com o reuso da cama. Porém, a determinação da população do cascudinho é bastante complexa, devido a sua distribuição no aviário não ser homogênea, geralmente os besouros se encontram em locais com menores teores de umidade (15 a 20%), menor compactação e maior densidade de cama, associado a disponibilidade de alimento (BACK, 2004).

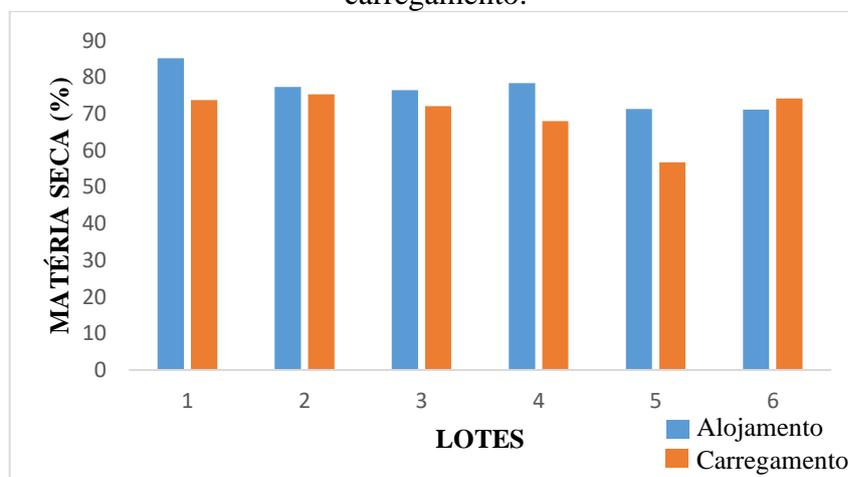
O cascudinho é a praga que mais afeta a avicultura moderna, por ter encontrado nos aviários as condições ideais para a sua proliferação aliando com o difícil controle, por viver na cama. Apresenta elevado potencial de prejuízos, entre eles, sanitários, estruturais e no desempenho das aves, diminuindo o ganho de peso, piorando conversão alimentar, ocasionado lesões no trato digestório e nas carcaças. Diante destes fatos, apesar do controle no período do vazio sanitários não promover o controle completo, torna-se uma ferramenta para limitar a multiplicação da população (SINGH; JOHNSON, 2015; ARENA *et al.*, 2018; DA SILVA SOARES; WEBER; SCUSSEL, 2018).

Os teores de nitrogênio observados durante os seis lotes de reuso da cama, não diferiram estatisticamente ($P>0.05$), demonstrando uma estabilização deste parâmetro químico (Tabela 5). Segundo Queiroz (2015), os teores de nitrogênio possuem predisposição de aumentar as quantidades na cama com a reutilização, tendendo a chegar os níveis máximos entre o quarto e o quinto lote, isso explicaria a manutenção dos teores de nitrogênios encontrados no sexto lote, apesar das diferenças presentes no sistema de criação.

4.3 EFEITO DO VAZIO SANITÁRIO NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA CAMA

Para entender o efeito sobre os parâmetros de matéria seca (MS), potencial hidrogeniônico (pH), teor de nitrogênio e cascudinho, quando realizado o vazio sanitário após cada ciclo de reuso da cama, foram elaborados gráficos comparando os valores encontrados no período de alojamento e no carregamento, que se encontram respectivamente nos gráficos 5, 6, 7 e 8, para os parâmetros de matéria seca, pH, nitrogênio total e *Alphitobius diaperinus*, respectivamente.

Gráfico 5 - Efeito dos lotes no teor de matéria seca (%) da cama no alojamento e no carregamento.



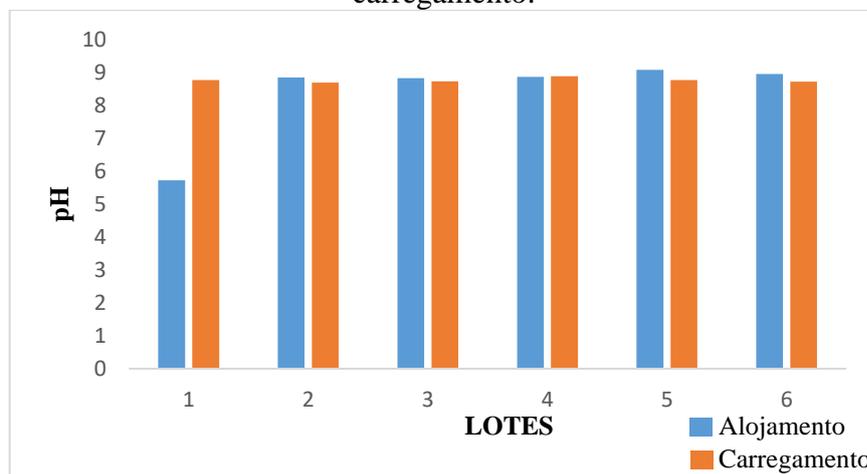
A porcentagem de matéria seca no alojamento foi superior a quantidade encontrada no carregamento, durante os lotes um até o quinto (Gráfico 5). A redução da MS e o aumento da umidade no decorrer do lote é esperado, devido ao acúmulo de excretas, a sanidade das aves, a temperatura, regulagem dos bebedouros (pressão, problemas com vazamento, altura) e manejo de ventilação.

O lote seis apresentou maior umidade da cama no alojamento de 28,67 % quando comparado com carregamento 25,83%, essa redução da umidade pode ter sido influenciada pela época do ano, ciclo produtivo que aconteceu no final do inverno. Então, com o aumento da temperatura, o manejo de ventilação foi mais intenso, facilitando a eliminação da umidade presente na cama, podendo também estar associado com a sanidade das aves e regulagem dos bebedouros.

Os manejos realizados no período do vazio sanitário também contribuíram para elevar o percentual de matéria seca da cama, no período do alojamento quando comparado com o carregamento, devido à ausência dos frangos associados ao processo de revolvimento da cama, que favorece a liberação da umidade presente na cama para o ambiente, resultados também encontrados por Vieira (2011). De acordo com Macklin *et al.* (2006), o processo de fermentação promove alterações nas características físico-químicas da cama.

O pH da cama observado durante os ciclos de reutilização, demonstra um comportamento ácido no primeiro lote, na presença de cama de maravalha nova (pH 5,70), e posteriormente os resultados encontrados nos demais períodos de avaliação demonstram uma estabilidade no pH, com valores tendendo a alcalinidade (Gráfico 6). De acordo com Fiorentin (2005), o pH possui a tendência de variar de 6,0 a 9,0, valores que podem ser manejados de certa forma, uma vez que, afeta diretamente a ambiência no interior dos aviários, devido a sua relação com a volatilização da amônia.

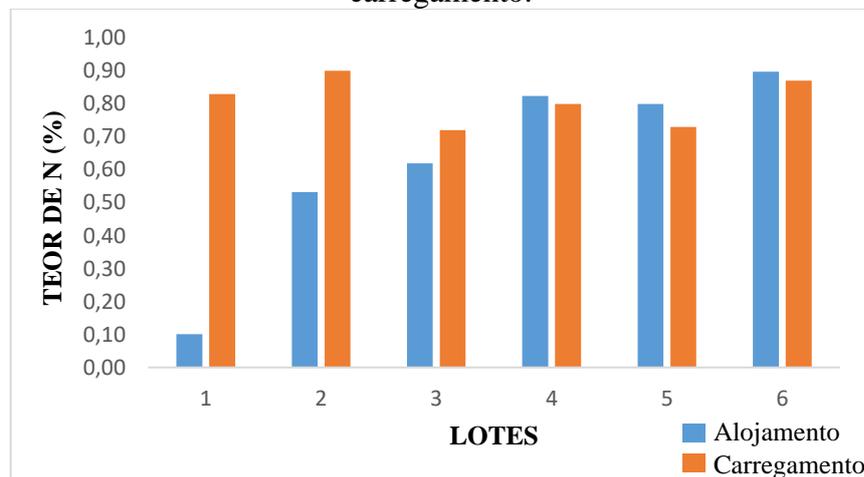
Gráfico 6 - Efeito dos lotes no potencial hidrogeniônico (pH) da cama no alojamento e no carregamento.



O processo de fermentação plana realizado durante setes dias, no vazão sanitário não demonstrou efeito na redução do pH. Martins (2013), constatou aumento dos valores de pH em cama de frango no 8º dia de fermentação, teores maiores quando comparados com o tratamento sem cobertura de lona plástica. Porém, Vieira (2011), descreve que, o processo de fermentação anaeróbica promove a redução do pH e o aumento da temperatura, devido a intensa atividade dos microrganismos, melhorando a sanidade da cama, com a redução da carga microbiana.

O nitrogênio presente na cama de frango é oriundo do acúmulo de excretas, associando com a deposição de penas e pequenos desperdícios de rações que acontecem no decorrer dos ciclos produtivos. Neste cenário, o baixo teor de nitrogênio encontrado na cama de maravalha nova já era esperando, assim como, o aumento das quantidades de N na cama ao longo do reuso da cama (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Efeito dos lotes no teor de nitrogênio total (%) da cama no alojamento e no carregamento.



Quando comparados os teores de N existentes no período do alojamento com as quantidades presentes no momento do carregamento de cada ciclo, observa-se que nos lotes um e dois, acontece o maior incremento durante o lote. Enquanto que, nos demais ciclos de reuso da cama os teores de N encontrados no alojamento e observados no carregamento são semelhantes, demonstrando uma estabilidade neste parâmetro químico, que pode estar relacionada com a volatilização da amônia, favorecida pelo pH alcalino da cama e, sua constante exaustão para fora do aviário, através do sistema de ventilação em aviários de pressão negativa.

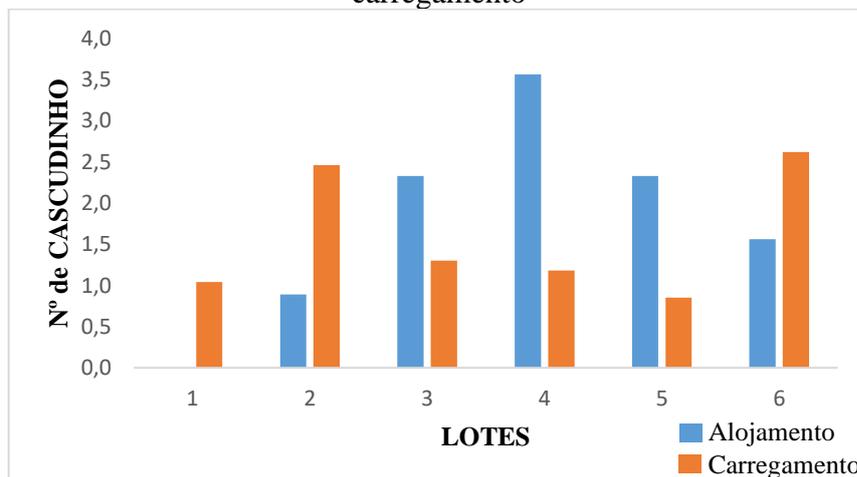
Segundo Mendes *et al.* (2012) e Lima (2014), o acúmulo de excretas decorrentes do lote em desenvolvimento, ocasiona um aumento no teor do N com o passar das semanas, no mesmo ciclo. Com o passar das semanas de vida, ocorre um aumento no consumo de ração e na conversão alimentar, contribuindo para uma maior excreção de N nos dejetos, gerando maiores

percentuais na cama, que se associado com alta umidade e temperatura propiciam uma maior emissão de amônia, resultados observados nos lotes um e dois mais expressivamente.

A fermentação da cama favorece a volatilização da amônia, devido a associação da elevada umidade presente na cama no final do ciclo produtivo, com pH mais alcalino e as elevadas temperaturas, decorrentes do fechamento total do aviário. Essa combinação de eventos no vazio sanitário pode ter contribuído para estabilização dos teores de N.

Os valores médios de cascudinho (Gráfico 8) observados durante os ciclos de reuso da cama apresentaram comportamento bastante variados, decorrentes das condições internas do aviário associado aos manejos realizados. O processo de retirada da cama de frango, limpeza, desinfecção e distribuição da cama de maravalha nova, manejos realizados antes do início do ensaio contribuíram para a não contabilização de cascudinhos no alojamento do primeiro lote.

Gráfico 8 - Efeito dos lotes no número de cascudinhos adultos da cama no alojamento e no carregamento



Na criação de frangos de corte, normalmente os cascudinhos são encontrados na forma adulta ou no estágio de larva. Em condições adequadas, o ciclo de vida é 42 dias, porém os cinco primeiros lotes avaliados tiveram durabilidade de aproximadamente 30 dias, o que impossibilitou a formação de uma nova geração de insetos, através dos manejos realizados no intervalo dos lotes, que ocasionou uma quebra no ciclo.

O processo fermentativo associado ao controle químico, manejos realizados no vazio sanitário contribuíram para limitar a multiplicação do cascudinho, uma vez que, se não houve nenhuma prática de controle, com a reutilização da cama a população de cascudinho cresceria expressivamente a cada lote. Morais (2016), constatou que o processo fermentativo em toda extensão da cama contribui significativamente para a redução de cascudinhos adultos.

Gehring (2018), avaliou diferentes tratamentos para o controle de cascudinho no período do vazio sanitário e verificou que, a fermentação da cama ocasionou a mortalidade de 39% dos

casudinhos adultos, enquanto que, os tratamentos que adicionaram água e água e cal, mais a distribuição da lona geraram 100% do controle, decorrente do aumento no processo fermentativo.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e no modelo de condução do ensaio, pode-se concluir que:

Os teores de matéria seca tendem a reduzir com a reutilização da cama, sendo que no carregamento do sexto lote atingiu-se o valor limite recomendado de 75%.

O potencial hidrogeniônico, a população de *Alphitobius diaperinus* adultos, os teores de nitrogênio e as emissões de amônia apresentaram estabilidade durante todo o período de avaliação.

Os manejos realizados no período do vazio sanitário apresentaram-se eficientes para controlar a população de *Alphitobius diaperinus* porém, não ocasionaram alterações significativas nos outros parâmetros físico-químicos.

Portanto, nas condições estudadas, a cama de frango poderia ser reutilizada até o sexto lote, de acordo com os parâmetros avaliados, os quais permaneceram na faixa aceitável, com atenção para os teores de matéria seca.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. ABPA. Relatório Anual 2020. **Relatório Anual**, 2020. 26-40 p.

ARENA, Julieta Soledad *et al.* Essential oils from *Dysphania ambrosioides* and *Tagetes minuta* enhance the toxicity of a conventional insecticide against *Alphitobius diaperinus*. **Industrial Crops and Products**, v. 122, 2018.

ARTHUR, Paula Bergamin. **Determinação das doses letais e esterilizantes para as fases do ciclo de vida do *Alphitobius diaperinus* (PANZER, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae)**. 2018. Tese (doutorado) – Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, 2018.

ÁVILA, Valdir Silveira *et al.* Avaliação de materiais alternativos em substituição à maravalha como cama de aviário. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, 2008. 273-277 p.

BACK, Alberto. Manual de doenças das aves. **Coluna Saber**, Cascavel, 2004.

BAYRAKDAR, Alper *et al.* Biogas production from chicken manure: co-digestion with spent poppy straw. **International Biodeterioration e Biodegradation**, v. 119, 2017. 205-210 p.

BILGILI, S. F.; HESS, J.B.; DONALD, J. Considerações práticas para a redução do risco de pododermatite. **AviagenBrief – Boletim técnico**, Campinas, n.1, fev., 2011. 01-08 p.

BORDIGNON, Leonardo André Fialkowski. **Efeito de condicionadores químicos sobre a qualidade da cama de frango**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, 2013.

BRANCO, Tatiane. **Concentração e emissão de amônia em aviários de frango de corte**. 2017. Pós-Graduação em Zootecnia (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2017.

BRASIL. **Norma Regulamentadora nº 15, Atividades e operações insalubres, de 06 de julho de 1978**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 1978.

BRASIL. **Decreto nº 9.013, 29 de março de 2017**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: DF, 2017.

COBB. **O Manual de Manejo de Frangos de Corte Cobb**. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/avicultura/files/2012/04/Cobb-Manual-Frango-Corte-BR.pdf>. Acessado em: 06 abr. 2021.

CAMPOS, Maria de Fátima Freitas da Silva *et al.* Identificação parasitológica da cama de frango reutilizada em uma granja avícola. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 25, n. 1, jan./mar. 2018. 27-30 p.

CASAGRANDE, Renata *et al.* Caracterização anatomopatológica e bacteriológica em frangos de corte condenados totalmente por colibacilose sob Serviço de Inspeção Federal. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.37, n.9, 2017. 949-957 p.

CASTRO, Christine Maziero Manejo da cama aviária e impactos na produção avícola. In: **XIX Simpósio Brasil Sul de Avicultura e X Brasil Sul Poultry Fair** - Chapecó, 2018. 11-21 p.

CORKERY, Gerard *et al.* Monitoring environmental parameters in poultry production facilities. **Computer Aided Process Engineering**, v.1, 2013. 01-10 p.

DAI PRA, Marcos Antonio *et al.* Uso de cal virgem para o controle de *Salmonella* spp. e *Clostridium* spp. em camas de aviário. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, jul. 2009.

DALÓLIO, Felipe Santos *et al.* Poultry litter as biomass energy: a review and future perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 76, 2017. 941-949 p.

DA SILVA SOARES, Carlos Eduardo; WEBER, André; SCUSSEL, Vildes Maria. Stereo and scanning electron microscopy characteristics of poultry breeding beetle (*Alphitobius diaperinus*) - a filamentous toxigenic fungi carrier. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 30, n. 2, 2018. 150-156 p.

DUNLOP, Mark; BLACKALL, Patrick; STUETZ, Richard. Odour emissions from poultry litter: a review litter properties, odour formation and odorant emissions from porous materials. **Journal of Environmental Management**, v.177, 2016. 306-319 p.

ESQUIVEL, Jesus; CRIPPEN, Tawni; WARD, Lauren. Improved Visualization of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) – Part 1: Morphological Features for Sex Determination of Multiple Stadia. **Hindawi Publishing Corporation**, Psyche, 2012.

ESTEVEZ, Inma “Ammonia and Poultry Welfare,”. **Poultry Perspectives** (MD Cooperative Extension), v. 4, n. 1, 2002.

FIORENTIN, Laurimar. Reutilização da cama na criação de frangos e as implicações de ordem bacteriológica na saúde humana e animal. **Embrapa Suínos e Aves**, Concórdia, 2005.

FRANÇA, Luís Gustavo Figueiredo *et al.* Caracterização de fatores que influenciam a emissão de amônia pelos dejetos de galinhas poedeiras e proposição de um score para o potencial máximo de emissão. XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. **Anais...Campo Grande: CONBEA 2014**, 2014.

GARCÊS, Alice *et al.* Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 2. Productive performance and carcass characteristics. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, n. 2, 2017. 369-374 p.

GARCIA, Rodrigo Garófallo *et al.* Efeito do material da cama na qualidade da água potável na produção de frangos. **Brasileira de Ciência Avícola**: Campinas, v.12, n.3, jul./set. 2010.

GARCIA, Rodrigo Garófallo *et al.* Alternativas para a composição de cama de frango. **Agrarian**, v. 6, ed. 19, 2013. 81-89 p.

GAY, Susan; KNOWLTON, Katharine. Ammonia emissions and animal agriculture Virginia Cooperative Extension. **Virginia Cooperative Extension**, Petesburg, v. 110, 2009. 442-445 p.

GEHRING, Vandreice Salamoni. **Controle do *Alphitobius diaperinus* e estudo dos parâmetros físicos e químicos em camas de aviários reaproveitadas, utilizando cal e lona na superfície.** 2018. Dissertação (mestrado) -Programa de pós graduação em Bioexperimentação, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF). 2018.

Sistema de Certificação Global em Boas Práticas Agrícolas – GLOBALG. Integrated Farm Assurance Livestock Base. Benchmarking Cross-Reference Checklist: Control Points and Compliance Criteria - Poultry. **Cologne, Germany**, ed. 5, 2016.

GODINHO, R. P.; ALVES, L. F. A. Método de avaliação de população de cascudinho (*Alphitobius diaperinus*) Panzer em aviários de frango de corte. **Arquivo do Instituto Biológico São Paulo**, v.76, n.1, jan./mar., 2009. 107-110 p.

HASSEMER, Marla Juliane *et al.* Semioquímicos: uma alternativa viável para o controle de *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae) em aviários comerciais. In: **XXV Congresso Brasileiro de Entomologia**, Goiânia, 14-18 set. 2014.

HERNANDES, Renata; CAZETTA, Jairo Osvaldo. Método simples e acessível para determinar amônia liberada pela cama aviária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, 2001. 824-829 p.

JAPP, Anne Karoline; BICHO, Carla de Lima; SILVA, Ana Vitória Fischer. Importância e medidas de controle para *Alphitobius diaperinus* em aviários. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.7, jul. 2010. 1668-1673 p.

LEVA, FLÁVIA FERNANDES. **Estudos de Sistemas de Aquecimento Aplicado a Galpões Avícolas com Uso de Elementos Finitos.** 2010. Tese (Doutorado em Ciências). Núcleo de Eletricidade Rural e Fontes Alternativas de Energia – Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

LIMA, K. A. O *et al.* Ammonia emissions in tunnel-ventilated broiler houses. **Brazilian Journal of Poultry Science**, vol.13, n.4, 2011. p. 265-270

LIMA, Nilsa Duarte da Silva. **Estimativa da emissão de amônia na produção de frangos de corte.** 2014. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, 2014.

LOURENÇONI, Dian *et al.* Condições ambientais em galpão convencional telado para galinhas poedeiras Hyline w-36. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.1, 2015. 01-10 p.

MACKLIN, Ken *et al.* Effects of in-house composting of litter on bacterial levels. **Journal of Applied Poultry Research**, Savoy, v. 15, n. 4, 2006. 531-537 p.

MARCOLIN, Sadi. Aspectos Econômicos da Reutilização da Cama Aviária. In.: **Simpósio Brasil Sul de Avicultura. Anais...** Chapecó, SC, 2008. 154-161 p.

MARTINS, Ricardo Sant'Anna. **Efeito da fermentação da cama de aviário na qualidade da cama, na ambiência e no desenvolvimento de pododermatites em frangos de corte.** 2013. Dissertação (mestrado) programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

- MENDES, Luciano Barreto *et al.* O ciclo do nitrogênio na criação de frangos de corte e suas perdas na forma de amônia volátil: uma revisão. **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 20, ed. 207, 2012.
- MILES, Dana; BRANTON, Scott.; LOTT, Berry. Atmospheric ammonia is detrimental to the performance of modern commercial broilers. **Poultry Science**, v.83, n.10, 2004. 1650-1654 p.
- MISSELBROOK, Tom *et al.* Inventory of Ammonia Emissions from UK Agriculture. **DEFRA Contrac**, v. 2010, 2010. 01-34 p.
- MORAIS, Marcela Daiane Gouveia. **Ocorrência de *Alphitobius diaperinus* e tratamento fermentativo da cama de frango**. 2016. Dissertação – Programa de pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop. 2016.
- NÄÄS, Irenilza *et al.* **Produção de Frango de Corte: Ambiência para frangos de corte**. Campinas – SP: FACTA, ed.2, cap. 7, 2014. 11-132 p.
- OLIVEIRA, Maria Cristina *et al.* Teor de Matéria Seca, pH e Amônia Volatilizada da Cama de Frango Tratada ou Não com Diferentes Aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Rio Verde, v.32, n.4, 2003. 951-954 p.
- OLIVEIRA, Maria Cristina; GODOI, Carlos Rosa. Tratamento da cama de frango sobre o desempenho das aves e qualidade da carcaça e da cama – Revisão de literatura. **PUBVET**, Londrina, v. 4, n. 7, ed. 112, art. 755, 2010.
- OLIVEIRA, Tatiane de Fátima Brandão. **Tipos de pisos e métodos de reutilização de camas de aviário no controle de *Alphitobius diaperinus* e desempenho zootécnico de frangos de corte**. 2012. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages. 2012.
- ORO, Camila; GUIRRO, Erica Cristina Bueno do Prado. Influência da amônia proveniente da cama aviária sobre o bem-estar de frangos de corte. **Veterinária em Foco**, Canoas, v. 12, n. 1, jul./dez. 2014. 49-63 p.
- OSORIO, Alexandre Saraz; TINOCO, Ilda Ferreira; CIRO, Hector José. Ammonia: A review about concentration and emission models in livestock structures. **Dyna**, Medellín, v. 76, n. 1, 2009. 89-99 p.
- OZAKI, H Hiroichi *et al.* Characteristics of Escherichia coli isolated from broiler chickens with colibacillosis in commercial farms from a common hatchery. **Poultry Science**, v. 96, ed. 10, out. 2017. 3717-3724 p.
- PAGANINI, F. J. **Produção de frangos de corte: Manejo de cama**. Ed. MENDES, A. A.; NÄÄS, I. de A.; MACARI, M. Campinas: FACTA. 2004. 356 p.
- PAIVA, Doralice Pedroso. Controle de moscas e cascudinhos. Desafios na produção agrícola. **Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola** - Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000.
- PAULINO, Maria Tereza Frageri *et al.* Criação de frangos de corte e acondicionamento térmico em suas instalações: Revisão. **Pubvet**, v.13, n.2, fev., 2019. 01-14 p.

- QUEIROZ, Patrícia de Paula. **Características de cama aviária de casca de café submetida a diferentes condições ambientais e a influência no potencial de emissão de amônia e em lesões do coxim plantar de frangos de corte.** 2015. Dissertação - Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. 2015.
- RITZ Casey; FAIRCHILD Brian; LACY Michael. Litter quality and broiler performance. Cooperative Extension Service, University of Georgia (UGA), **College of Agricultural and Environmental Sciences**, Georgia, 2014.
- ROSA, Paulo Sergio *et al.* Cama para frangos de corte. In: MACARI, Marcos *et al.* **Produção de frangos de corte.** FACTA: Campinas, ed. 2, cap. 9, 2014. 53-180 p.
- ROSA, Jaqueline Kristiane. **Condicionadores químicos na compostagem de cama de aviário.** 2015. Dissertação (mestrado) programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, 2015.
- ROSS. **Manual de manejo de frangos de corte.** 2018. Disponível em: http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/Ross-BroilerHandbook2018-PT.pdf. Acesso em: 20. jan. 2021.
- ROSTAGNO, Horacio Santiago *et al.* **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos.** Viçosa: UFV, ed. 4, 2017.
- SANTIAGO, Gabrielli Stefaninni *et al.* Avaliação da reutilização de cama de frango sobre a condenação de carcaças por colibacilose. **PUBVET**, v.13, n.8, a392, ago., 2019. 01-06 p.
- SANTOS, Marcos José Batista *et al.* Manejo e Tratamento de cama durante a criação de aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 9, n 03, maio/jun. 2012. 1801-1815 p.
- SAS INSTITUTE. **SAS User's guide: statistics.** Software Version 9.0. Cary, NC, USA, 2002.
- SHEN, Jiacheng; ZHU, Jun. Methane production in an upflow anaerobic biofilm digester from leachates derived from poultry litter at different organic loading rates and hydraulic retention times. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 5, n. 5, 2017. 5124-5130 p.
- SILVA, Yolanda Lopes *et al.* Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Desempenho e teores de minerais na cama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, 2006.
- SILVA, Dirceu Jorge; DE QUEIROZ, Augusto César. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos,** Viçosa: UFV, ed.3, 2004. 235 p.
- SILVA, Leonardo França *et al.* Avaliação da qualidade do ar em instalações avícolas. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.10 n.1, 2018.
- SINGH, Narinderpal; JOHNSON, Donn. Baseline Susceptibility and Cross-Resistance in Adult and Larval *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) Collected from Poultry Farms in Arkansas. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 4, 2015. 1994-1999 p.

SONODA, Lília Thays. **Reutilização de camas de frango utilizando conceitos de compostagem**. 2011. Dissertação (mestrado área de construções rurais e ambiência). Universidade estadual de Campinas Faculdade de engenharia agrícola, 2011.

SOUSA, Fernanda Campos. **Potencial de geração e emissão de amônia pela avicultura de corte do brasil**. 2018. Dissertação - Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, MG. 2018.

TOGHYANI, Majid *et al.* Effect of different litter material on performance and behavior of broiler chickens. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 122, 2010. 48-52 p.

VIEIRA, Maria de Fátima Araújo. **Caracterização e análise da qualidade sanitária de camas de frango de diferentes materiais reutilizados sequencialmente**. 2011. Dissertação do programa de Pós- graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, 2011.

VIEIRA, Guilherme Augusto; CAFÉ, Marcos. Higienização em granjas avícolas: principais etapas do processo. Limpeza e desinfecção. **Revista Avisite**, n.4, nov. 2015.

WANG, Y. M. *et al.* Effect of atmospheric ammonia on growth performance and immunological response of broiler chickens. **Journal of Animal Veterinary advance**, v. 9, n. 22, 2010. 2802- 2806 p.

WOLF, Jônatas *et al.* Métodos físicos e cal hidratada para manejo do cascudinho dos aviários. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n.1, 2014.

ZAPATA, Olga Lucia Marín. **Caracterização e avaliação do potencial Fertilizante e poluente de distintas camas de frango submetidas a reusos sequenciais na zona da mata do estado de Minas Gerais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. 2011.