

LUÍS GUSTAVO FIGUEIREDO FRANÇA

VARIÁVEIS DE INFLUÊNCIA E PROPOSIÇÃO DE ÍNDICE DE MÁXIMA EMISSÃO
DE AMÔNIA PELA ATIVIDADE DE CRIAÇÃO DE GALINHAS POEDEIRAS PARA
O ESTADO DE MINAS GERAIS

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Agrícola, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F814v
2014

França, Luis Gustavo Figueiredo, 1987-
Variáveis de influência e proposição de índice de máxima
emissão de amônia pela atividade de criação de galinhas
poedeiras para o Estado de Minas Gerais / Luis Gustavo
Figueiredo França. – Viçosa, MG, 2014.
xi, 65f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Ave - Criação. 2. Galinhas poedeiras - Instalações.
3. Avicultura industrial. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 636.51

LUÍS GUSTAVO FIGUEIREDO FRANÇA

VARIÁVEIS DE INFLUÊNCIA E PROPOSIÇÃO DE ÍNDICE DE MÁXIMA
EMISSÃO DE AMÔNIA PELA ATIVIDADE DE CRIAÇÃO DE GALINHAS
POEDEIRAS PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de fevereiro de 2014




Marcos Oliveira de Paula



Jadir Nogueira da Silva



Jairo Alexander Osorio Saraz (Coorientador)



Ilda de Fátima Ferreira Tinôco (Orientadora)

“Insanidade é continuar fazendo as mesmas coisas e esperar resultados diferentes.”

Albert Einstein

Dedico à
Aline, sem os seus conselhos provavelmente não teria escolhido este caminho, e, com todo
o seu carinho e amor obtive forças para concluir este trabalho.
“... e são tantas marcas que já fazem parte do que sou agora...”
“... estranho seria se eu não me apaixonasse por você...”

AGRADECIMENTOS

À Deus, proteção e presença constante em minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola e seus funcionários, por todo o suporte e apoio.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pelo suporte financeiro.

À Professora Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, pela sua orientação, pelos valiosos ensinamentos, conselhos, incentivo, confiança, paciência, principalmente na reta final de desenvolvimento deste trabalho.

À Professora Cecília de Fátima Souza por me coorientar, pelos conselhos e incentivo durante toda a minha formação acadêmica.

À minha mãe Meire, ao meu pai Luiz e meus irmãos; Felipe e Flávio por me darem força para seguir em frente.

À Aline pelo apoio, paciência e incentivo durante este árduo processo produtivo.

Aos amigos, por todo o incentivo e apoio.

Aos companheiros do AMBIAGRO; Diogo, Fernanda, Jadson, Juan, Keles, Keler, Kelle, Márcia, Maria de Fátima, Maurilio, Marilu, Múcio, Patrícia e Seu Pedro pela convivência, auxílio e amizade.

À Granja Mantiqueira por abrir as suas portas para realizamos parte dos estudos que compõem este trabalho e por todo o empenho e apoio no período em que estivemos em Itanhandu – MG.

Ao Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), por possibilitar o meu acesso a informações que foram essenciais para compor este estudo.

SUMÁRIO

RESUMO _____	viii
ABSTRACT _____	x
Introdução Geral _____	1
Referências bibliográficas _____	6
Capítulo I: Caracterização de fatores que influenciam a emissão de amônia pelos dejetos de galinhas poedeiras e proposição de um escore para o potencial máximo de emissão _____	8
Resumo _____	8
Abstract _____	8
1. Introdução _____	9
2. Processos associados à produção e emissão de NH ₃ pelos dejetos de aves de postura _____	12
3. Levantamento de fatores e mecanismos de interferência na perda de N dos dejetos pela geração e volatilização de NH ₃ em aviários de postura _____	16
3.1. Influência do pH dos dejetos na taxa de formação de amônia _____	16
3.1.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH ₃ com base no pH médio dos dejetos _____	17
3.2. Influência da temperatura do ar na taxa de formação de amônia _____	18
3.2.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH ₃ com base na temperatura ambiente _____	19
3.3. Influência do teor de umidade dos dejetos na taxa de formação de amônia _____	21
3.3.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH ₃ com base no teor de umidade dos dejetos _____	23
3.4. Influência do teor de umidade relativa do ar na taxa de formação de amônia _____	23
3.4.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH ₃ com base no teor de umidade relativo do ar _____	23
3.5. Influência do conteúdo de N na ração na taxa de formação de amônia. _____	24
3.5.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH ₃ com base no percentual de proteína bruta na ração das aves _____	25
3.6. Influência da idade das aves na taxa de formação de amônia _____	26
3.6.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH ₃ com base na idade das aves _____	26
3.7. Influência da densidade de alojamento das aves na taxa de formação de amônia _____	26
3.8. Influência do tempo de acúmulo dos dejetos na taxa de formação de amônia _____	27

3.8.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH ₃ com base no tempo de acúmulo dos dejetos	28
4. Proposição de um sistema de quantificação, em tempo real, de um potencial de emissão máxima de amônia, em condições de campo	28
4.1. Conclusão	30
5. Referências bibliográficas	31
Capítulo II: Caracterização de fatores ambientais de influência na geração e emissão de amônia pela criação de galinhas poedeiras e zoneamento da produção de ovos no estado de Minas Gerais	34
Resumo	34
Abstract	34
1. Introdução	35
2. Material e métodos	37
3. Resultados e Discussão	38
3.1. Levantamento espacial e produtivo	38
3.2. Variáveis climatológicas mineiras	40
3.2.1. Temperaturas máximas mensais para o estado de Minas Gerais	40
3.2.2. Umidade relativa do ar média, para o estado de Minas Gerais	44
4. Conclusão	48
5. Referências bibliográficas	48
Capítulo III: Diagnóstico do ambiente aéreo quanto as emissões de amônia e características dos dejetos em aviários de postura verticais com sistema de coleta das dejeções automatizados (“manure belt”)	49
Resumo	49
Abstract	49
1. Introdução	50
2. Objetivos	52
3. Material e métodos	53
3.1. Caracterização do ambiente quanto à temperatura e umidade relativa	54
3.2. Concentração de amônia no ar	55
3.3. Caracterização dos dejetos produzidos	56
3.3.1. Nitrogênio total	57
3.3.2. Teor de sólidos totais	57
3.3.3. Teor de sólidos voláteis	58

4.	Resultados e discussão	58
4.1.	Caracterização do ambiente quanto à temperatura e umidade relativa do ar	58
4.2.	Concentração de amônia no ar	59
4.3.	Nitrogênio total	62
4.4.	Teor de sólidos totais	63
4.5.	Teor de sólidos voláteis	63
5.	Conclusão	63
6.	Literatura Citada	64

RESUMO

FRANÇA, Luís Gustavo Figueiredo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Variáveis de influência e proposição de índice de máxima emissão de amônia pela atividade de criação de galinhas poedeiras para o estado de Minas Gerais.** Orientadora: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Coorientadores: Cecília de Fátima Souza e Jairo Alexander Osorio Saraz.

Os novos sistemas de produção para galinhas poedeiras, totalmente automatizados, trazem como grande diferencial, quando comparados com os sistemas de produção de ovos convencionais, a maior eficiência no alojamento de aves/m². Os galpões onde existe este tipo de sistema podem apresentar até cinco alas de gaiolas, contendo até sete andares de gaiolas sobrepostas o que possibilita a locação de até 120.000 aves em um único aviário, com dimensões aproximadas de 130m de comprimento por 14m de largura. Por estas facilidades, o sistema totalmente mecanizado vem se tornando uma tendência nas criações de aves de postura comerciais no Brasil. Minas Gerais esta em posição de destaque no cenário brasileiro, de produção de ovos de galinha, é o segundo maior produtor de ovos no país, sendo ainda, o estado que mais exporta. O rebanho efetivo de galinhas poedeiras do Estado em 2012 era de 21.265.722 aves, cerca de 10% do rebanho total brasileiro. Devido à intensificação do processo produtivo de ovos de galinha, ocorre uma maior geração e concentração de dejetos oriundos das aves. Este fato ocasiona maiores preocupações com as questões ambientais, pois, a taxa de volatilização da amônia formada no esterco, está ligada a fatores como; o pH, teor de umidade relativa do ar e dos dejetos, temperatura ambiente, quantidade de proteína bruta presente na ração e idade das aves. A produção total de dejetos atribuídos às galinhas poedeiras, em Minas Gerais, é estimada em valores da ordem de 2.126,6 a 2.551,89 toneladas por dia. Os sistemas de produção agropecuários transformam carboidratos e proteínas de origem vegetal, em leite, carne e ovos. Boa parte da proteína vegetal ingerida é excretada através da urina e dejetos. A partir das características de composição dos dejetos, combinada às ações bacterianas e variáveis climatológicas, ocorre a mineralização do esterco e a emissão de nitrogênio, na forma de amônia, para a atmosfera. Dois fatores climáticos interferem diretamente na geração e emissão de amônia: a temperatura do ar ambiente e a umidade relativa do ar. O Capítulo I deste trabalho teve como objetivo caracterizar fatores que influenciam a emissão de amônia pelos dejetos de galinhas poedeiras, bem como, propor a criação de um escore para o potencial máximo de emissão deste gás devido à criação de galinhas poedeiras, para o estado de Minas Gerais. No Capítulo II buscou-se realizar um zoneamento dos municípios

produtores de ovos, em Minas Gerais, e, confeccionar mapas com valores de temperatura e umidade relativa do ar máxima médias, para o Estado. No Capítulo III são apresentados os resultados de um estudo de campo, em uma granja de postura comercial, representativa do padrão construtivo de aviários verticais totalmente mecanizados do estado de Minas Gerais, onde foram diagnosticadas as condições do ambiente aéreo, em termos de concentrações de amônia, bem como a caracterização do esterco produzido em sistema de esteiras.

ABSTRACT

FRANÇA, Luís Gustavo Figueiredo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2014. **Influence variables and propose of maximum ammonia emission index by the activity of laying hens for the Minas Gerais state.** Adviser: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Co-advisers: Cecília Fátima Souza and Jairo Alexander Osorio Saraz.

New production systems for laying hens, fully automated, bring great advantage as compared with conventional production systems eggs, greater efficiency in the housing birds/m². The sheds where there is this type of system can provide up to five rows of cages (alas), containing up to seven floors of overlapping cages allowing the lease of up to 120,000 birds in one aviary with approximate dimensions of 130m long by 14m wide. For these facilities, the fully mechanized system has become a trend in commercial poultry farms in Brazil posture. Minas Gerais is in leading position in the Brazilian scenario, production of chicken eggs, is the second largest egg producer in the country, yet, the state's biggest export. Effective flock of laying hens of the State in 2012 was 21.265.722 birds, about 10 % of Brazil's total herd. Due to the intensification of the production process of chicken eggs, there is a greater concentration of generation and waste coming from the birds. This fact causes major concerns with environmental issues, therefore, the rate of volatilization of ammonia formed in manure, is linked to factors such as: the pH, relative humidity and waste, ambient temperature, amount of crude protein present in ration and age of the birds. The total production of waste attributed to laying hens in Minas Gerais, is estimated at values of around 2126.6 to 2551.89 tons per day. Systems of agricultural production transform carbohydrates and vegetable proteins in milk, meat and eggs. Much of the vegetable protein ingested is excreted through urine and manure. From the compositional characteristics of the waste, combined with bacterial action and climatological variables, the mineralization of manure and nitrogen emissions in the form of ammonia to the atmosphere occurs. Two climatic factors directly affect the generation and emission of ammonia: the ambient air temperature and relative humidity. The Chapter I of this study was to characterize factors influencing ammonia emission by slurry from laying hens, as well as proposing the establishment of a maximum potential score for the emission of this gas due to laying hens, to the state of Minas Gerais. In Chapter II we sought to conduct a zoning egg producers municipalities in Minas Gerais, and construct maps with values of temperature and relative humidity of the average maximum air to the State. The results of a field study in a commercial laying farm, representative of the constructive pattern of fully mechanized vertical aviaries of Minas Gerais, where the

conditions of ambient air were diagnosed in terms of concentrations of ammonia are presented in Chapter III as well as the characterization of the manure produced in mats system.

Introdução Geral

Com o crescimento exponencial da população mundial ocorre, concomitantemente, um aumento na demanda por alimentos. A utilização dos recursos naturais necessários para suprir essa demanda, tende a torná-los mais escassos. Diante deste cenário, países líderes na produção mundial de alimentos, como o Brasil, concentram esforços na busca por maior eficiência na produção alimentar, voltando suas atenções, cada vez mais, para produtos proteicos de origem animal mais baratos e, dentre eles, os ovos de galinha tem posição de destaque.

Em 2011 o Brasil atingiu a marca de 2,7 bilhões de dúzias, segundo estudo publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2012. Para compor estes dados, o IBGE considerou apenas granjas avícolas com capacidade igual ou superior a 10.000 aves em seu plantel produtivo. Já o relatório anual da União Brasileira de Avicultura (UBABEF), publicado no ano de 2013, apresenta dados relativos à produção por estado, sendo que a maior produção foi registrada em São Paulo, com 36,59% do total, Minas Gerais ficou em segundo lugar, com 11,73%, seguido pelo Espírito Santo, com 7,69% do total da produção de ovos brasileira. Ainda segundo a UBABEF (2013), o mercado interno consome 99% da produção brasileira de ovos, sendo apenas 1% destinado à exportação, onde Minas Gerais é o estado com maior participação, seguido pelo Rio Grande do Sul e Mato Grosso, segunda e terceira posição respectivamente. As exportações de ovos in Natura somaram, em 2012, um total de 26,8 mil toneladas, o que corresponde a um aumento de 61,2% em relação a 2011. No relatório anual da UBABEF (2013), estão contidas informações, de onde é possível afirmar que, a produção brasileira de ovos até setembro de 2013 atingiu 25,8 bilhões de unidades, quantidade 9,3% acima do produzido no mesmo período do ano anterior (23,6 bilhões de unidades), sendo que, tanto a produção de ovos brancos quanto vermelhos teve crescimento de 10,1% e 5,1% respectivamente.

Assim, com o incremento cada vez maior da produção e com a utilização de sistemas mais intensivos, ocorrem, simultaneamente, aumento e maior concentração de dejeções oriundas do setor de produção de ovos, levando a maiores preocupações com questões ambientais. Neste sentido, o conteúdo de nitrogênio (N) nas excretas de aves tornou-se uma preocupação para a indústria avícola mundial. North (1984) relata que o dejetos fresco de galinhas poedeiras, contém 75% de água, 1,25% de nitrogênio total, 1,15% de fosfato, e 0,6% de potássio. Yang (2000) destaca que o gás amônia (NH₃), sendo este gerado a partir do N presente nos dejetos dos animais, sobressai entre as emissões gasosas associadas ao esterco.

Hartung (1990), relata em seus estudos que a volatilização da NH_3 , a partir dos dejetos, além de apresentar alto potencial de poluição, constitui um mecanismo de perda de N, o que causa empobrecimento do esterco, que tem como utilização mais indicada, segundo Ndegwa et al., (2007), a sua incorporação ao solo como fertilizante em atividades agrícolas, trazendo ganhos econômicos e minimizando o uso de fertilizantes químicos.

A NH_3 é um subproduto comum de resíduos animais, já que, na maioria das vezes, as aves são alimentadas com ração rica em proteínas, as quais contém N em excesso, para garantir que suas necessidades nutricionais sejam atendidas. O N que não é metabolizado em proteína animal (ou seja, incorporado na carne ou ovos) devido à conversão alimentar, muitas vezes ineficiente, ou ainda devido aos seus altos índices na ração, é excretado nos dejetos, onde ações microbianas liberam NH_3 no ar durante a decomposição das fezes (Gay et al., 2005).

Segundo Baek e Aneja (2004), a formação de aerossóis inorgânicos na atmosfera pode ser associada a reações entre gases naturalmente já presentes neste ambiente, como a NH_3 volatilizada a partir da degradação biológica do ácido úrico excretado por galinhas poedeiras. Pilewskie (2007) destaca estes aerossóis como potencializadores do efeito estufa, estando diretamente relacionados às mudanças climáticas, e a emissão de NH_3 tem sido considerada ainda causadora e, facilitadora da ocorrência de chuvas ácidas (NRC, 2003), além de provocar descarga excessiva de N em ecossistemas que podem ser sensíveis a tal nutriente. Segundo Demmers et al., (1998), o excesso de N no ambiente pode levar a eutrofização de lagos e cursos d'água e a acidificação de solos.

Além dos riscos ambientais descritos acima, existem riscos para a saúde do ser humano e animais. O Ministério do Trabalho e Emprego estabelece, na Norma Regulamentadora (NR) número 15, o limite de tolerância (LT) de 20 ppm_v de NH_3 no conteúdo do ar em ambientes frequentados por trabalhadores com jornadas de trabalho de até 48 horas semanais; já o valor máximo de concentração de amônia a que uma pessoa poderia ser exposta é de 30 ppm. Exposições mesmo a baixos níveis de NH_3 podem causar irritações nos pulmões e nos olhos. Os efeitos das diferentes concentrações de NH_3 no ambiente podem ser observados na Tabela 1. Perry (2003), recomenda que a concentração de NH_3 à altura das aves seja inferior a 10 ppm, não devendo exceder 25 ppm, exceto por breves períodos.

Tabela 1: Efeitos da concentração de NH₃ (em ppm).

Concentração de NH ₃ (ppm)	Efeitos
5	Detectável apenas por algumas pessoas.
5-15	Facilmente detectável pelo cheiro.
20	As aves começam a sentir-se mal.
20-25	Máximo tolerável pelas aves por longos períodos – Edemas e hemorragias pulmonares.
25-40	Máximo tolerável pelas aves por curtos períodos de tempo.
50	Os olhos do homem e das aves se inflamam, ocorre um aumento da secreção lacrimal, traqueíte catarral, queratoconjuntivite e fotofobia nas aves.
80	Reduz-se o consumo de alimentos e o crescimento (15% da produtividade).
100	Reduz-se drasticamente o ritmo respiratório, o consumo, o crescimento e a postura, embora esta última só se a exposição for superior a dois meses.
200	Reduz-se fortemente a postura, mesmo com uma exposição de duas semanas.
500	Dose letal.

Fonte: Perry 2003

Desta forma, em razão dos problemas relacionados à geração de NH₃ por atividade de produção animal, e sendo este o gás mais presente nos ambientes de criação, praticamente todos os países da Europa e América do Norte já realizaram seus inventários relacionados à suas emissões, estabelecendo protocolos para este fim. Para as mencionadas regiões, o cálculo da taxa de emissão é relativamente simples, uma vez que as instalações são fechadas, Mendes (2012) relata, em seus estudos, que a taxa de emissão de NH₃ é o produto de sua concentração e a taxa de troca de ar da instalação. No entanto, para as condições da produção brasileira, esta determinação é muito mais complexa, uma vez que basicamente a totalidade dos galpões de produção animal no país não é mantida fechada o tempo todo, devido às condições climáticas do Brasil, as quais permitem a utilização de ventilação natural o que possibilita grande economia de energia.

Sendo assim, mesmo que existam relações matemáticas, bem como metodologias sugeridas para cálculos em instalações abertas, os resultados obtidos constituem mais estimativas do que valores reais, não sendo confiáveis em sua plenitude, do ponto de vista prático, pois há sempre muitas variáveis envolvidas nas mensurações realizadas em sistemas

termodinâmicos abertos. Para o monitoramento das emissões de NH_3 de forma confiável, devem-se realizar medições simultâneas e com precisão da taxa de ventilação (volume de ar que está entrando e saindo do interior do galpão) e das concentrações de NH_3 .

Sendo assim, também para as instalações brasileiras usadas na produção de aves de postura, tanto no caso de alojamentos tradicionais (nos quais as dejeções permanecem sob as gaiolas até o final do ciclo produtivo ou até o ponto de atingirem alturas próximas ao nível das gaiolas) quanto nos alojamentos mecanizados (nos quais a retirada dos dejetos, se dá com a utilização de correias transportadoras e em intervalos de tempo muito curtos), ambos constituem sistemas predominantemente abertos, não sendo caracterizados, assim, como ambientes totalmente controlados ou fechados (Tinôco, 2001). No caso de maior controle no Brasil, os aviários de postura apresentam fechamento apenas nas extremidades, sendo que nas laterais são instaladas cortinas, as quais podem permanecer abertas ou fechadas, de acordo com variáveis térmicas ambientais (denominados sistemas híbridos).

Assim, a incerteza das medições da taxa de ventilação em instalações avícolas abertas é, portanto, um ponto negativo do uso do modelos mecanísticos. Para determinação da NH_3 emitida, além da dificuldade na mensuração da taxa de ventilação do galpão, os processos de geração e emissão da amônia são bastante complexos, uma vez que existem interferências de variáveis meteorológicas e biológicas, como por exemplo, temperatura, teor de umidade do ambiente, idade do animal, composição da ração, dentre outras, o que provoca uma baixa acurácia na medição dos valores reais de volatilização da amônia.

Outro aspecto muito importante a considerar é que, apesar de que já se tenha, em literatura, as recomendações sobre os níveis máximos tolerados de amônia presente no ar ambiente para as espécies animal e humana, não se tem ainda, para nenhuma região do mundo, um indicativo relacionado ao potencial máximo que este gás poderia ser emitido pelos diferentes ambientes. Desta forma, fica impossibilitado o estabelecimento de padrões ou índices considerados aceitáveis ou não para cada caso específico.

Zapata (2011) relata em seus estudos que a taxa de volatilização da amônia no esterco gerado pelas aves está ligada ao teor de NH_3 que está dissolvida na solução que envolve as partículas do esterco. No entanto, a existência da amônia dissolvida depende diretamente de fatores tais como o pH, teor de água, temperatura e concentração de NH_4^+ (Li, 2006), o qual apresenta baixo grau de volatilização, mas é o principal reagente no processo de produção de NH_3 , que, por sua vez, é altamente volátil. A emissão de NH_3 presente no esterco para a

atmosfera consiste basicamente no transporte da NH_3 na fase aquosa para a fase gasosa, o qual ocorre na presença de uma corrente de ar livre.

Exposições prolongadas a altos níveis de NH_3 podem causar redução no ganho de peso e na produção de ovos pelas galinhas poedeiras, além de ser prejudicial ao trabalhador que esta em contato com os animais (Carlile, 1984 e Ning, 2008). Fato este que impulsiona pesquisas focadas na minimização da eliminação de N nas fezes das aves, buscando diminuir a emissão de NH_3 .

Preocupações com o bem estar animal e o meio ambiente podem levar a diversas densidades de criação, dependendo do mercado ao qual este produto será direcionado e a legislações vigentes nas regiões de criação. Dessa forma, é interessante o desenvolvimento de um índice de máximo potencial de emissão de NH_3 associado a uma unidade de produção (uma ave), que leve em consideração as condições climáticas do local e de manejo dos animais, pois, assim, poder-se-ia prever a emissão máxima possível, até mesmo antes da construção de um complexo avícola ou de uma simples granja produtora de ovos, podendo, assim, serem realizadas alterações no projeto, e no manejo dos animais, anteriormente a execução da obra, como, a utilização de mecanismos de resfriamento adiabático, adoção de lanternim, utilização de forros e cortinas, implementação de paisagismo circundante, que busquem minimizar a formação e emissão de NH_3 , devido à esta atividade.

Simultaneamente, com base na predição do máximo potencial de emissão de NH_3 , poder-se-ia estabelecer escores que permitam a avaliação do nível poluidor de uma determinada empresa ou granja avícola, servindo como balizador de valores mais justos para dosimetria de multas, ou pelo contrário, de incentivos fiscais.

Com base no exposto, este trabalho buscou levantar fatores e processos de interferência na perda de N pela geração e volatilização da NH_3 em aviários de postura, determinando como eles influenciam nesta perda para a atmosfera, bem como definir mecanismos para quantificar estas perdas. Além de, caracterizar e confeccionar mapas de temperatura e umidade relativa do ar para o estado de Minas Gerais, considerando-se que estas variáveis climáticas podem potencializar a formação e emissão de NH_3 pelos dejetos de galinhas poedeiras, de tal forma a se estabelecer um possível zoneamento quanto à emissão deste gás, advindo da atividade de produção de ovos no Estado.

Este trabalho visou, ainda, realizar um estudo de campo, em uma granja de postura comercial, representativa do padrão construtivo de aviários verticais totalmente mecanizados do estado de Minas Gerais, com o objetivo de diagnosticar as condições do ambiente aéreo,

em termos de concentrações de NH₃, bem como a caracterização do esterco produzido em sistema de esteiras (nitrogênio total, teores de sólidos totais e voláteis, e teor de umidade). O interesse foi para os galpões alojando aves em seu período de produção máxima de ovos, ou seja, entre 30 e 40 semanas de vida, por ser este o período entendido como de máximo potencial de emissão de gases. Pelo mesmo motivo, também foi interesse realizar o estudo no período de verão (dezembro e janeiro).

Referências bibliográficas

BAEK, B. H.; ANEJA, V. P. Measurement and analysis of the relationship between ammonia, acid gases, and fine particles in Eastern North Carolina. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 54, n. 5, p. 623-633, 2004.

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

CARLILE, F. S. Ammonia in poultry houses: A literature review. **World's poultry science journal**, v. 40, n. 2, p. 99-113, 1984.

DEMMERS, T. et al. First experiences with methods to measure ammonia emissions from naturally ventilated cattle buildings in the UK. **Atmospheric environment**, v. 32, n. 3, p. 285-293, 1998.

GAY, S. W.; KNOWLTON, K. F. Ammonia emissions and animal agriculture. **Virginia Cooperative Extension**, p. 442-110, 2005.

HARTUNG, J. Influence of housing and livestock on ammonia release from buildings. **Odour and Ammonia Emissions from Livestock Farming**, p. 22-29, 1991.

LI, H. **Ammonia emissions from manure belt laying hen houses and manure storage**. 2006. (Tese de Doutorado). Iowa State University.

MENDES, L. B.; XIN, H.; LI, H. Ammonia emissions of pullets and laying hens as affected by stocking density and manure accumulation time. **Transactions of the ASABE**, v. 55, n. 3, p. 1067-1075, 2012.

NDEGWA, P. et al. A review of ammonia emission mitigation techniques for concentrated animal feeding operations. **Biosystems engineering**, v. 100, n. 4, p. 453-469, 2008.

NING, X. **Feeding, defecation, and gaseous emission dynamics of W-36 laying hens**. 2008. (Dissertação de Mestrado). Iowa State University.

NORTH, M. O. Commercial chicken production manual. **Commercial chicken production manual**, n. Ed. 3, 1984.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US)(NRC). AD HOC COMMITTEE ON AIR EMISSIONS FROM ANIMAL FEEDING OPERATIONS. **Air emissions from animal**

feeding operations: current knowledge, future needs. Natl Academy Pr, 2003. ISBN 0309087058.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Comunicado Social 29 de março de 2012**, disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 20 de fevereiro de 2013.

PERRY G. C. **Welfare of the laying hen.** World's Poultry Science Association. Meeting. (2003 : Bristol, England). Poultry science symposium. Series 27.

PILEWSKIE, P. Climate change: Aerosols heat up. **Nature**, v. 448, n. 7153, p. 541-542, 08/02/print 2007.

UBABEF - União Brasileira de Avicultura. **Relatório anual, 2013.** São Paulo. 113p. 2013.

TINÔCO, I. F.F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 3, n.1, Jan. 2001.

ZAPATA, O. L. M. **Caracterização e avaliação do potencial fertilizante e poluente de distintas camas de frango submetidas a reuso sequenciais na zona da mata do estado de Minas Gerais.** Viçosa: 108 f. 2011. (Dissertação Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

YANG, P.; LORIMOR, J. C.; XIN, H. Nitrogen losses from laying hen manure in commercial high-rise layer facilities. **Transactions of the ASAE**, v. 43, n. 6, p. 1771, 2000.

Capítulo I: Caracterização de fatores que influenciam a emissão de amônia pelos dejetos de galinhas poedeiras e proposição de um escore para o potencial máximo de emissão

Resumo

Devido à intensificação do processo produtivo de ovos de galinha, ocorre uma maior geração e concentração de dejetos oriundos das aves. Este fato ocasiona maiores preocupações com as questões ambientais, pois, a taxa de volatilização da amônia formada no esterco, está ligada a fatores como; o pH, teor de umidade relativa do ar e dos dejetos, temperatura ambiente, quantidade de proteína bruta presente na ração e idade das aves. Dessa forma, realizou-se este trabalho, com o objetivo de caracterizar fatores que influenciam a emissão de amônia pelos dejetos de galinhas poedeiras, bem como, propor a criação de um escore para o potencial máximo de emissão deste gás devido à criação de galinhas poedeiras, para o estado de Minas Gerais. O desenvolvimento de um índice de máximo potencial de emissão de amônia associado à criação de galinhas de postura, que leve em consideração as condições climáticas do local e de manejo dos animais é interessante, pois, assim, poder-se-ia prever a emissão máxima possível, até mesmo antes da construção de um complexo avícola ou de uma simples granja produtora de ovos, podendo, assim, serem realizadas alterações no projeto e no manejo dos animais, anteriormente a execução da obra, que busquem minimizar a formação e emissão de amônia. Com base nos estudos realizados, pode-se concluir que, a situação mais crítica, é a que apresenta; o pH dos dejetos com valores igual ou superiores a 9, temperatura ambiente igual ou superior a 32°C, teor de umidade dos dejetos e do ar ambiente em torno de 70%, e armazenamento dos dejetos até o final do ciclo produtivo (em torno de 72 semanas) e rações que apresentam um teor de proteína bruta acima de 16,5%.

Palavras chave: Geração de amônia, volatilização da amônia e avicultura de postura.

Abstract

Due to the intensification of laying hens production, there is a greater concentration and generation and manure from the birds. This fact causes major concerns with environmental issues, therefore, the rate of ammonia volatilization formed in manure, is linked to factors such as: the pH, relative humidity and waste, ambient temperature, amount of crude protein present in ration and age of the birds. Thus, we performed this study in order to characterize factors influencing ammonia emission by feces of laying hens as well as proposing the establishment of a score to the maximum potential emission of this gas due to laying hens to

the state of Minas Gerais. The development of an index of maximum potential ammonia emission associated with the creation of laying hens, which takes into account the climatic conditions of the location and handling of animals is interesting because, well, it would be able to predict the maximum emission possible, even before the construction of a poultry complex or simple farm producing eggs, and thus can be carried out changes in the design and management of the animals, prior to execution of the work, which seek to minimize the formation and emission of ammonia. Based on the studies conducted, it can be concluded that the most critical situation is the presenting, the pH of the slurry with values equal to or greater than 9, ambient temperature less than 32°C, moisture content of the waste and ambient air around 70%, and storage of waste until the end of the production cycle (around 72 weeks) and diets that have a crude protein content above 16.5%.

Keywords: Ammonia generation, ammonia volatilization and laying hens.

1. Introdução

Com o incremento cada vez maior da produção e com a utilização de sistemas mais intensivos, ocorrem, simultaneamente, aumento e maior concentração de dejetos oriundas do setor de produção de ovos, levando a maiores preocupações com questões ambientais. Neste sentido, o conteúdo de nitrogênio (N) nas excretas de aves tornou-se uma preocupação para a indústria avícola mundial. Yang (2000) destaca que o gás amônia (NH_3), sendo este gerado a partir do N presente nos dejetos dos animais, sobressai entre as emissões gasosas associadas ao esterco. Hartung (1990), relata em seus estudos que a volatilização da NH_3 , a partir dos dejetos, além de apresentar alto potencial de poluição, constitui um mecanismo de perda de N, o que causa empobrecimento do esterco, que tem como utilização mais indicada, segundo Ndegwa et al., (2007), a sua incorporação ao solo como fertilizante em atividades agrícolas, trazendo ganhos econômicos e minimizando o uso de fertilizantes químicos.

A NH_3 é um subproduto comum de resíduos animais, já que, na maioria das vezes, as aves são alimentadas com ração rica em proteínas, as quais contém N. O N que não é metabolizado em proteína animal, é excretado nos dejetos, onde ações microbianas liberam NH_3 no ar durante a decomposição das fezes (Gay et al., 2005).

Segundo Baek e Aneja (2004), a formação de aerossóis inorgânicos na atmosfera pode ser associada a reações entre gases naturalmente já presentes neste ambiente, com a NH_3 volatilizada à partir da degradação biológica do ácido úrico excretado por galinhas poedeiras. Pilewskie (2007) destaca estes aerossóis como potencializadores do efeito estufa, estando

diretamente relacionados às mudanças climáticas, facilitadoras da ocorrência de chuvas ácidas (NRC, 2003), além de provocar descarga excessiva de N em ecossistemas que podem ser sensíveis a tal nutriente. Segundo Demmers et al., (1998), o excesso de N no ambiente pode levar a eutrofização de lagos e cursos d'água e a acidificação de solos.

Além dos riscos ambientais descritos acima, existem riscos para a saúde do ser humano e animais. O Ministério do Trabalho e Emprego estabelece, na Norma Regulamentadora (NR) número 15, o limite de tolerância (LT) de 20 ppm_v de NH₃ no conteúdo do ar em ambientes frequentados por trabalhadores com jornadas de trabalho de até 48 horas semanais; já o valor máximo de concentração de amônia a que uma pessoa poderia ser exposta é de 30 ppm. Perry (2003), recomenda que a concentração de NH₃ à altura das aves seja inferior a 10 ppm, não devendo exceder 25 ppm, exceto por breves períodos.

Desta forma, em razão dos problemas relacionados à geração de NH₃ por atividade de produção animal, e sendo este o gás mais presente nos ambientes de criação, praticamente todos os países da Europa e América do Norte já realizaram seus inventários relacionados às suas emissões, estabelecendo protocolos para este fim. Para as mencionadas regiões, o cálculo da taxa de emissão é relativamente simples, uma vez que as instalações são fechadas. No entanto, para as condições da produção brasileira, esta determinação é muito mais complexa, uma vez que basicamente a totalidade dos galpões de produção animal no país não é mantida fechada o tempo todo, devido às condições climáticas do Brasil, as quais permitem a utilização de ventilação natural o que possibilita grande economia de energia.

Mesmo que existam relações matemáticas, bem como metodologias sugeridas para cálculos em instalações abertas, os resultados obtidos constituem mais estimativas do que valores reais, não sendo confiáveis em sua plenitude, do ponto de vista prático, pois há sempre muitas variáveis envolvidas nas mensurações realizadas em sistemas termodinâmicos abertos.

Sendo assim, também para as instalações brasileiras usadas na produção de aves de postura, tanto no caso de alojamentos tradicionais (nos quais as dejeções permanecem sob as gaiolas até o final do ciclo produtivo ou até o ponto de atingirem alturas próximas ao nível das gaiolas) quanto nos alojamentos mecanizados (nos quais a retirada dos dejetos, se dá com a utilização de correias transportadoras e em intervalos de tempo muito curtos), ambos constituem sistemas predominantemente abertos, não sendo caracterizados, assim, como ambientes totalmente controlados ou fechados (Tinôco, 2001). No caso de maior controle no Brasil, os aviários de postura apresentam fechamento apenas nas extremidades, sendo que nas

laterais são instaladas cortinas, as quais podem permanecer abertas ou fechadas, de acordo com variáveis térmicas ambientais (denominados sistemas híbridos).

Assim, a incerteza das medições da taxa de ventilação em instalações avícolas abertas é, portanto, um ponto negativo do uso de modelos mecanísticos. Para determinação da NH_3 emitida, além da dificuldade na mensuração da taxa de ventilação do galpão, os processos de geração e emissão da amônia são bastante complexos, uma vez que existem interferências de variáveis meteorológicas e biológicas, como por exemplo, temperatura, teor de umidade do ambiente, idade do animal, composição da ração, dentre outras, o que provoca uma baixa acurácia na medição dos valores reais de volatilização da amônia.

Outro aspecto muito importante a considerar é que, apesar de que já se tenha, em literatura, as recomendações sobre os níveis máximos tolerados de amônia presentes no ar ambiente para as espécies animal e humana, não se tem ainda, para nenhuma região do mundo, um indicativo relacionado ao potencial máximo de emissão desse, pelos diferentes ambientes. Desta forma, fica impossibilitado o estabelecimento de padrões ou índices considerados aceitáveis ou não para cada caso específico.

Zapata (2011) relata em seus estudos que a taxa de volatilização da amônia no esterco gerado pelas aves está ligada ao teor de NH_3 dissolvido na solução que envolve as partículas do esterco. No entanto, a existência da amônia dissolvida depende diretamente de fatores tais como o pH, teor de água, temperatura e concentração de NH_4^+ (Li, 2006), o qual apresenta baixo grau de volatilização, mas é o principal reagente no processo de produção de NH_3 .

Vários pesquisadores (Carlile, 1984 e Ning, 2008) têm buscado quantificar as perdas de N ou emissões de NH_3 à partir dos dejetos de galinhas poedeiras. Estes estudos convergem para a utilização da teoria do balanço de massa como forma matemática de calcular o N perdido. A perda total de N por um sistema de criação de galinhas poedeiras pode ser definida como a quantidade de N que entra no sistema menos a quantidade de N que sai do sistema, conforme descrito na Equação 1.

$$N_{\text{perdido}} = N_{\text{ração}} - (N_{\text{dejeito}} + N_{\text{ovos}} + N_{\text{aves vivas}} + N_{\text{aves mortas}}) \quad \text{Equação 1}$$

Levando em consideração o teor total de N medido no dejeito, ovos e carcaças dos animais, em um sistema de criação de galinhas poedeiras, 40% do N total que entra no sistema na forma de ração é perdido para a atmosfera na forma de NH_3 proveniente dos dejetos (Patterson, 1996).

Dessa forma, é interessante o desenvolvimento de um índice de máximo potencial de emissão de NH_3 associado a uma unidade de produção (uma ave), que leve em consideração

as condições climáticas do local e de manejo dos animais, pois, assim, poder-se-ia prever a emissão máxima possível, até mesmo antes da construção de um complexo avícola ou de uma simples granja produtora de ovos, podendo, assim, serem realizadas alterações no projeto e no manejo dos animais, anteriormente a execução da obra, que busquem minimizar a formação e emissão de NH_3 , devido a esta atividade.

Simultaneamente, com base na predição do máximo potencial de emissão de NH_3 , poder-se-ia estabelecer escores que permitam a avaliação do nível poluidor de uma determinada empresa ou granja avícola, servindo como balizador de valores mais justos para dosimetria de multas, ou pelo contrário, de incentivos fiscais.

Os resultados apresentados neste capítulo tomaram como base estudos pré-existentes, necessitando de novas pesquisas para melhores ajustes dos índices determinados.

Com base no exposto, objetiva-se com este estudo levantar fatores e processos de interferência na perda de N pela geração e volatilização da NH_3 em aviários de postura, determinando como eles influenciam nesta perda para atmosfera, bem como buscar mecanismos para quantificar estas perdas.

2. Processos associados à produção e emissão de NH_3 pelos dejetos de aves de postura

O nitrogênio (N) é um elemento essencial à vida, fazendo parte de moléculas como proteínas, enzimas e ácidos nucleicos. Sua presença na atmosfera terrestre é expressiva, cerca de 78% de seu volume corresponde a nitrogênio livre (N_2) na sua forma gasosa; no entanto, esta molécula é incapaz de ser aproveitada pela imensa maioria dos seres vivos. Seu aproveitamento só é possível através da fixação biológica, onde é transformado em amônia (NH_3) ou amônio (NH_4^+), por algumas espécies de bactérias como as cianobactérias (SALEMI, 2009). Este processo de conversão do gás N_2 é chamado de fixação biológica de nitrogênio (TORTORA, 2002), entretanto a forma sob a qual quase todo o nitrogênio se move do solo para o interior das raízes é o nitrato (NO_3^-).

Existem espécies de bactérias comumente encontradas nos solos que são capazes de oxidar a NH_3 ou o NH_4^+ , sendo este processo conhecido como nitrificação. As bactérias nitrificantes oxidam o amoníaco gerando nitrito (NO_2^-) (processo representado pela Reação 1 descrita abaixo), substância esta, tóxica para as plantas, mas que raramente se acumula no solo. Outro gênero de bactéria oxida o (NO_2^-), formando NO_3^- (Reação 2) (GALLO, 2012), o qual é absorvido pelas plantas.



Os dejetos de animais contêm grande quantidade de N, podendo estes ser aproveitados para fertilização de solos. No entanto a forma do nitrogênio excretada pelos animais pode ser o ácido úrico, ureia e amônia, sendo que as aves excretam ácido úrico, o qual é degradado liberando NH_4^+ convertido rapidamente a NH_3 gasoso, elemento altamente volátil, causando assim a perda de N para a atmosfera. O NH_3 é um gás tóxico, portanto a sua presença no ambiente de produção é prejudicial à saúde do ser humano e animais. Como um dos aspectos negativos causados pelo contato dos animais com altas concentrações do NH_3 no ambiente, tem-se que a produção de ovos e o peso corporal das galinhas poedeiras são diminuídos devido à estas elevadas concentrações de amônia no ar, principalmente aquelas acima de 200 ppm (Deaton et al., 1982).

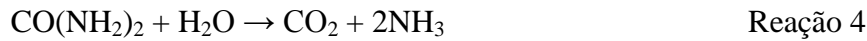
Segundo estudo publicado pela National Research Council (NRC, 2003), os principais poluentes associados a operações de alimentação e manejo das dejeções de animais são; gás amônia (NH_3), óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), metano (CH_4), sulfeto de hidrogênio (H_2S), compostos orgânicos voláteis (COVs) e materiais particulados. Yang (2000) expõe, em seu trabalho, que o principal poluente associado aos dejetos de galinhas poedeiras é a NH_3 , devido ao alto nível de N eliminado junto às fezes, fato este relacionado à dieta rica em proteína ofertada aos animais para que eles possam manter um melhor desempenho produtivo.

Após serem ingeridos pelos animais, através das rações, os aminoácidos (ou proteínas, quando digeridos) são absorvidos pelo sistema digestivo e encaminhados para as células onde podem ser utilizados para síntese de outros aminoácidos e, subsequentemente, de proteínas que serão utilizadas pelo organismo das aves na construção e produção de diversos tecidos, em especial o muscular e ainda, os ovos. Outro caminho que o aminoácido pode seguir é a sua degradação catabólica para a liberação de energia a ser utilizada na síntese de biomoléculas (Mendes, 2012).

Os aminoácidos são metabolizados no fígado, onde ocorre a produção de NH_3 a qual é empregada em uma grande variedade de processos biossintéticos, sendo o excesso convertido em ácido úrico ($\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_3\text{N}_4$) e excretado pelas aves. O NH_3 em excesso que pode ser gerado em outros tecidos também retorna para o fígado para a sua conversão em ácido úrico e posterior descarte (Nelson et al. 2008).

O N convertido em ácido úrico e excretado pelas galinhas poedeiras será mineralizado por bactérias liberando NH_4^+ no ambiente que, por sua vez, na presença de umidade, oxigênio

e outros grupos de bactérias, dá origem a NH_3 (substância altamente volátil), sendo liberada no ar (Gay et al., 2009). Os processos de degradação bioquímica do ácido úrico, ureia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) e proteínas não-digeridas, são complexos, mas podem ser simplificados como segue (Groot Koerkamp et al., 1998):



Os três processos citados acima são afetados pela ação microbiana, resultando na produção de NH_3 e CO_2 . Groot Koerkamp (2008) relata que a enzima uricase é comumente encontrada em microrganismos e é específica para a reação com ácido úrico, o qual fica contido fartamente nas deposições dos aviários de postura. No caso específico do esterco de galinhas poedeiras, o melhor processo químico que descreve a geração de NH_3 está representado na Reação 3, onde os íons NH_4^+ são particionados entre as fases adsorvida e dissolvida (Figura 1). O N dissolvido na camada líquida da superfície de uma partícula de esterco pode existir na forma de NH_4^+ e NH_3 livre, relação expressa pela constante de dissociação (K_d). A constante de Henry, K_h , descreve o equilíbrio entre a NH_3 livre nas fases aquosa e gasosa (Liu et al., 2006). A NH_3 é transmitida da superfície da partícula de esterco para o ar do ambiente circundante através da transferência de massa por convecção.

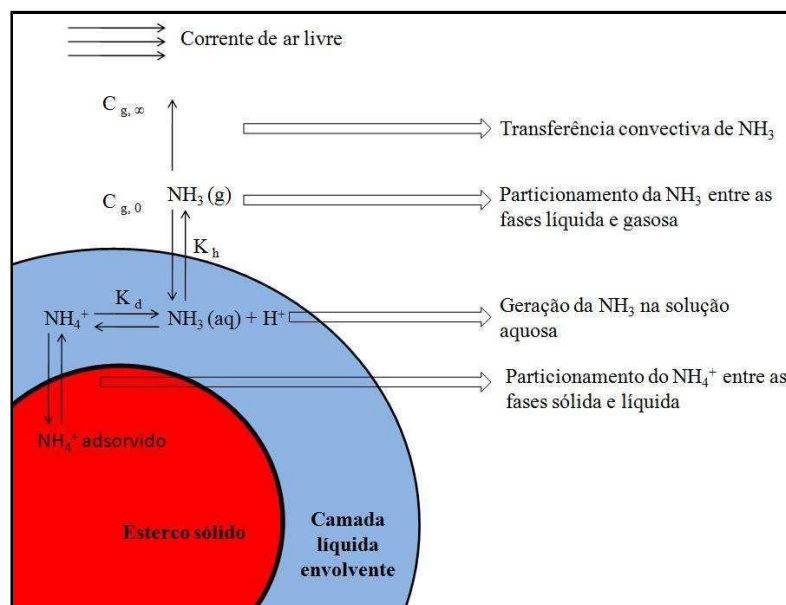


Figura 1: Ilustração dos processos relacionados com a emissão de NH_3 do esterco sólido
 Fonte: Adaptado de Liu et al., 2006.

Volatilização é o nome do processo físico onde ocorre passagem de uma substância da sua fase líquida para a fase gasosa. A taxa de emissão de NH_3 é o produto de sua concentração e da taxa de troca de ar da instalação, estando diretamente relacionada com o teor de NH_3 dissolvido na solução aquosa que envolve as partículas dos dejetos das poedeiras (Mendes, 2012). Segundo Li (2006), a volatilização de NH_3 à partir do esterco de galinhas poedeiras é afetada pelo conteúdo de N das fezes, teor de umidade das fezes e do ar, tempo de acúmulo dos dejetos, pela relação entre o volume e superfície de contato com o ar atmosférico (característica de empilhamento dos dejetos), pelo pH, temperatura ambiente e disponibilidade de oxigênio, variáveis estas que contribuirão para maior atividade microbiana e, conseqüentemente, maior possibilidade de liberação de NH_3 . Vogels e Drift (1976) apresentaram, em seu trabalho, o fluxograma de geração de NH_3 pela Reação 3, sendo que estas etapas podem ser observadas na Figura 2.

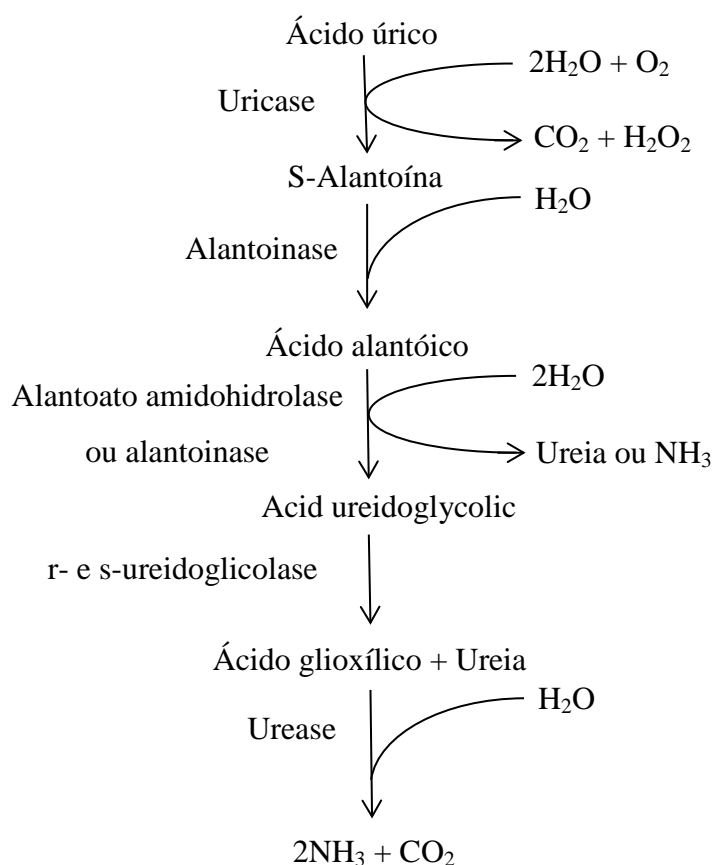


Figura 2: Decomposição aeróbica do ácido úrico (Simplificada).
 Adaptada de Groot Koerkamp, 1994.

3. Levantamento de fatores e mecanismos de interferência na perda de N dos dejetos pela geração e volatilização de NH₃ em aviários de postura

A decomposição da ureia, produto intermediário da degradação do ácido úrico, depende da enzima uréase que é excretada por microrganismos comumente presentes no dejetos. Esta última etapa do processo de degradação do ácido úrico depende de atividades microbiana influenciadas pelo pH, temperatura e presença de umidade e oxigênio. Após a ação da uréase, ocorre formação de NH₄⁺_(l), sendo que este elemento passa por duas reações até formar o gás NH₃ dissolvido no ar, as reações se matem em certo equilíbrio, fato o qual pode ser observado na Reação 6 e Reação 7. O NH_{3(g)} gerado tende a se misturar no ar por difusão, deslocando o equilíbrio das reações no sentido do consumo de NH₄⁺ e formação de NH₃, além do processo difusivo, a convecção do ar acelera a formação de NH_{3(g)}.



Para analisar os efeitos dos diversos fatores em estudo, sobre a geração e emissão de NH₃, foram utilizados estudos preexistentes.

3.1. Influência do pH dos dejetos na taxa de formação de amônia

Gay (2009) relata que o efeito do pH sobre a quantidade de NH₄⁺ e NH₃ formado é de fundamental importância para se determinar a perda de N. O NH₃ é menos solúvel em água do que o NH₄⁺, portanto, NH₃ é rapidamente convertido à sua forma gasosa e emitido à partir dos dejetos. Um exemplo de como os diferentes valores de pH influenciam na conversão de NH₄⁺ em NH₃ pode ser observado na Figura 3, na qual está demonstrado como a relação entre NH₃/NH₄⁺ se comporta com a variação de valores do pH, sendo que, quanto maior o seu valor, maior a quantidade de NH₃ formado. Além deste efeito do pH sobre a conversão de NH₄⁺ em NH₃, este também influencia na atividade microbiana nos dejetos. Vogels e Drift (1976) relatam, em seus estudos, que o pH ótimo para a atividade das bactérias decompositoras do ácido úrico é em torno de 9 apresentando um gráfico, (Figura 4), semelhante ao confeccionado por Gay (2009), mostrando a degradação do ácido úrico em relação a variação do pH. Segundo o mesmo autor, a faixa de pH entre 9 e 10 potencializa a formação de NH₃ a partir dos dois processos supracitados.

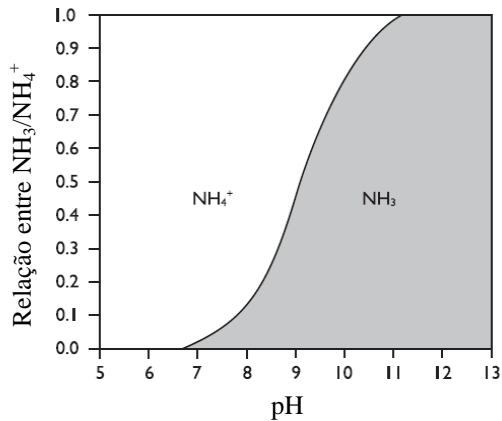


Figura 3: Relação $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ em função do pH
Fonte: Adaptado de Gay et al., 2009.

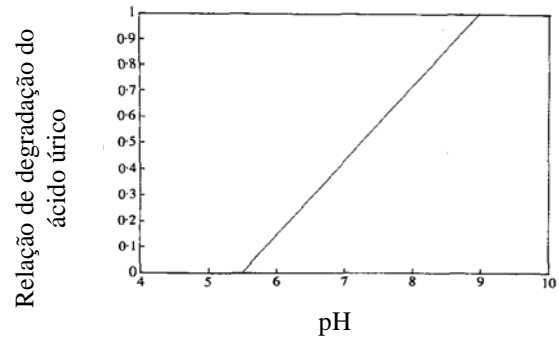


Figura 4: Efeito do pH sobre a degradação do ácido úrico.
Fonte: Adaptado de Groot Koerkamp (1994).

O pH que contribui para o máximo potencial de geração de amônia à partir de dejetos de galinhas poedeiras é 9 (Vogels e Drift, 1976), pois esta faixa além de proporcionar melhores condições para o desenvolvimento de bactérias decompositoras do ácido úrico, também contribui para maiores taxas de conversão de NH_4^+ em NH_3 . Na Figura 6 está representado a relação entre o pH e NH_3 comparada a quantidade total de NH_3 e NH_4^+ para duas temperaturas. Abaixo de um pH igual a 7, quase toda o N está vinculado como NH_4^+ e não está disponível para volatilização; já com valores entre 8 e 10, possibilita uma maior relação entre $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$. As temperaturas mais elevadas favorecem a formação e concentração de NH_3 , levando a maiores perdas de N para a atmosfera.

3.1.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH_3 com base no pH médio dos dejetos

Quando confrontadas as informações contidas Figura 3 com, as presentes na Figura 4, é observado que o pH dos dejetos influencia de duas formas diferentes a geração e emissão de NH_3 . Na Figura 3, é observado, a influência do pH sobre a taxa de conversão do NH_4^+ em NH_3 , ou seja, o pH influencia o equilíbrio da Reação 6, apresentada no item 2. Já quando é feita a análise da Figura 4, pode-se inferir que os valores de pH tem influência sobre as atividades microbianas de degradação do ácido úrico, o que altera a velocidade da taxa de formação do NH_4^+ disponível para a Reação 6.

A Tabela 2 foi confeccionada a partir das influências exercidas pelo pH dos dejetos das galinhas poedeiras, sobre a atividade bacteriana de degradação do ácido úrico, e sobre a conversão do NH_4^+ em NH_3 . Para isso, foram utilizadas as curvas presentes nos gráficos representados nas Figura 3 e Figura 4, a partir das quais se propõe o escore apresentado na Tabela 2. A quantificação destes diferentes escores foi resultado do nível de influência dos

valores de pH, na formação de NH_3 . Sendo que, quanto maior o escore total (escore atribuído à atividade bacteriana, maior o escore correspondente à conversão de NH_4^+ em NH_3), maior o potencial de geração de NH_3 devido ao pH do esterco das aves.

Tabela 2: Escore para a influência do pH dos dejetos sobre a geração de NH_3 .

pH	Escore para cada faixa de pH												
	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0
Atividade bacteriana	0,0	0,6	1,3	1,9	2,5	3,1	3,8	4,4	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Conversão NH_4^+ em NH_3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,7	1,3	2,5	3,3	4,0	4,5	5,0
Total	0,0	0,6	1,3	1,9	2,6	3,4	4,5	5,6	7,5	8,3	9,0	9,5	10,0

É possível inferir, após a análise das informações apresentadas na Tabela 2, que a faixa para o pH dos dejetos, a qual proporciona um maior potencial de geração e emissão de NH_3 para a atmosfera é quando ele apresenta valores maior que 10,5.

3.2. Influência da temperatura do ar na taxa de formação de amônia

HSU (1998) percebe em seus estudos que existe influência significativa da taxa de excreção de N pelas aves (excreção de N em percentagem de seu consumo) em relação à temperatura ambiente. A taxa de excreção é expressivamente mais elevada em altas temperaturas ambientais do que quando comparada aos seus valores apresentados em baixas temperaturas. É sugerido ainda que este fato provavelmente é devido ao N presente na ração ser melhor metabolizado pelas galinhas poedeiras quando a temperatura ambiente é mais baixa, possibilitando uma maior eliminação de proteínas não digeridas em altas temperaturas.

Segundo Vogels e Drift (1976), o aumento da temperatura ambiente possibilita valores mais elevados para as taxas de decomposição do ácido úrico, causando maiores potenciais de geração e emissão de NH_3 , com um forte aumento entre 20 e 30°C, o que pode ser observado na Figura 5.

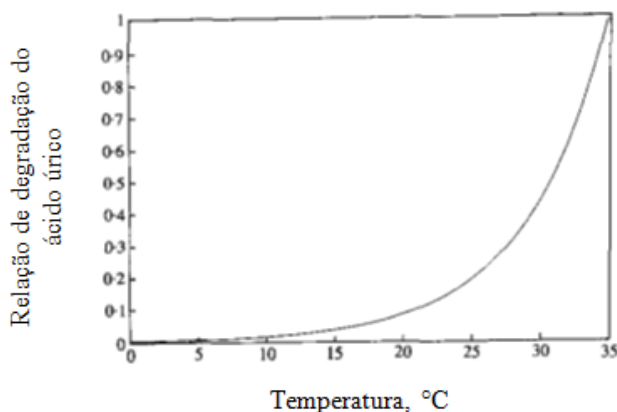


Figura 5: Efeito da temperatura sobre a degradação do ácido úrico
Fonte: Adaptado de Groot Koerkamp (1994).

É observado, ainda na Figura 5, que em temperaturas abaixo de 10°C a atividade microbiana de degradação do ácido úrico é praticamente inexistente, à partir de 15 °C, a inclinação da tangente à curva no gráfico (correspondente à taxa de degradação do ácido úrico), representado na Figura 5, começa a se intensificar, o que demonstra maiores valores para a taxa de degradação do ácido úrico, quando observada uma mesma variação de temperatura. Sendo a temperatura de 35°C como temperatura crítica superior, acima deste patamar a temperatura passa a não influenciar mais no processo de geração de NH₃.

Pratt (2002) realizou estudos para determinar a influência de diferentes temperaturas do ambiente na perda de nitrogênio à partir de dejetos de galinhas poedeiras. Em seu experimento, foram testadas as temperaturas de 12, 15, 20 e 25°C, sendo que a umidade relativa do ar foi mantida entre 70 e 75%, sendo sua média durante o período de armazenamento igual a 73% ($\pm 0,44\%$). O estudo foi conduzido em câmaras climáticas com dimensões de 2,98m x 3,72m x 2,01m e piso de concreto com isolamento térmico. As características iniciais dos dejetos foram de 303 g ($\pm 8,2\text{g}$) de matéria seca por kg de dejetos, 48 g ($\pm 2,6\text{g}$) de nitrogênio por kg de matéria seca e pH 7,8 ($\pm 0,17$). A partir dos dados produzidos desta experiência de quantificação do efeito da temperatura sobre a taxa de perda de N, concluiu-se que o aumento da temperatura aumentou a perda de nitrogênio total, sendo que temperaturas acima de 20°C provocaram perdas expressivamente maiores. Groot Koerkamp (1994) também observou um aumento da taxa de decomposição do ácido úrico em temperaturas acima de 20°C. Estes fatos podem ser atribuídos a maiores atividades microbianas no esterco quando a temperatura é maior que 20°C.

3.2.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH₃ com base na temperatura ambiente

A temperatura ambiente no interior dos galpões de criação de galinhas poedeiras é em média, até 3°C superior às temperaturas registradas dentro de abrigos meteorológicos, sendo assim, para a realização da avaliação do potencial de emissão de amônia devido à temperatura do ar, é necessário se ater ao local de medição da temperatura, se esta for aferida fora do galpão, em abrigos meteorológicos, é necessário somar 3°C ao seu valor, para chegar às condições térmicas condizentes com o interior do aviário.

A Tabela 3 foi confeccionada à partir das influências exercidas pela temperatura do ambiente, dentro das instalações de criação de galinhas poedeiras, sobre a atividade bacteriana de degradação do ácido úrico, a qual é o início do processo de formação de NH₃. Para isso utilizou-se o gráfico representado na Figura 5. O escore proposto na Tabela 3 é resultado

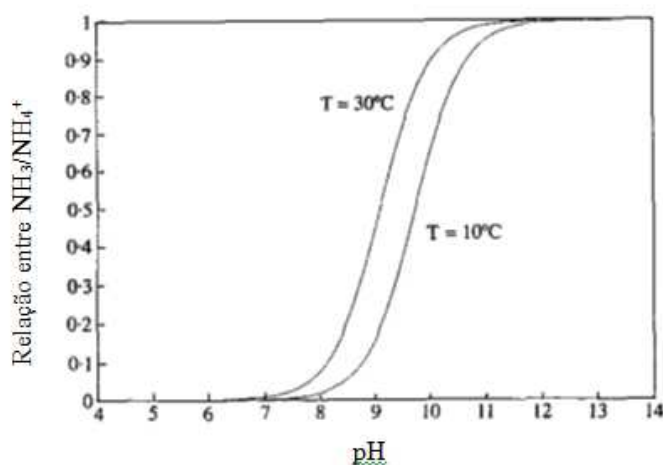
dessa influência, sendo que, quanto maior o valor para o escore maior o potencial de geração de NH_3 devido ao efeito da temperatura.

Tabela 3: Escore para a influência da temperatura ambiente sobre a geração de NH_3 .

		Escore para cada faixa de temperatura ambiente													
Temperatura ambiente (°C)	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	27,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	≥35,0	
Escore	0,0	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	2,5	3,3	4,6	5,0	6,1	7,0	8,4	10,0	

É possível concluir, após a análise das informações apresentadas na Tabela 3, que a faixa para a temperatura no interior do aviário, a qual proporciona um maior potencial de geração e emissão de NH_3 para a atmosfera é quando ela é igual ou superior a 35°C . Como mencionado anteriormente, a temperatura no interior das instalações de criação avícola é em média 3°C maior que a temperatura ambiente, sendo assim temperaturas do ar ambiente igual ou superior a 32°C um máximo potencial de geração e emissão de NH_3 .

Quando é feita a análise da Figura 6, o que se observa é a influência exercida pela relação conjunta do pH e a temperatura do ambiente sobre a geração de NH_3 . São apresentadas duas curvas para valores distintos de temperatura (10°C e 30°C). Percebe-se, que a curva com temperatura correspondente a 30°C , está discretamente deslocada para a esquerda, quando comparada à curva de temperatura igual 10°C , a qual apresenta maiores valores de pH. Este deslocamento demonstra que, com valores de pH ligeiramente menores, é possível se obter concentrações maiores de NH_3 em relação a concentração de NH_4^+ , nos dejetos das galinhas poedeiras, o que aumenta o potencial de emissão de NH_3 para a atmosfera.



**Figura 6: Efeito da temperatura e pH dos dejetos sobre a relação $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$.
Fonte: Groot Koerkamp (1994).**

3.3. Influência do teor de umidade dos dejetos na taxa de formação de amônia

O efeito da variação do teor de umidade dos dejetos das galinhas poedeiras sobre a degradação do ácido úrico pode ser observado no gráfico presente na Figura 7 apresentada por Groot Koerkamp (1994). Além desta figura, através da Figura 8 o mesmo autor, demonstra a dependência da taxa de liberação de NH_3 da umidade dos dejetos. Assim, apesar da falta de informações numéricas sobre a taxa de emissão, pode-se inferir, com base na Figura 8, que o crescimento microbiano nos dejetos das galinhas poedeiras, é ideal para valores entre 40 e 60% de umidade (base úmida). Com valores acima ou abaixo dessa faixa, diminui a geração e emissão de NH_3 pelos dejetos. A atividade microbiana de degradação do ácido úrico tende a cessar em baixos teores de umidade dos dejetos, sendo este fenômeno observado em valores inferiores a 30%.

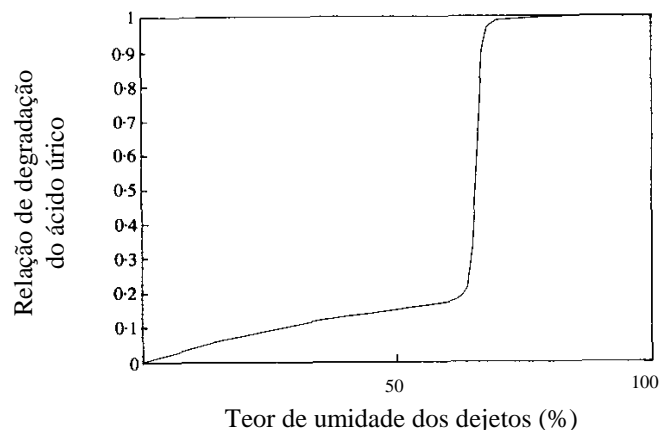


Figura 5: Efeito do teor de umidade dos dejetos de galinhas poedeiras sobre a degradação do ácido úrico
Fonte: Adaptado de Groot Koerkamp (1994).

Quando observado a Figura 7 percebe-se que a taxa de degradação do ácido úrico por atividades bacterianas esta em uma crescente, praticamente linear, na faixa de umidade que vai de 0% a 60%, valor este ultimo, o qual proporciona um salto de praticamente 80% do desempenho máximo das bactérias decompositoras no ácido úrico. Quando a umidade dos dejetos de galinhas poedeiras está em torno de 60%, são encontradas condições ideais para as atividades bacterianas de mineralização do ácido úrico excretado pelas aves. A faixa de umidade em torno de 60% é considerada a que apresenta o maior potencial de geração e emissão de NH_3 . A partir da análise do gráfico representado na Figura 8, infere-se que o limite inferior de umidade dos dejetos para que as bactérias decompositoras do ácido úrico sobrevivam é corresponde a 5% de água presente sobre a massa total de dejetos. Já na faixa acima de 70% de umidade, ocorre um decaimento das atividades de degradação do ácido úrico pelas bactérias, pois as condições dos dejetos começam a se tornar anaeróbias.

É possível inferir ainda, através da análise da Figura 8, que quando a umidade dos dejetos das galinhas poedeiras está na faixa entre 40% e 60%, o esterco das aves se encontra em condições ideais para a conversão do NH_4^+ em NH_3 , sendo esta, a faixa que, apresenta maior potencial de geração e emissão de NH_3 . Quando a umidade relativa dos dejetos encontra-se na faixa acima de 60%, começa a ocorrer um decaimento da conversão do NH_4^+ em NH_3 .

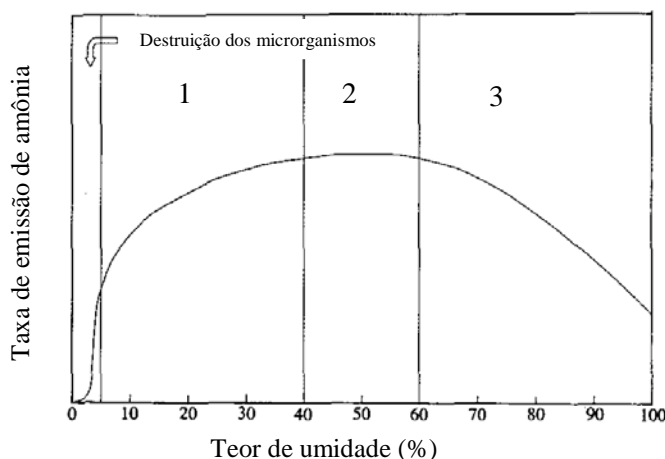


Figura 6: Efeito do teor de umidade dos dejetos sobre a emissão de amônia.
Fonte: Adaptado de Groot Koerkamp (1994).

Onde:

1 – Faixa em que o teor de umidade dos dejetos é um fator limitante para o crescimento de microrganismos decompositores.

2 – Faixa em que o teor de umidade dos dejetos apresenta condições ideais para o crescimento de microrganismos decompositores.

3 – Faixa em que o teor de umidade dos dejetos apresentam condições anaeróbias para decomposição bacteriana.

A taxa de perda de umidade dos dejetos aumenta linearmente com a elevação da temperatura ambiente, segundo Pratt (2002). Com o aumento da temperatura do ambiente onde os dejetos estão armazenados, tende a se obter menores valores para o pH final dos dejetos. Este fato pode ser explicado, pois a NH_3 é uma substância alcalina, de modo que o pH inferior a temperaturas elevadas indica a ocorrência de maiores taxas de volatilização e perda de NH_3 dos dejetos (Vlek e Stumpe, 1978).

3.3.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH₃ com base no teor de umidade dos dejetos

O teor de umidade dos dejetos das galinhas poedeiras afeta duas etapas do processo de formação e emissão de NH₃, a primeira, é a atividade bacteriana, e, a segunda, a conversão de NH₄⁺ em NH₃. Para ambas foi proposto um escore sobre a influência destas etapas no potencial de geração e emissão de NH₃ para o meio ambiente, para cada faixa de umidade do esterco, sendo estes apresentados na Tabela 4. O escore total pode ser encontrado somando o escore individual de cada etapa, podendo ser observado assim como o teor de umidade afeta o potencial máximo de geração e emissão de NH₃, pelos dejetos de galinhas poedeiras para a atmosfera.

Tabela 4: Escore para a influência do teor de umidade dos dejetos das galinhas poedeiras sobre a geração de NH₃.

Teor de umidade (%)	Escore para cada faixa de umidade dos dejetos das galinhas poedeiras										
	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
Atividade bacteriana	0,0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	5,0	5,0	5,0	5,0
Conversão NH ₄ ⁺ em NH ₃	0,0	3,4	4,0	4,6	4,9	5,0	5,0	5,0	3,8	2,9	1,8
Total	0,0	3,7	4,3	5,1	5,5	5,8	5,8	10,0	8,8	7,9	6,8

É possível inferir, após a análise das informações apresentadas na Tabela 4, que a faixa para o teor de umidade dos dejetos, a qual proporciona um maior potencial de geração e emissão de NH₃ para a atmosfera é entre 70 e 80%.

3.4. Influência do teor de umidade relativa do ar na taxa de formação de amônia

O teor de umidade relativa do ar ambiente afeta o teor de umidade dos dejetos, facilitando ou dificultando a perda de água pelo esterco das aves. Assim, quanto maior o teor de umidade do ar, mais difícil é, para a massa de água presente nos dejetos, se evaporar, mantendo assim uma concentração de água mais elevada, o que favorece a atividade microbiana e possibilita maior geração e emissão de NH₃. Este fato, contudo ocorre até limites de 70% de umidade dos dejetos. Para valores superiores ocorre redução da taxa de emissão de NH₃.

3.4.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH₃ com base no teor de umidade relativo do ar

O escore proposto para a influência do teor de umidade relativo do ar sobre a geração e emissão de NH₃ esta descrito na Tabela 5.

Tabela 5: Escore para a influência do teor de umidade relativo do ar sobre a geração de NH₃.

	Teor de umidade relativo do ar (%)		
	≤ 50	60	≥ 70
Escore	1	5	10

É possível inferir, após a análise das informações apresentadas na Tabela 5, que a faixa para o teor de umidade relativa do ar, a qual proporciona um maior potencial de geração e emissão de NH₃ para a atmosfera é quando ela está maior ou igual a 70%, pois esta faixa dificulta a perda de umidade dos dejetos, mantendo assim a umidade do esterco estável.

3.5. Influência do conteúdo de N na ração na taxa de formação de amônia.

Em sistemas de criação de galinhas poedeiras, são ofertadas rações com elevadas quantidades de N na forma de aminoácidos para as aves, com o intuito de melhorar o seu desempenho produtivo (Yang et al. 2000). HSU (1998) relata que quando oferecido, as rações com teores de proteínas mais elevados, ocorre aumento significativo na concentração de ácido úrico no plasma sanguíneo dos animais e concomitantemente a eliminação do excesso pelas excretas. Hartung (1990) encontrou dados onde é possível afirmar que 37% de todo o N perdido por sistemas de confinamento de animais é transportado para a atmosfera na forma de NH₃.

No Brasil, para a formulação de rações para a avicultura de postura, é utilizado como base as Tabelas brasileiras para aves e suínos (ROSTANGNO, 2011), o qual, recomenda que a ração ofertada às galinhas de postura durante o ciclo produtivo, apresente um teor de proteína bruta igual a 16,5%. Após serem metabolizadas, derivados destas proteínas, serão os promotores para a formação do ácido úrico, o qual, após excretado, dará origem a moléculas de NH₃. Devido à este fenômeno, diversos pesquisadores concentram esforços em maneiras de reduzir a proteína bruta das rações substituindo por aminoácidos, sem que os animais tenham perdas nutricionais.

Rostagno (2011) apresenta ainda em seu trabalho, a Equação 2, utilizada para estimar a exigência de Energia Metabolizável (EM) de galinhas poedeiras leves e semipesadas em kcal/ave/dia, a partir da qual é possível fazer uma aproximação do consumo diário de ração pelas aves. Rostagno (2011) apresenta ainda um exemplo de utilização da Equação 2, o qual está apresentado a seguir.

$$EM_{(Kcal/ave/dia)} = 115,5 P^{0,75} + 7,62 G + 2,4 Ovo + 3 P^{0,75}(21 - T) \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

P = Peso corporal em kg;

G = Ganho de peso g /ave/ dia

Ovo = g de ovo/ ave/ dia = $\frac{\% \text{ de postura} \times \text{Peso do ovo}}{100}$

T = Temperatura média em, °C.

Exemplo:

P = 1,601 kg, sendo: $P^{0,75} = 1,423$

G = 0,3 g/ ave/ dia Ovo = 55,5 g/ave/ dia

T = 20°C

A partir desses dados a exigência da Energia Metabolizável (EM) pode ser calculada da seguinte forma:

$$EM = 115,50 \times 1,423 + 7,62 \times 0,3 + 2,4 \times 55,5 + 3 \times 1,423 (21 - 20)$$

$$EM = 164,36 + 2,286 + 133,2 + 4,269 = 304 \text{ kcal/ ave/ dia}$$

Para este exemplo, a ração, ofertada às galinhas poedeiras, apresenta um EM igual a 2900 kcal/ kg, isso gera um consumo estimado de ração igual a 105g para cada ave por dia. A partir desse resultado é possível estimar a produção e perda de NH₃ para a atmosfera gerada pelo esterco das galinhas poedeiras. Em 104,9g de ração, com 16,5% de proteína bruta, existe uma massa de proteína bruta igual a 17,31g. Segundo Galvani (2006), para se chegar ao valor de nitrogênio total (N_T), a partir da massa de proteína bruta, basta dividir esta massa por 6,25. Sendo assim quando a ave ingerir 105 gramas de ração, ela esta ingerindo 2,77g de N_T. Hartung (1990) afirma que 37% do N_T ingerido é perdido para a atmosfera como NH₃, sendo assim, 1,02g de N é volatilizado para a atmosfera por ave por dia.

3.5.1. Quantificação/previsão do escore para máximo potencial de emissão de NH₃ com base no percentual de proteína bruta na ração das aves

O escore proposto para a influência do teor de proteína bruta presente na ração ofertada às galinhas poedeiras sobre a geração e emissão de NH₃, está descrito na Tabela 6.

Tabela 6: Escore para a influência do teor de proteína bruta presente na ração sobre a geração de NH₃.

	Teor de proteína bruta na ração ofertada as galinhas poedeiras (%)		
	≤ 16,5	16,5	≥ 16,5
Escore	5	8	10

O teor de proteína bruta presente na ração, recomendado por Rostagno (2011), é de 16,5%. Abaixo desse valor, podem não ser atendidas as exigências nutricionais das galinhas

poedeiras, e, acima deste valor, o animal passa a usar a proteína presente na ração como fonte de energia, o que é inviável economicamente, pois a proteína possui um valor maior quando comparado com outros componentes da ração destinados a este fim.

3.6. Influência da idade das aves na taxa de formação de amônia

Mendes (2012) relatou que a idade das aves (de 1 a 36 semanas de idade) teve um impacto significativo sobre o aumento da quantidade de NH₃ emitida por ave. Este resultado era esperado, uma vez que o consumo de ração, naturalmente cresce com o aumento da massa corporal dos animais, gerando maior produção de dejetos, principal fonte de emissões de NH₃. Espera-se que durante a fase de produção de ovos, a qual ocorre após o final do ciclo de crescimento das aves, a emissão por ave devido à quantidade de ração ingerida se estabilize, pois o consumo de ração torna-se constante.

3.6.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH₃ com base na idade das aves

O escore proposto para a influência da idade das aves sobre a geração e emissão de NH₃ está descrito na Tabela 7.

Tabela 7: Escore para a influência da idade das aves sobre a geração de NH₃.

Idade da ave (Semanas)	Fase de criação			
	Fase Inicial	Fase início da postura	Pico de postura	Fase final da postura
	1 a 14	15 a 25	26 a 45	46 a 72
Escore	1	8	10	8

É possível observar, através das informações contidas na Tabela 7 que a faixa de idade da ave que contribui para a máxima geração e emissão de NH₃ para a atmosfera é quando ela esta entre 26 e 45 semanas de idade, o que corresponde ao pico de postura, este fato ocorre pois é quando a ave consome uma maior quantidade de ração.

3.7. Influência da densidade de alojamento das aves na taxa de formação de amônia

Foi relatado por Mendes (2012), que a diferença percentual dos valores globais quanto à emissão de NH₃ entre sistemas de baixa densidade (BD) e alta densidade (AD) de alojamento, diminuem com o aumento da idade das aves. Por exemplo, foi observado que a diferença percentual de NH₃ emitida (em mg por ave por dia), entre BD (413 cm² ave⁻¹) e AD (310 cm² ave⁻¹) foi de 48 % para aves de quatro a cinco semanas de idade (BD = 413 cm² ave⁻¹ e AD = 310 cm² ave⁻¹) e de 22 % para as galinhas de 23 a 36 semanas de idade (BD = 620

$\text{cm}^2 \text{ ave}^{-1}$ e $\text{AD} = 413 \text{ cm}^2 \text{ ave}^{-1}$), esperasse que esta diferença estabilize no período produtivo da ave.

Quando se avalia o efeito da densidade de alojamento sobre a produção de NH_3 , com base no estudo de Mendes (2012) infere-se que os dejetos oriundos do sistema de criação em alta densidade de alojamento apresentam um potencial maior de geração e emissão de NH_3 quando comparado com os dejetos provenientes de sistemas de criação em baixa densidade. Estes resultados podem ser relacionados com uma maior quantidade de calor, por área ocupada, calor este gerado por um maior número de animais por espaço. A criação em alta densidade, portanto provoca maior elevação da temperatura ao nível as aves o que pode levar a maiores quantidades de água ingerida pelas galinhas poedeiras devido ao estresse calórico, acarretando, assim, aumento no teor de umidade das fezes, o que favorece a atividade microbiana de decomposição do ácido úrico.

3.8. Influência do tempo de acúmulo dos dejetos na taxa de formação de amônia

Experimentos em laboratório realizados por Ning (2008), mostraram que a quantidade de NH_3 emitida pelos dejetos de galinhas poedeiras depende do tempo de acúmulo de esterco. Liang et al. (2005), medindo NH_3 emitido a partir de esteiras transportadoras de dejetos em galpões onde o tempo de permanência dos mesmos sobre as esteiras foi de um dia, percebeu que o total de NH_3 emitido foi, em média, de 54mg por galinha por dia; já para aviários onde os dejetos permaneceram sobre as esteiras por um período de três a quatro dias, a emissão foi, em média, de 94mg por poedeira por dia. Mendes (2012) relata, em seus estudos, que os valores de NH_3 emitidos pelo esterco de poedeiras após quatro dias de armazenamento foram entre 64 e 98mg por galinha por dia, sendo que, quando avaliado o período de estocagem de um a três dias observou-se emissões menores do que o descrito por Liang et al. (2005). Estas discrepâncias provavelmente surgiram do fato de que, no estudo de Mendes (2012), os recipientes coletores dos dejetos foram totalmente limpos após cada coleta, enquanto que as esteiras transportadoras estudadas por Liang et al. (2005), não eram higienizadas plenamente após o carreamento dos dejetos, o que contribuiu para que os níveis de emissões de NH_3 fossem superiores. Outros fatores possíveis são aqueles relacionados à concentração de N na dieta, temperatura ambiente e umidade do ar e dejetos, etc.

FLEISCHER (1992) percebeu em seus estudos que ocorre menor perda de NH_3 quando os dejetos são retirados para fora das instalações por esteiras automatizadas, ou com um intervalo de remoção dos dejetos de 5 a 7 dias. KROODSMA et al. (1988) confirmou que a quantidade de amônia emitida pelo esterco depositado abaixo das gaiolas até serem

removidos é maior do que a quantidade emitida se ele for removido frequentemente por um sistema de esteiras automatizadas.

Quanto ao tempo de deposição dos dejetos, foi observado que as taxas de emissão de NH_3 aumentam juntamente com o tempo de acúmulo. O sistema de criação em alta densidade, com gaiolas sobrepostas e esteira transportadora de dejetos, colabora para menores emissões de NH_3 , uma vez que os dejetos não costumam ficar mais de três dias sem serem retirados dos galpões, pois maiores acúmulos prejudicam o funcionamento dos motores elétricos responsáveis pelo acionamento das esteiras.

3.8.1. Quantificação/predição do escore para máximo potencial de emissão de NH_3 com base no tempo de acúmulo dos dejetos

A Tabela 8 foi confeccionada com os índices de composição do escore de máximo potencial de emissão de NH_3 , atribuídos para o tempo de armazenamento dos dejetos, tanto para o sistema convencional quanto para o sistema composto por esteiras automatizadas.

Tabela 8: Escore para a influência do tempo de armazenamento dos dejetos das galinhas poedeiras sobre a geração de NH_3 .

Sistema	Tempo de armazenamento dos dejetos		
	Esteiras automatizadas		Sistema convencional (Dejetos acumulados sob as gaiolas)
Tempo	1 dia	5 dias	72 semanas
Escore	1	2	10

No sistema de retirada de dejetos por meio de esteiras automatizadas, as dejeções não permanecem por um longo período de tempo no aviário, o que leva a menor geração de NH_3 a partir do esterco das galinhas poedeiras. Sendo assim, foram atribuídos valores inferiores para o escore desse sistema. Já para o sistema convencional, onde os dejetos permanecem sob as gaiolas por até 72 semanas (usual), o potencial de geração e emissão de NH_3 , é extremamente elevado, sendo assim foi atribuído o valor máximo para este escore.

4. Proposição de um sistema de quantificação, em tempo real, de um potencial de emissão máxima de amônia, em condições de campo

As características representadas a seguir, remetem a variáveis climatológicas, temporais e químicas instantâneas. Sendo assim é possível, à partir dos estudos realizados e apresentados, confeccionar a Tabela 9, onde estão representados os valores dos escores de máxima geração e emissão de NH_3 , para variáveis externas ao sistema de criação de galinhas poedeiras. Para a composição do escore total de máximo potencial de emissão de NH_3 , é feito

o somatório de cada escore independente, chegando a valores que variam de 0 a 40. Sendo 0, o valor crítico inferior e menos preocupante quanto a emissão de NH₃, já o limite superior (40), corresponde a situações extremamente preocupantes quanto a emissão de NH₃.

Tabela 9: Sistema para composição do índice de máximo potencial de geração e emissão de NH₃, instantâneo para granjas produtoras de ovos de galinhas.

Faixas de temperatura ambiente																	
Temperatura ambiente (°C)	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	27,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0			
Escore	0,0	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	2,5	3,3	4,6	5,0	6,1	7,0	8,4	10,0			
Faixas de umidade dos dejetos das galinhas poedeiras																	
Teor de umidade (%)	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0						
Escore	0,0	3,7	4,3	5,1	5,5	5,8	5,8	10,0	8,8	7,9	6,8						
Faixas para o teor de umidade relativa do ar																	
Teor de umidade relativo do ar (%)			≤ 50					60					≥ 70				
Escore			1					5					10				
Faixas de pH do dejetos																	
pH	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0				
Escore	0,0	0,6	1,3	1,9	2,6	3,4	4,5	5,6	7,5	8,3	9,0	9,5	10,0				
Tempo de acúmulo dos dejetos																	
Sistema		Esteiras automatizadas					Sistema convencional (Dejetos acumulados sob as gaiolas)										
Tempo		1 dia					5 dias					72 semanas					
Escore		1					2					10					
Fase da criação (Idade das galinhas poedeiras)																	
Idade da ave (Semanas)		Fase Inicial			Fase início da postura				Pico de postura				Fase final da postura				
		1 a 14			15 a 25				26 a 45				46 a 72				
Escore		1			8				10				8				
Teor de proteína bruta na ração ofertada as galinhas poedeiras (%)																	
		≤ 16,5					16,5					≥ 16,5					
Escore		5					8					10					

Após o enquadramento das características analisadas na Tabela 9, é definido um escore total de máximo potencial instantâneo de emissão de NH₃. Este escore está compreendido na faixa que varia de 0 a 70. A partir deste valor é possível inferir sobre a magnitude da possível emissão de NH₃ proveniente da granja de produção de ovos em análise. A Tabela 10 foi construída de forma a salientar a situação encontrada em condições de campo durante a avaliação do processo produtivo e os níveis de preocupações em relação à emissão de NH₃.

Tabela 10: Faixas de avaliações para o escore de máximo potencial de geração e emissão de NH₃ para a atmosfera.

	Escore		
Faixas de variação do escore	0 - 20	21 - 40	41 - 70

A situação desejável quanto ao potencial de NH_3 , descrita na Tabela 10 apresenta um escore que varia de 0 a 20, sendo este cenário o de menor potencial de geração e emissão de NH_3 para a atmosfera, não demandando maiores preocupações ou alteração do processo produtivo adotado pela granja produtora de ovos de galinha. Já a faixa de escore que varia de 21 a 40 apresenta uma situação de alerta, demonstrando preocupações quanto ao potencial máximo e instantâneo de geração e emissão de NH_3 . Esta faixa requer acompanhamento das variáveis que influenciam diretamente a geração e emissão de NH_3 . A situação mais preocupante é quando o escore se encontra na faixa que vai de 41 a 70, pois este fato demonstra valores elevados para o potencial de máxima geração e emissão de NH_3 , o que sugere a adoção de medidas para redução desse escore evitando a perda de N para a atmosfera, o que além de provocar o empobrecimento do esterco, que pode ser usado como adubo para o solo, pode causar sérios problemas ambientais.

4.1. Conclusão

Com base nos estudos relativos aos fatores que influenciam a quantidade de NH_3 gerada à partir de dejetos de galinhas poedeiras, pode-se concluir que a máxima emissão e geração de NH_3 dependem de certas características do dejetos e do ambiente, a saber:

1. O pH dos dejetos deve estar em torno de 9 ou superior;
2. A faixa de temperatura do ar ambiente igual ou superior a 32 °C, que favorece a atividade bacteriana;
3. O teor de umidade do esterco deve estar na faixa correspondente a 40 e 60% (base úmida);
4. A umidade do ar ambiente tem que estar mais elevada, em torno de 70% ou superior;
5. Quanto maior o tempo de acúmulo dos dejetos, maior a quantidade de N perdida para a atmosfera;
6. Concentrações de proteína total nas rações superiores a 16,5%;
7. Maiores densidades de alojamento das aves proporcionam maiores emissões por área, pois favorecem a concentração de maior quantidade de dejetos.

A situação mais crítica, a que apresenta; o pH dos dejetos com valores igual ou superiores a 9, temperatura ambiente igual ou superior a 32°C, teor de umidade dos dejetos e do ar ambiente em torno de 70%, e armazenamento dos dejetos até o final do ciclo produtivo (em torno de 72 semanas).

A dosimetria do potencial de emissão de amônia através de escores, mostra-se, uma medida útil e confiável no balizamento da qualidade do ar ambiente e, nas possíveis perdas de N na forma de NH₃ para a atmosfera.

5. Referências bibliográficas

BAEK, B. H.; ANEJA, V. P. Measurement and analysis of the relationship between ammonia, acid gases, and fine particles in Eastern North Carolina. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 54, n. 5, p. 623-633, 2004.

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

CARLILE, F. S. Ammonia in poultry houses: A literature review. **World's poultry science journal**, v. 40, n. 2, p. 99-113, 1984.

DEATON, J., REECE, F., LOTT, B. Effect of atmospheric ammonia on laying hen performance. **Poultry Science**, v. 61, n. 9, p. 1815-1817, 1982.

DEMMERS, T. et al. First experiences with methods to measure ammonia emissions from naturally ventilated cattle buildings in the UK. **Atmospheric environment**, v. 32, n. 3, p. 285-293, 1998.

FLEISCHER, E. Better nitrogen recycling. **Neue-Landwirtschaft**, n.11, p.72-73, 1992.

GAY, S. W.; KNOWLTON, K. F. Ammonia emissions and animal agriculture. **Virginia Cooperative Extension**, p. 442-110, 2005.

GALLO L. A., BASSO L. C., **Metabolismo do nitrogênio: Ciclo do nitrogênio**. Universidade de São Paulo (USP), Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Departamento de Ciências Biológicas. 2012. Disponível em: <http://docentes.esalq.usp.br/luagallos/nitrogenio.htm>. Acesso em 10 de dezembro de 2013.

GALVANI, F.; GAERTNER, E. Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta. **XI MET**, p. 34, 2006.

GROOT KOERKAMP, P.W. Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 59, n. 2, p. 73-87, 1994.

GROOT KOERKAMP, P. et al. Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, n. 1, p. 79-95, 1998.

HARTUNG, J. Influence of housing and livestock on ammonia release from buildings. **Odour and Ammonia Emissions from Livestock Farming**, p. 22-29, 1990.

HSU, J.-C.; LIN, C.-Y.; WEN-SHYG CHIOU, P. Effects of ambient temperature and methionine supplementation of a low protein diet on the performance of laying hens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 74, n. 4, p. 289-299, 1998.

KROODSMA, W.; SCHOLTENS, R.; HUIS-IN, T-VELD-J. Ammonia emission from poultry housing systems. Storing, handling and spreading of manure and municipal waste. In: SEMINAR OF THE 2nd AND 3rd TECHNICAL SECTION OF THE CIRG, **Proceedings** Uppsala: 1988. p. 1-7.

LI, H. **Ammonia emissions from manure belt laying hen houses and manure storage**. 2006. (Tese de Doutorado). Iowa State University.

Liu, Z.; Wang, L. Beasley, D. B. A review of Emission Models of Ammonia Released from Broiler Houses. **ASABE Technical Paper 06-4101**, St. Portland. 2006.

MENDES, L. B., Xin, H. and Li, H., **Ammonia emissions of pullets and laying hens as affected by stocking density and manure accumulation time**. Transactions of the ASABE. Vol. 55(3): pp. 1067-1075, 2012.

MENDES, L. B. 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.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US)(NRC). AD HOC COMMITTEE ON AIR EMISSIONS FROM ANIMAL FEEDING OPERATIONS. **Air emissions from animal feeding operations: current knowledge, future needs**. Natl Academy Pr, 2003. ISBN 0309087058.

NDEGWA, P. et al. A review of ammonia emission mitigation techniques for concentrated animal feeding operations. **Biosystems engineering**, v. 100, n. 4, p. 453-469, 2008.

NELSON, D. L.; LEHNINGER, A. L.; COX, M. M. **Lehninger principles of biochemistry**. Macmillan, 2008. ISBN 071677108X.

NING, X. **Feeding, defecation, and gaseous emission dynamics of W-36 laying hens**. 2008. (Dissertação de Mestrado). Iowa State University.

PATTERSON, P.; LORENZ, E. Manure nutrient production from commercial White Leghorn hens. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 5, n. 3, p. 260-268, 1996.

PERRY G. C. **Welfare of the laying hen**. World's Poultry Science Association. Meeting. (2003 : Bristol, England). Poultry science symposium. Series 27.

PILEWSKIE, P. Climate change: Aerosols heat up. **Nature**, v. 448, n. 7153, p. 541-542, 08/02/print 2007.

PRATT, E. V. R., S.P. KEELING, A.A. Effect of ambient temperature on losses of volatile nitrogen compounds from stored laying hen manure. **Bioresource Technology**, v. 84, n. 2, p. 203-205, 2002.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. Viçosa: 2011. 252

SALEMI L.F. **O ciclo do nitrogênio e a camada de ozônio**. 2009. Disponível em: <http://www.webartigos.com/articles/16477/1/o-ciclo-do-nitrogenio-e-a-camada-de-ozonio/pagina1.html>. Acesso em 18 ago. de 2013.

TINÔCO, I. F.F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 3, n.1, Jan. 2001.

TORTORA G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. Artes Médicas, 6. Ed, p. 827, Porto Alegre, 2002.

VLEK, P.; STUMPE, J. Effects of solution chemistry and environmental conditions on ammonia volatilization losses from aqueous systems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 42, n. 3, p. 416-421, 1978.

VOGELS, G. V. D.; VAN DER DRIFT, C. Degradation of purines and pyrimidines by microorganisms. **Bacteriological reviews**, v. 40, n. 2, p. 403-468, 1976.

ZAPATA, O. L. M. **Caracterização e avaliação do potencial fertilizante e poluente de distintas camas de frango submetidas a reuso sequenciais na zona da mata do estado de Minas Gerais**. Viçosa: 108 f. 2011. (Dissertação Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

YANG, Peilin; LORIMOR, Jeffery C.; XIN, Hongwei. Nitrogen losses from laying hen manure in commercial high-rise layer facilities. **Transactions of the ASAE**, v. 43, n. 6, p. 1771, 2000.

Capítulo II: Caracterização de fatores ambientais de influência na geração e emissão de amônia pela criação de galinhas poedeiras e zoneamento da produção de ovos no estado de Minas Gerais

Resumo

Minas Gerais está em posição de destaque no cenário brasileiro, de produção de ovos de galinha, é o segundo maior produtor de ovos no país, sendo ainda, o estado que mais exporta. O rebanho efetivo de galinhas poedeiras do Estado em 2012 era de 21.265.722 aves, cerca de 10% do rebanho total brasileiro. A produção total de dejetos atribuídos às galinhas poedeiras, em Minas Gerais, é estimada em valores da ordem de 2.126,6 a 2.551,89 toneladas por dia. Assim, com a utilização de práticas criacionistas cada vez mais intensas como os aviários verticais que apresentam alta concentração de aves por metro quadrado, ocorrem maiores geração e concentração de dejetos oriundos do setor da avicultura de postura. Os sistemas de produção agropecuários transformam carboidratos e proteínas de origem vegetal, em leite, carne e ovos. Boa parte da proteína vegetal ingerida é excretada na da urina e dejetos. A partir das características de composição dos dejetos, combinada às ações bacterianas e variáveis climatológicas, ocorre a mineralização do esterco e a emissão de nitrogênio, na forma de amônia, para a atmosfera. Dois fatores climáticos interferem diretamente na geração e emissão de amônia: a temperatura do ar ambiente e a umidade relativa do ar. Sendo assim, foram confeccionados mapas de temperatura e umidade relativa do ar para o estado de Minas Gerais, além de se estabelecer um zoneamento quanto à produção de galinhas poedeiras para todo o Estado.

Palavras chave: Avicultura de postura, mapeamento climatológico e produção de amônia.

Abstract

Minas Gerais is in leading position in the Brazilian scenario, production of chicken eggs, is the second largest egg producer in the country, yet, the state's biggest export. Effective flock of laying hens of the State in 2012 was 21.265.722 birds, about 10% of Brazil's total herd. The total production of waste attributed to laying hens in Minas Gerais, is estimated at values of around 2126.6 to 2551.89 tons per day. Thus, with the use of increasingly intense creationists practices as vertical aviaries that have high concentration of birds per square meter, occur largest generation and concentration of waste arising from the laying poultry industry. Systems of agricultural production transform carbohydrates and vegetable proteins in milk, meat and eggs. Much of the vegetable protein ingested is excreted through urine and

manure. From the compositional characteristics of the waste, combined with bacterial action and climatological variables, the mineralization of manure and nitrogen emissions in the form of ammonia to the atmosphere occurs. Two climatic factors directly affect the generation and emission of ammonia: the ambient air temperature and relative humidity. Thus, maps of temperature and relative humidity for the state of Minas Gerais were made, and to establish a zoning as the production of laying hens throughout the state.

Keywords: Poultry posture, climatological mapping and ammonia production.

1. Introdução

O Brasil atingiu marcas estrondosas na produção mundial de ovos. Segundo o relatório anual da União Brasileira de Avicultura (UBABEF), publicado no ano de 2013, Minas Gerais esta em posição de destaque no cenário brasileiro, é o segundo maior produtor de ovos no país e é o estado que mais exporta. Assim, com a utilização de práticas criacionistas cada vez mais intensas como os aviários verticais que apresentam alta concentração de aves por metro quadrado, ocorrem maiores geração e concentração de dejetos oriundos do setor da avicultura de postura.

Em uma escala global, sistemas de produção agropecuários são responsabilizados por cerca de 70% das emissões antropogênicas do total de amônia (NH_3) para a atmosfera. Estes sistemas de produção transformam carboidratos e proteínas de origem vegetal (por ingestão de pasto, rações e suplementos alimentares) em leite, carne e ovos, no entanto apenas cerca de 5 a 45% da proteína ingerida pelos animais é efetivamente metabolizada e incorporada, o que depende da espécie e do manejo. O restante, cerca de 55 a 95% é excretado na da urina e dejetos na forma de amônia, ácido úrico, ureia e proteínas não digeridas (Oenema, 2008). A partir das características de composição dos dejetos, combinadas às ações bacterianas e variáveis climatológicas, ocorre a mineralização do esterco e a emissão de nitrogênio (N), na forma de NH_3 , para a atmosfera.

A NH_3 é um subproduto comum no esterco das galinhas de postura, uma vez que, na maioria das vezes, as aves são alimentadas com ração rica em proteínas, as quais contém um alto teor N, para assim, garantir que suas necessidades nutricionais sejam atendidas. O N que não é incorporado à carne ou ovos, devido à conversão alimentar, muitas vezes ineficiente, ou ainda a sua presença excessiva na ração, sendo assim, excretado nos dejetos, onde ações microbianas liberam NH_3 no ar durante a decomposição das fezes (Gay at al., 2005).

Um dos fatores ambientais que interfere na geração e emissão de NH₃ é a temperatura do ar ambiente, sendo que em temperaturas mais elevadas é notada uma concentração expressivamente maior do N no esterco do que quando comparada com as dejeções em temperaturas mais amenas (HSU, 1998), além deste fato, as altas temperaturas, também proporcionam atividades microbianas mais intensas, o que possibilita valores mais elevados para as taxas de mineralização do ácido úrico. Este fenômeno provoca maiores potenciais de geração e emissão de NH₃, sendo que as temperaturas que maximizam este efeito estão compreendidas entre 25 e 35°C (Vogels e Drift, 1976).

Outro fator que afeta diretamente a produção e emissão de NH₃ para atmosfera é a umidade relativa do ar, pois esta influencia na perda de água dos dejetos. Assim, valores de umidade relativa do ar mais altos dificultam a evaporação da água contida no esterco, o que interfere na atividade microbiana de degradação do ácido úrico. Groot Koerkamp (1998) relata em seus estudos que, quando reduziu o teor de umidade dos dejetos para cerca de 10%, percebeu uma queda significativa no teor de N amoniacal nas dejeções (0,7 g/kg), assim com redução do pH final, conseqüentemente, as atividades microbianas de geração de NH₃ decrescem.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), o rebanho efetivo de galinhas poedeiras do Estado de Minas Gerais em 2012 era de 21.265.722 aves, cerca de 10% do rebanho total brasileiro, correspondente a 213.230.493 de aves. Já a produção mineira de ovos no ano de 2012 foi de 365.877 mil dúzias. Para compor estes dados, o IBGE considera apenas os com capacidade igual ou superior a 10.000 aves no plantel produtivo.

A produção total de dejetos das galinhas poedeiras em Minas Gerais pode ser estimada com dados citados por diversos autores correspondentes a produção de dejetos por ave por dia. Estes dados podem ser observados na Tabela 11.

Tabela 11: Estimativa da produção diária de dejetos por ave.

Autores	Produção de dejetos (kg/ave/dia)
COELHO (1973)	0,103
EL BOUSHY (1994)	0,120
AUGUSTO (2007)	0,100

Assim, para se estimar a produção total de dejetos atribuídos as galinhas poedeiras no estado de Minas Gerais, torna-se necessário encontrar o produto do número total de aves pela geração de dejetos por ave, o que totaliza valores da ordem de 2.126,6 a 2.551,89 toneladas por dia.

Com base no exposto, é interessante realizar o zoneamento da produção mineira e a caracterização das variáveis ambientais que influenciam diretamente na geração e emissão de NH_3 , para o Estado de Minas Gerais.

Com este trabalho buscou-se confeccionar mapas de temperatura e umidade relativa do ar para o estado de Minas Gerais; elaborar zoneamento espacial dos municípios do estado com capacidade máxima de alojamento de galinhas poedeiras e, por fim, sobrepor ou confrontar essas duas informações, de forma a diagnosticar as regiões do estado com máximo potencial de emissão de amônias, atribuído às características climáticas.

2. Material e métodos

O levantamento espacial e produtivo (zoneamento) de todos os núcleos de postura, com capacidade igual ou superior a 10.000 aves poedeiras, registrados no estado de Minas Gerais foi realizado através do banco de dados fornecidos pelo Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) para o ano de 2013. Após a obtenção da capacidade máxima de produção dos municípios, foi utilizado o programa computacional MapInfo Professional versão gratuita para testes 11.5 para confeccionar o mapa da capacidade máxima de produção do Estado.

A capacidade atual máxima de alojamento de galinhas poedeiras para o estado de Minas Gerais, é composta pela soma da capacidade de todos os polos produtivos (municipais) apresentados na Tabela 12.

Por meio de consultas realizadas junto ao do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Ramos, 2009) foi possível a obtenção de dados correspondentes às Normais Climatológicas do Brasil (1961-1990), para temperatura máxima média mensal e umidade relativa do ar (média mensal de cada município). Trabalhou-se com a temperatura máxima média mensal, porque o interesse foi avaliar o potencial máximo de geração e emissão de NH_3 e, de acordo com Pratt (2002), este ocorre para temperaturas mais elevadas. Foi utilizado o período de observações de 1961 a 1990 por se tratar das últimas normais climatológicas publicadas pelo INMET, estas publicações são realizadas a cada 30 anos.

A partir desta base de dados, utilizou-se novamente o programa computacional MapInfo Professional 11.5 para interpolação e isolamento de todos os dados referentes ao estado de Minas Gerais. Assim, para cada região climática, que contém os núcleos de produção considerados, foram levantados os perfis de temperatura e umidade relativa do ar, para identificar condições climáticas potencializadoras na geração e emissão de NH_3 .

3. Resultados e Discussão

3.1. Levantamento espacial e produtivo

Após o levantamento, junto ao banco de dados do IMA, de todas as granjas produtoras de ovos de galinha do estado de Minas Gerais para o ano de 2013, para as granjas com capacidade de alojamento igual ou superior a 10.000 galinhas poedeiras, individualizou-se a produção por cidades onde as granjas estão situadas e, em seguida, somou-se a capacidade atual de alojamento máxima de cada município. O resultado pode ser observado na Tabela 12.

Tabela 12: Capacidade atual máxima de alojamento de galinhas poedeiras para cada município produtor de ovos do estado de Minas Gerais.

Municípios	Capacidade atual máxima de alojamento por município (nº de aves)	Municípios	Capacidade atual máxima de alojamento por município (nº de aves)
Alfenas	78.000	Lajinha	12.500
Andradas	20.900	Leopoldina	10.000
Araújo	13.000	Machado	180.851
Barbacena	27.650	Mario Campos	45.000
Boa Esperança	24.000	Montes Claros	3.051.000
Bom Despacho	70.000	Ouro Fino	93.500
Campestre	12.000	Passa-Quatro	1.890.229
Carmo do Paranaíba	21.000	Patos de Minas	15.300
Conceição das Alagoas	55.000	Patrocínio	33.070
Delfim Moreira	10.000	Pedralva	10.586.000
Delta	118.000	Pequi	12.500
Divinópolis	986.000	Planura	17.000
Elói Mendes	70.000	Pouso Alto	1.080.000
Florestal	22.836	Pratápolis	389.000
Formiga	28.000	Rio Paranaíba	30.000
Fortaleza de Minas	24.000	Santa Maria de Itabira	21.600
Guarani	16.000	Santana do Jacaré	110.000
Igarapé	15.000	Santo Antônio do Monte	196.645
Igaratinga	65.000	São José da Lapa	30.000
Itajubá	20.000	São Sebastião do Oeste	30.000
Itamonte	121.272	São Sebastião do Paraíso	51.500
Itanhandu	4.731.402	Tocantins	15.000
Itaú de Minas	80.000	Uberaba	32.400
Itaúna	30.000	Uberlândia	112.000
Jacuí	206.800	Unaí	33.940
Juiz de Fora	11.500	Veríssimo	26.400
Lagoa da Prata	19.000	Viçosa	122.500

A capacidade atual máxima de alojamento de galinhas poedeiras para o estado de Minas Gerais, em 2013, é composta pela soma da capacidade de todos os polos produtivos (municipais) apresentados na Tabela 12. Este valor corresponde a 25.124.295 aves.

Para compor o zoneamento espacial da capacidade máxima de alojamento de aves poedeiras por município, foram inseridas no MapInfo 11.5, as coordenadas geográficas das cidades listadas na Tabela 12. A distribuição das cidades produtoras de ovos de galinha em Minas Gerais está representada na Figura 9, destacada em verde.

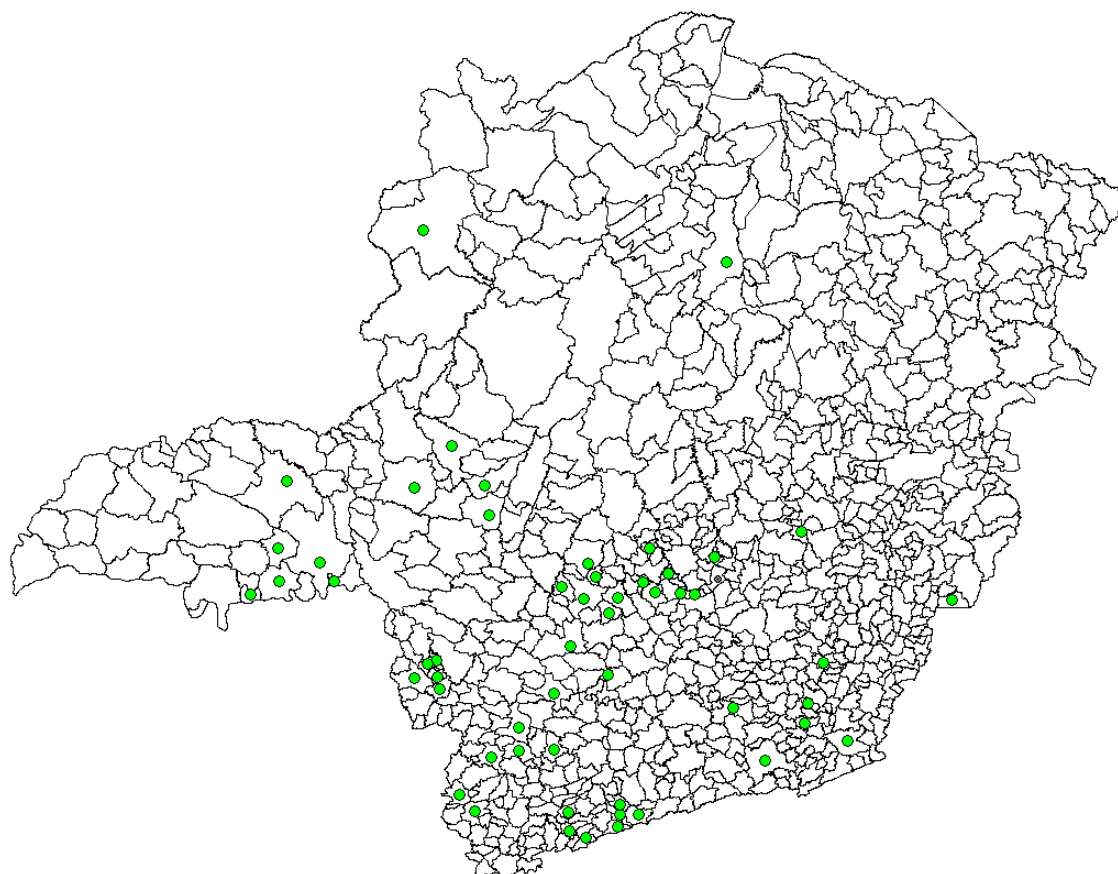


Figura 7: Distribuição espacial dos municípios mineiros produtores de ovos de galinhas.

Verificou-se que existe uma discrepância quanto os dados apresentados pelo IBGE no que diz respeito ao tamanho real do rebanho de galinhas poedeiras em Minas Gerias no ano de 2012, o qual é um pouco maior que 21,26 milhões de aves e os dados apresentado pelo IMA quanto a capacidade máxima de alojamento correspondente a cerca de 25,12 milhões de aves. Esta diferença indica que os aviários não operam com sua capacidade máxima de alojamento devido à necessidade de se realizar vazios sanitários, que correspondem a período de tempo em que o galpão fica sem aves entre a saída de um lote velho e a entrada de um novo lote. Este tempo serve para evitar que possíveis patógenos presentes no lote mais velho

contaminem as novas aves que estão começando o período produtivo. Para este estudo optou-se por trabalhar com os dados considerando-se a capacidade máxima de alojamento de galinhas poedeiras do Estado.

3.2. Variáveis climatológicas mineiras

3.2.1. Temperaturas máximas mensais para o estado de Minas Gerais

Após a coleta de todos os dados de temperaturas das normais climatológicas (1960-1990) da rede de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), procedeu-se a interpolação dos mesmos, utilizando o programa MapInfo, e foram gerados mapas de temperatura máxima média mensais para todo o estado de Minas Gerais, os quais estão representados na Figura 10.

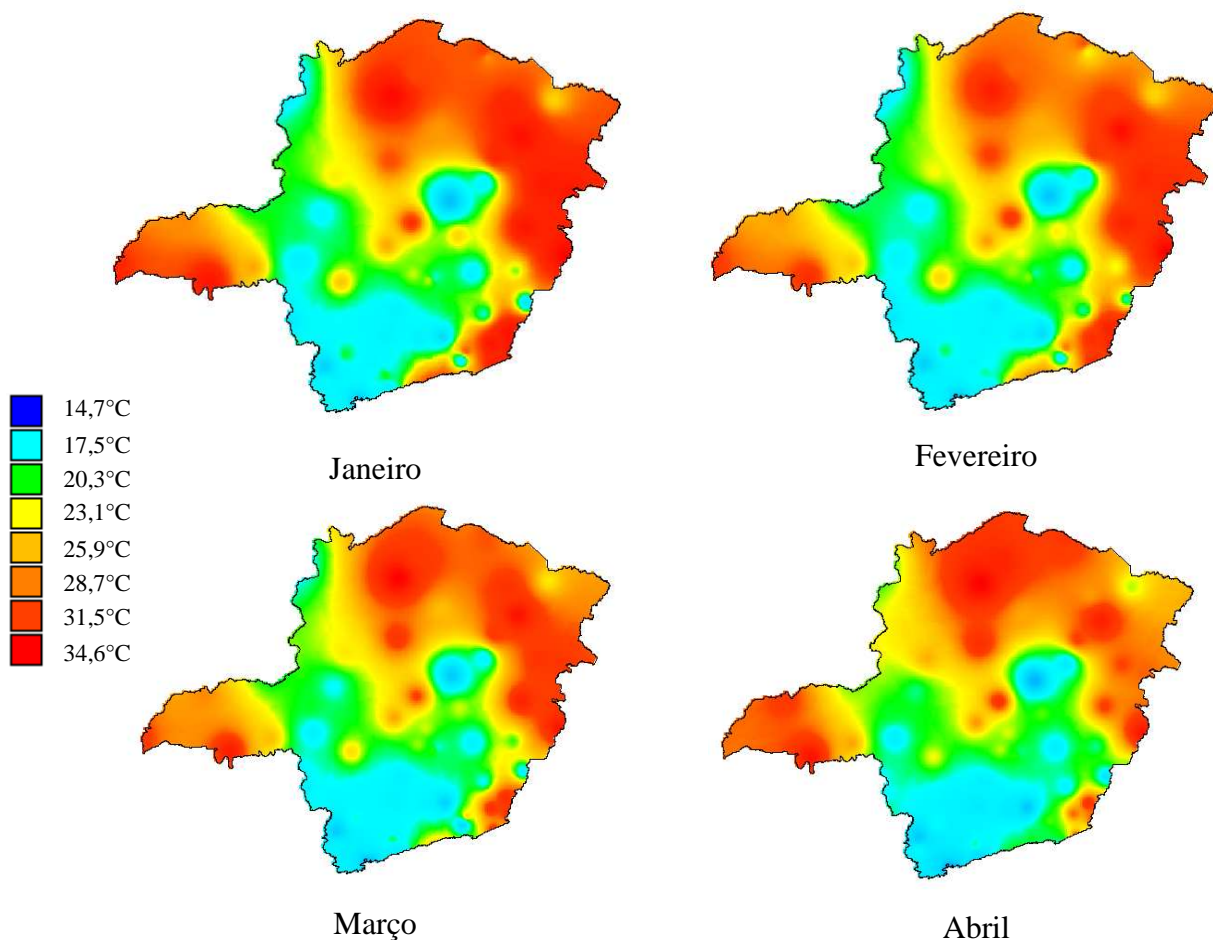


Figura 8.1: Mapas de temperatura máxima média mensal no estado Minas Gerais.

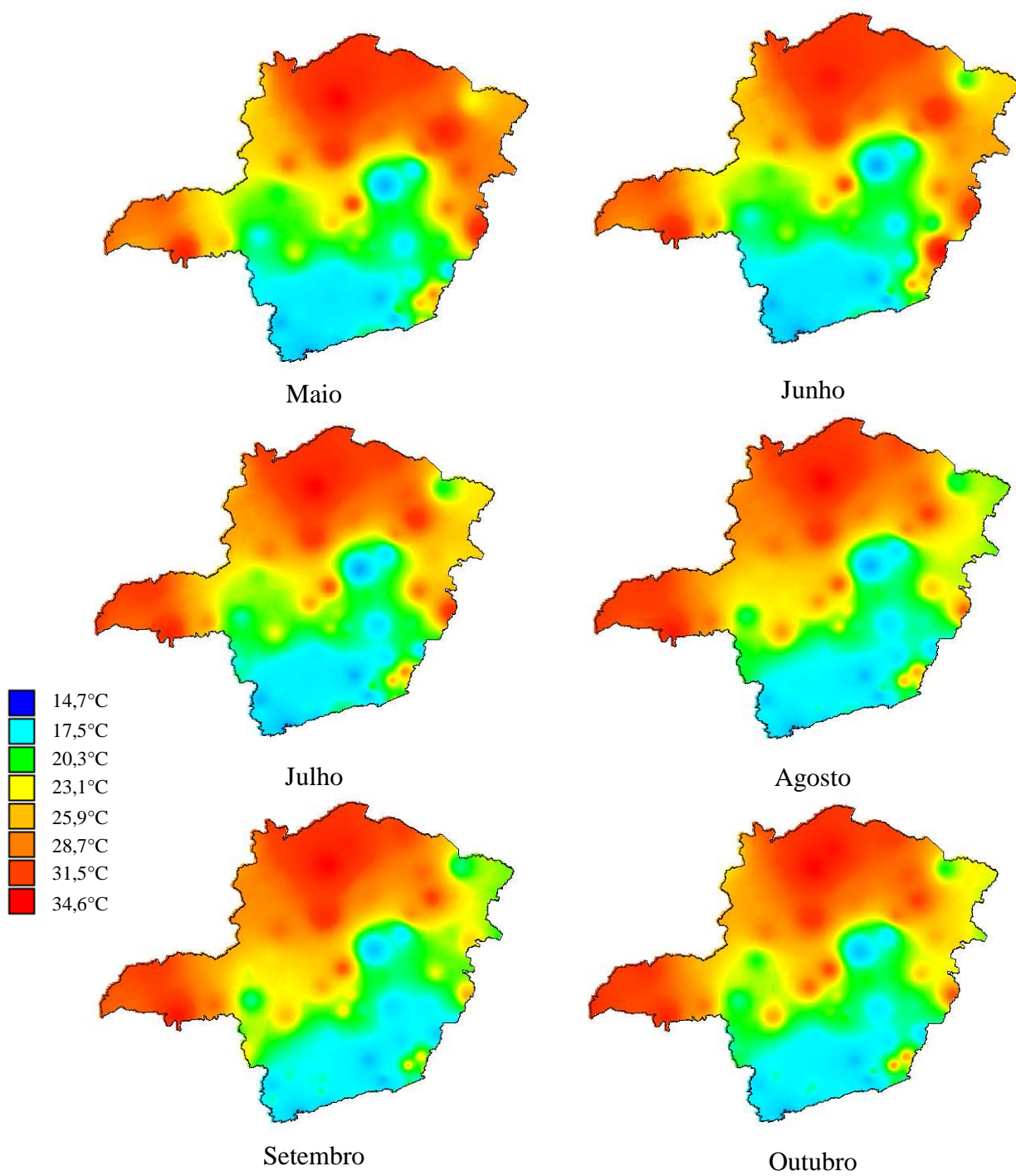


Figura 9.2: Mapas de temperatura máxima média mensal no estado Minas Gerais.

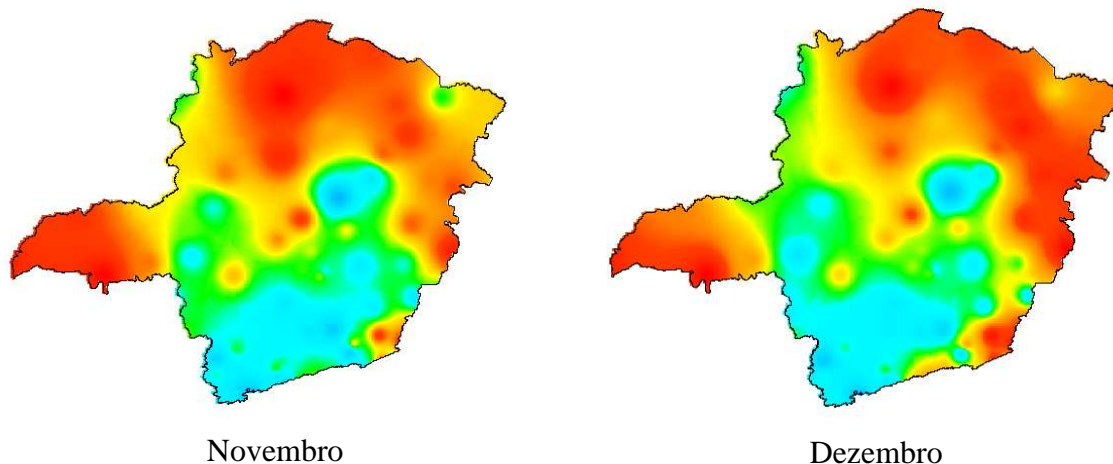


Figura 10.3: Mapas de temperatura máxima média mensal no estado Minas Gerais.

O valor máximo de temperatura média mensal encontrada para o estado foi de 32,0°C e o valor mínimo foi de 21,5°C. Os valores de temperatura máxima média mensal, para cada município onde existem polos de produção de ovos de galinha, estão discriminados na Tabela 13.

Tabela 13: Valores de temperatura máxima média (dados de 30 anos) por município produtor de ovos de galinha no estado de Minas Gerais.

Município	Temperatura máxima média (°C)												Ano
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Alfenas	28,2	28,6	28,3	26,7	24,8	23,7	23,8	25,8	26,8	27,1	27,6	27,3	26,6
Andradas	27,2	27,4	27,3	25,9	23,9	22,8	22,9	24,9	26,2	26,2	26,8	26,4	25,6
Araújo	28,6	29,1	29,1	27,8	26,2	25,2	25,1	27,2	28,1	28,3	28,1	27,8	27,5
Barbacena	26,6	26,9	26,5	24,7	23,0	21,9	21,5	23,4	24,0	24,7	25,3	25,6	24,5
Boa Esperança	27,9	28,4	28,2	26,6	24,8	23,8	23,8	25,9	26,9	27,1	27,4	27,1	26,5
Bom Despacho	28,7	29,3	29,3	28,0	26,4	25,5	25,4	27,5	28,4	28,6	28,3	27,9	27,8
Campestre	27,3	27,6	27,4	26,0	24,0	23,0	23,0	25,0	26,2	26,4	26,9	26,4	25,8
Carmo do Paranaíba	28,4	28,8	29,0	27,9	26,5	25,8	25,7	28,0	28,8	28,7	28,2	27,7	27,8
Conceição das Alagoas	29,9	30,2	30,4	29,5	27,8	27,1	27,0	29,4	30,6	30,3	30,0	29,4	29,3
Delfim Moreira	27,8	28,2	27,8	25,9	24,0	23,1	23,0	24,8	25,6	26,0	26,7	26,9	25,8
Delta	29,3	29,8	29,9	28,9	27,3	26,6	26,5	28,9	30,0	29,8	29,4	28,8	28,8
Divinópolis	28,4	29,0	28,8	27,5	25,9	24,9	24,8	26,8	27,7	27,9	27,8	27,6	27,2
Elói Mendes	28,0	28,4	28,2	26,5	24,7	23,6	23,7	25,7	26,6	26,9	27,3	27,2	26,2
Florestal	29,0	29,5	29,5	28,4	26,7	25,8	25,8	27,7	28,8	28,5	28,3	28,2	28,0
Formiga	28,0	28,5	28,4	26,9	25,2	24,2	24,2	26,4	27,2	27,4	27,5	27,2	26,7
Fortaleza de Minas	27,9	28,2	28,3	27,2	25,4	24,4	24,5	26,9	28,3	27,9	28,1	27,4	27,0
Guarani	30,0	30,5	29,9	28,1	26,1	25,2	24,7	26,2	26,7	27,5	28,2	28,9	27,6
Igarapé	28,8	29,3	29,2	28,0	26,4	25,4	25,3	27,1	28,1	28,2	28,1	27,9	27,6
Igaratinga	28,7	29,3	29,2	28,0	26,3	25,4	25,3	27,2	28,2	28,3	28,1	27,9	27,6
Itajubá	27,4	27,8	27,3	25,5	23,8	22,8	22,8	24,6	25,4	25,9	26,5	26,4	25,4
Itamonte	28,5	28,8	28,3	26,4	24,5	23,6	23,5	25,2	25,9	26,4	27,2	27,5	26,0

Temperatura máxima média (°C)

Município	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Itanhandu	28,0	28,5	28,0	26,2	24,3	23,4	23,3	25,2	25,7	26,4	26,9	27,0	26,0
Itaú de Minas	27,9	28,2	28,4	27,3	25,5	24,5	24,1	27,0	28,3	28,0	28,1	27,4	27,1
Itaúna	28,8	29,3	29,2	28,0	26,4	25,5	25,4	27,3	28,3	28,3	28,1	27,9	27,7
Jacuí	27,9	28,2	28,3	27,2	25,3	24,3	24,4	26,8	28,1	27,8	28,0	27,4	27,0
Juiz de Fora	28,3	28,8	27,7	27,7	24,1	23,0	22,9	24,3	24,7	25,5	26,3	27,1	25,8
Lagoa da Prata	28,6	29,2	29,1	27,8	26,2	25,3	25,2	27,5	28,3	28,5	28,3	27,9	27,6
Lajinha	30,0	30,9	30,2	28,4	26,9	26,9	25,4	26,4	26,6	27,8	28,6	29,0	28,1
Leopoldina	31,3	31,6	31,3	29,3	27,2	26,5	26,0	27,6	28,0	28,8	29,6	30,4	28,7
Machado	28,6	29,0	28,6	27,0	25,2	23,9	24,0	26,0	27,0	27,5	28,0	27,6	26,9
Mario Campos	28,8	29,4	29,2	27,9	26,3	25,3	25,1	26,9	27,9	28,2	28,2	27,9	27,5
Montes Claros	29,8	30,4	30,3	29,4	28,6	27,8	27,4	29,3	30,3	30,4	29,3	28,8	29,3
Ouro Fino	27,9	28,1	28,0	26,9	24,8	23,5	23,8	25,8	27,1	26,8	27,7	27,3	26,5
Passa-Quatro	27,6	28,2	27,7	25,8	23,9	23,1	22,9	24,7	25,2	25,9	26,5	26,7	25,7
Patos de Minas	28,0	28,4	28,6	27,7	26,4	25,9	25,7	28,1	28,9	28,5	27,8	27,4	27,6
Patrocínio	28,5	28,8	29,1	27,8	26,6	26,0	25,7	27,9	28,5	28,9	28,4	27,6	27,8
Pedralva	27,8	28,2	27,9	26,1	24,3	23,3	23,3	25,1	26,0	26,3	27,0	27,0	25,9
Pequi	28,9	29,5	29,4	28,3	26,7	25,7	25,6	27,5	28,5	28,6	28,4	28,1	27,9
Planura	30,9	31,1	31,6	30,7	29,0	28,4	28,3	30,8	32,0	31,2	31,2	30,7	30,5
Pouso Alto	28,4	28,7	28,5	26,8	24,8	23,8	23,9	25,7	26,6	27,0	27,6	27,5	26,7
Pratápolis	27,8	28,0	28,3	27,2	25,4	24,4	24,5	27,0	28,4	27,9	28,1	27,3	27,0
Rio Paranaíba	28,5	29,0	29,1	27,9	26,4	25,7	25,5	27,8	28,7	28,7	28,3	27,8	27,8
Santa Maria de Itabira	28,6	29,2	29,0	27,4	25,8	25,0	24,4	26,1	26,7	27,5	27,7	27,7	27,1
Santana do Jacaré	27,7	28,2	28,0	26,5	24,7	23,8	23,8	25,9	26,7	26,9	27,1	26,9	26,3
Santo Antônio do Monte	28,4	28,9	28,9	27,5	25,9	25,0	24,9	27,0	27,9	28,1	27,9	27,6	27,3
São José da Lapa	28,6	29,2	29,1	27,8	26,3	25,3	25,0	26,9	27,7	28,1	28,0	27,8	27,5
São Sebastião do Oeste	28,2	28,7	28,6	27,3	25,6	24,6	24,5	26,6	27,4	27,7	27,6	27,4	27,0
São Sebastião do Paraíso	27,5	27,7	28,0	27,1	25,2	24,2	24,4	26,9	28,6	27,7	28,1	27,2	26,9
Tocantins	29,9	30,4	29,8	28,1	26,0	25,2	24,7	26,2	26,7	27,5	28,1	28,7	27,5
Uberaba	29,7	30,2	30,3	29,4	27,9	27,2	27,0	29,4	30,6	30,3	29,7	29,2	29,2
Uberlândia	29,2	29,6	29,8	28,9	27,4	26,7	26,7	29,1	30,1	29,9	29,5	28,7	28,8
Unáí	28,5	29,0	29,3	28,7	27,8	27,1	27,0	29,3	30,3	29,7	28,8	28,1	28,6
Veríssimo	29,7	30,1	30,3	29,4	27,8	27,0	27,0	29,4	30,5	30,2	29,8	29,3	29,2
Viçosa	28,2	28,8	28,4	26,6	24,9	23,9	23,5	24,9	25,5	26,4	26,9	27,0	26,3

A temperatura no interior de um aviário bem planejado é, em média, até 3°C maior que aquela observada dentro de abrigos meteorológicos, sendo que valores de temperatura do ar superiores a 29°C já são consideradas altamente estressantes para as aves adultas, demandando processos físicos de resfriamento do ar, os quais na maioria das ocasiões utilizam água como veículo resfriativo. Como consequência, ocorre aumento da umidade relativa do ar. Esta combinação eleva o potencial da taxa de geração e emissão de NH₃. Com base nestes fatos, foram realçadas, Tabela 13, as faixas de temperatura média máxima mensal

maiores ou iguais a 26°C, pois, como em média a temperatura no interior das instalações é 3°C superior a temperatura ambiente, sendo assim, temperaturas do ar ambiente externo ao galpão iguais a 26°C proporcionariam temperaturas internas igual a 29°C, consideradas altamente estressantes as aves.

A temperatura média mensal máxima encontrada entre os municípios produtores de galinhas poedeiras, no estado de Minas Gerais, foi de 32,0°C, obtida para a cidade de Planura, no mês de setembro. Portanto, este município pode ser entendido como sendo o mais crítico no quesito efeito da temperatura sobre a produção e emissão de NH₃ no Estado.

3.2.2. Umidade relativa do ar média, para o estado de Minas Gerais

Após a coleta de todos os dados de umidade relativa do ar da rede de estações climatológicas do INMET, foi realizada a interpolação destes dados utilizando-se o MapInfo e foram gerados mapas de umidade média mensal (dados de 30 anos) para todo o estado de Minas Gerais, os quais estão expostos na Figura 11.

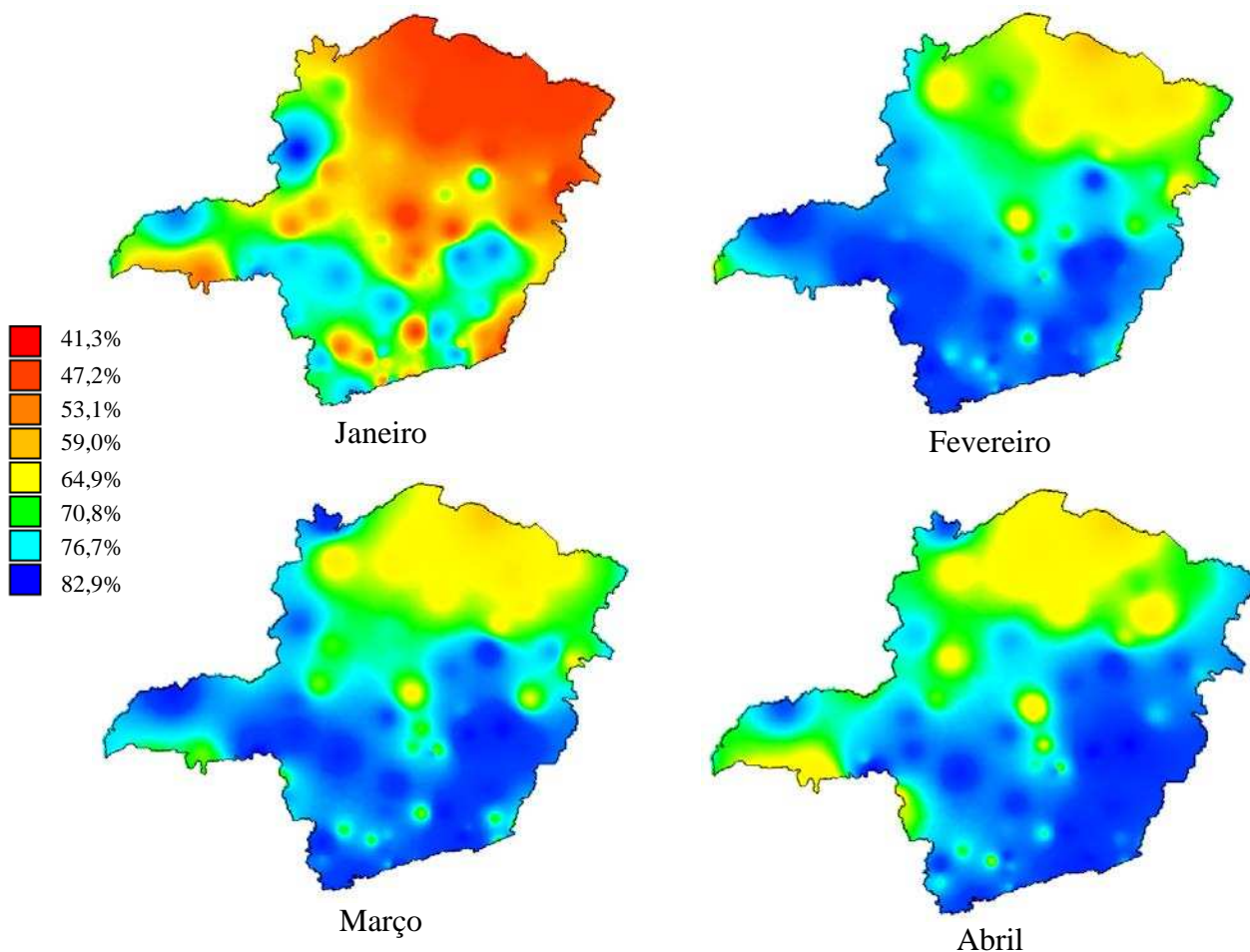


Figura 11.1: Mapas de umidade relativa do ar média mensal em Minas Gerais.

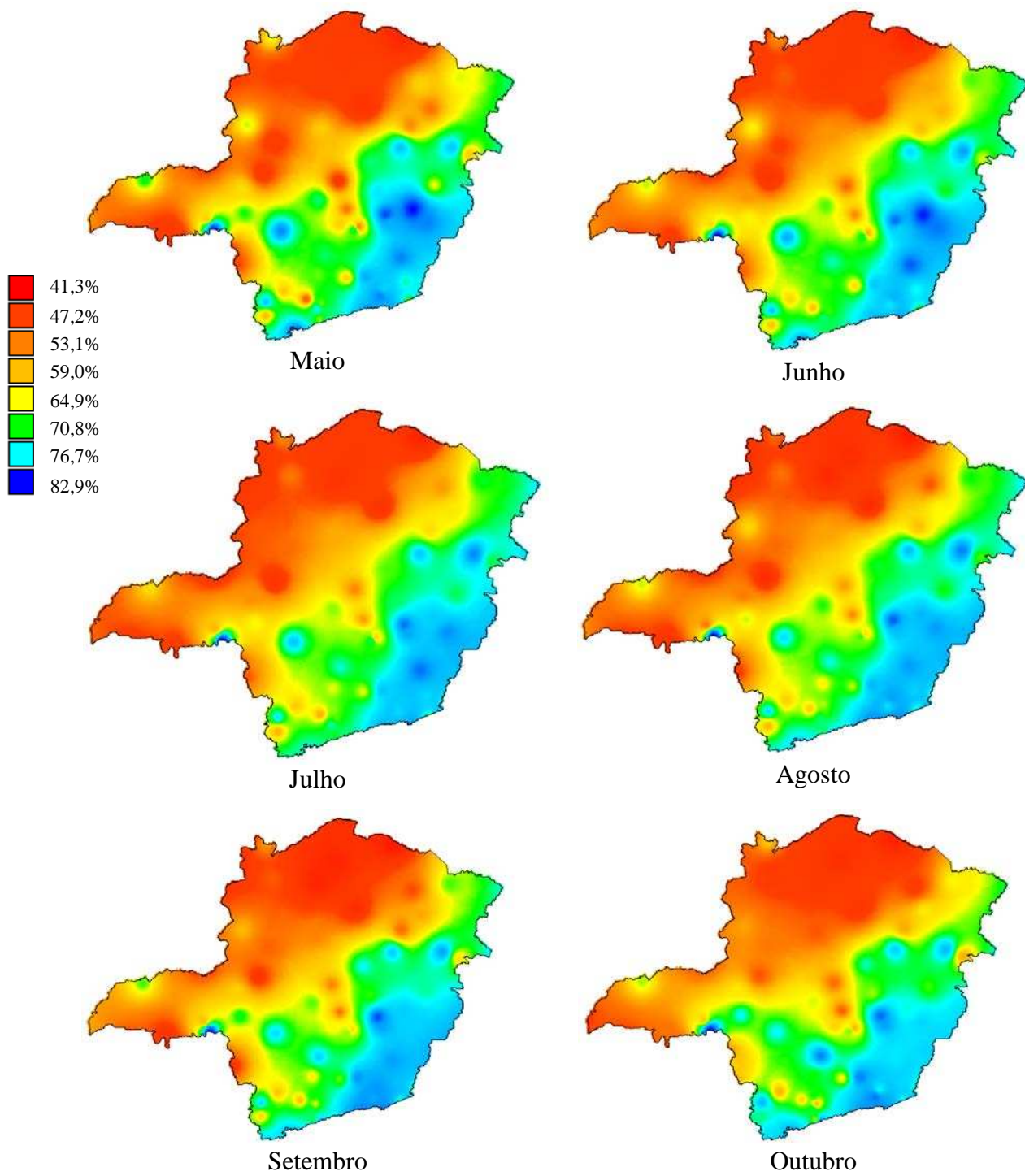


Figura 12.2: Mapas de umidade relativa do ar média mensal em Minas Gerais.

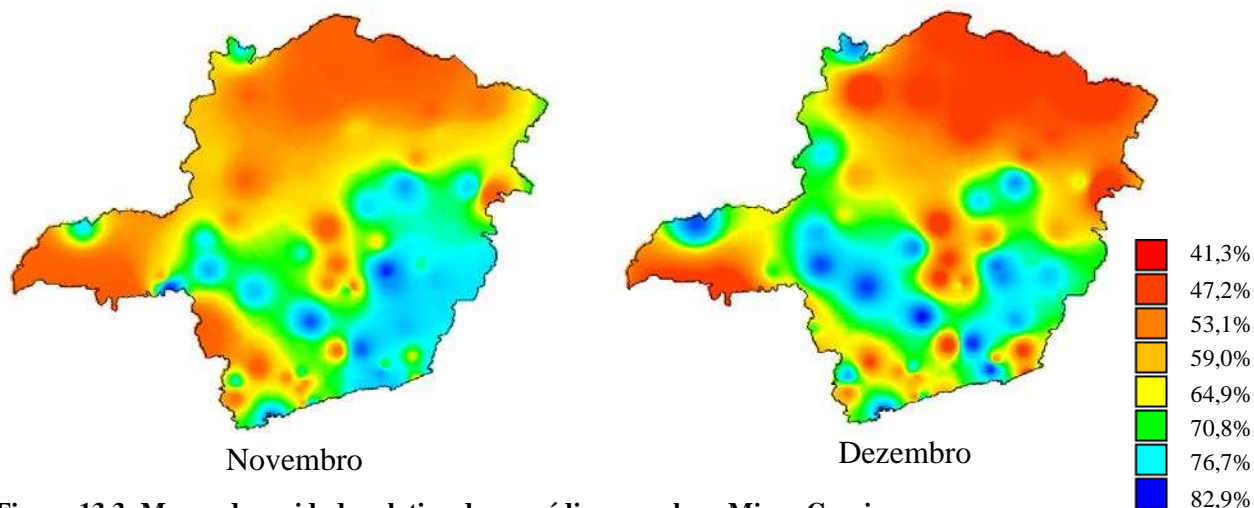


Figura 13.3: Mapas de umidade relativa do ar média mensal em Minas Gerais.

O valor máximo de umidade relativa média encontrada para o estado foi de 85,4% e o valor mínimo foi de 41,3%. Os valores correspondentes aos teores de umidade relativa do ar (média mensal), para as cidades onde existem polos produtores de ovos estão discriminados na Tabela 14.

Tabela 14: Valores de umidade relativa do ar média por município produtor de ovos de galinha no estado de Minas Gerais.

Município	Umidade relativa do ar média (%)												Ano
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Alfenas	78,7	77,9	77,0	76,1	75,6	74,3	70,1	65,3	65,7	71,9	74,3	78,7	73,8
Andradas	81,0	81,0	79,8	78,2	77,8	76,6	72,6	68,4	69,2	75,9	76,1	80,4	76,5
Araújo	79,7	78,0	78,2	77,8	76,8	75,2	72,2	67,5	67,8	73,1	77,5	80,8	75,4
Barbacena	83,2	81,5	83,1	83,6	81,9	80,5	78,7	75,2	76,4	80,6	83,2	84,9	81,1
Boa Esperança	80,0	78,8	78,3	77,7	76,7	75,6	71,8	67,2	67,6	73,7	76,6	80,3	75,4
Bom Despacho	79,7	78,0	78,2	77,8	76,7	75,0	71,9	67,3	67,5	72,8	77,5	81,0	75,3
Campestre	80,5	80,3	79,3	78,0	77,7	76,6	77,7	68,5	68,8	74,8	76,1	80,3	76,1
Carmo do Paranaíba	79,5	78,1	77,4	76,6	73,5	70,0	65,8	59,9	62,3	70,3	76,7	80,9	72,3
Conceição das Alagoas	79,7	79,6	77,8	75,1	73,4	71,7	66,9	60,6	62,3	70,4	74,2	78,3	70,6
Delfim Moreira	80,4	79,4	79,6	79,6	79,5	78,5	75,0	71,9	72,0	76,3	78,0	80,7	77,6
Delta	84,5	85,0	84,9	85,4	85,1	84,9	83,5	80,2	80,3	83,8	84,5	79,7	72,3
Divinópolis	79,9	78,2	78,2	77,9	76,9	75,8	73,1	68,4	68,6	73,8	77,8	80,6	75,8
Elói Mendes	79,1	78,1	77,6	76,9	75,9	75,1	71,1	67,0	67,2	73,1	75,7	79,4	74,7
Florestal	77,5	76,5	75,8	75,4	74,8	74,0	72,2	66,7	66,2	70,8	74,7	76,7	73,4
Formiga	80,7	79,1	78,8	78,4	77,2	76,1	72,9	68,3	68,8	74,6	78,0	81,4	76,2
Fortaleza de Minas	80,8	80,3	77,4	74,9	73,2	71,3	66,4	60,4	60,9	71,0	73,3	79,8	72,2
Guarani	79,4	78,8	79,3	81,0	81,0	80,6	78,8	75,7	75,9	77,9	78,8	80,0	79,0
Igarapé	78,8	77,2	76,9	76,7	76,2	75,2	72,8	67,6	67,3	72,2	76,3	78,7	74,7
Igaratinga	78,7	77,2	77,1	76,7	75,9	74,8	72,3	67,3	67,2	72,1	76,3	78,9	74,6
Itajubá	81,1	79,9	80,0	80,0	80,3	79,0	75,0	77,0	77,1	76,7	78,7	81,3	78,0
Itamonte	80,0	79,2	79,7	79,4	78,2	77,4	74,8	71,8	72,1	76,5	77,8	80,2	77,3

Umidade relativa do ar média (%)													
Município	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
Itanhandu	79,0	78,2	78,6	78,2	77,5	77,2	74,5	70,8	70,7	74,4	76,3	79,4	76,2
Itaú de Minas	80,8	80,1	77,4	74,9	73,3	71,4	66,6	60,6	61,4	71,0	73,6	79,8	72,1
Itaúna	78,6	77,2	76,9	76,5	75,8	74,9	72,6	67,4	67,2	72,1	76,1	78,5	74,5
Jacuí	80,6	80,2	77,5	75,1	73,7	71,9	67,0	61,2	61,7	71,2	73,5	79,7	72,5
Juiz de Fora	82,1	80,4	82,5	83,4	82,7	79,9	78,3	74,5	76,0	80,2	80,5	83,5	80,4
Lagoa da Prata	80,9	79,0	79,3	79,2	78,4	76,7	73,7	68,9	69,3	74,1	78,3	81,9	76,5
Lajinha	79,2	77,9	79,1	80,8	81,3	81,0	79,1	75,4	74,9	77,4	79,4	80,8	79,0
Leopoldina	78,0	77,4	76,7	79,1	79,5	79,3	78,2	74,6	74,8	77,5	77,5	78,1	77,7
Machado	77,3	76,5	75,7	74,9	74,6	73,0	68,6	63,6	63,9	70,0	72,7	77,4	72,4
Mario Campos	79,2	77,6	77,2	77,1	76,9	75,9	73,5	68,0	67,5	72,6	77,0	79,3	75,2
Montes Claros	74,1	71,3	72,8	71,9	65,6	65,2	59,4	52,5	53,7	62,3	75,8	76,9	66,8
Ouro Fino	80,2	79,3	78,3	75,6	74,2	72,3	67,3	62,3	64,9	74,9	73,8	78,4	73,4
Passa-Quatro	77,9	77,5	77,7	77,1	76,5	77,2	74,2	70,3	70,1	72,9	75,4	78,7	75,4
Patos de Minas	78,6	77,3	75,7	75,0	70,4	65,7	61,1	54,2	57,4	67,6	75,5	80,1	69,7
Patrocínio	78,0	78,2	79,1	78,6	75,1	70,7	65,7	59,4	64,2	71,5	78,9	82,4	73,4
Pedralva	80,1	79,0	79,1	78,8	78,5	77,5	73,9	70,5	70,6	75,4	77,3	80,3	76,8
Pequi	78,4	76,8	76,9	76,3	75,5	74,1	71,3	66,2	66,1	71,2	76,0	78,8	74,0
Planura	78,1	78,1	75,8	72,4	70,0	6,4	63,4	56,6	57,8	67,9	71,8	77,0	69,1
Pouso Alto	79,4	77,9	78,9	78,5	78,4	77,2	74,7	70,5	70,0	74,2	75,9	79,4	76,2
Pratápolis	81,0	80,6	77,2	74,4	72,5	70,5	65,4	59,2	59,7	70,6	73,0	79,7	71,7
Rio Paranaíba	80,2	78,7	78,4	77,5	75,3	72,4	68,3	62,9	64,8	71,7	77,3	81,5	73,8
Santa Maria de Itabira	82,4	80,6	82,0	83,6	82,9	81,4	79,2	75,9	76,0	78,8	82,1	82,3	80,6
Santana do Jacaré	81,3	79,6	79,3	78,9	77,4	76,7	73,6	69,0	69,8	76,0	79,1	82,0	76,9
Santo Antônio do Monte	80,3	78,6	78,6	78,4	77,3	75,8	72,9	68,1	68,5	73,9	77,9	81,3	76,0
São José da Lapa	78,9	76,7	76,7	76,3	75,6	74,3	71,6	66,6	66,6	71,6	76,1	78,9	74,2
São Sebastião do Oeste	80,5	78,8	78,7	78,4	77,1	76,0	73,3	68,7	69,1	74,7	78,4	81,4	76,3
São Sebastião do Paraíso	81,6	82,0	77,5	73,9	71,6	69,4	64,3	57,5	57,2	70,6	72,1	80,0	71,4
Tocantins	79,7	78,9	79,3	81,0	81,1	80,7	79,0	75,3	75,5	77,7	79,1	80,4	79,1
Uberaba	80,5	80,9	79,5	76,3	74,7	73,2	67,5	59,2	63,2	70,7	75,3	80,4	73,4
Uberlândia	79,9	79,0	77,9	75,6	73,1	70,3	64,9	59,3	61,6	69,6	75,0	79,6	71,1
Unai	80,7	76,7	76,7	75,1	71,9	68,1	61,9	56,9	58,4	67,3	75,4	79,8	70,5
Veríssimo	80,0	79,7	78,2	75,6	73,8	72,1	67,1	60,7	62,8	70,7	74,7	78,9	71,3
Viçosa	81,4	80,4	81,5	82,8	83,1	83,7	81,6	76,4	76,1	76,8	80,5	82,6	80,6

Quando analisamos a umidade relativa do ar para o estado de Minas Gerais, percebemos que, em praticamente todos os meses do ano nas regiões produtoras de ovos, ela se encontra acima de 60%, este fato dificulta a perda de água pelos dejetos das galinhas poedeiras, o que proporciona um maior potencial de geração e emissão de NH₃. Sendo a situação mais crítica observada para o município de Viçosa com 83,5% de umidade relativa do ar no mês de junho.

4. Conclusão

A partir do zoneamento produtivo do Estado, percebemos que as granjas produtoras de ovos de galinha, concentram-se na região do triângulo mineiro, sul do estado, zona da mata e a região central.

Desta forma entende-se que aliando as características ambientais, levantadas para o Estado de Minas Gerais, às características de manejo adotadas pelos aviários de postura, é possível prever o potencial poluidor máximo, relacionado à emissão de NH₃, para cada granja. A partir do referido potencial, é possível tomar atitudes para reduzir a emissão de NH₃, caso seja necessário, realizando alterações de manejo em granjas já em atividade ou alterações de projeto em novos empreendimentos.

5. Referências bibliográficas

- AUGUSTO, K. V. Z. **Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos em sistemas de produção de ovos: compostagem e biodigestão anaeróbia**. 2007. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 131p.
- COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. p. 384.
- EL-BOUSHY, A. R.; POEL, A. **Poultry feed from waste: processing and use**. London: Chapman & Hall Ltd, 1994. 438 ISBN 0412582805.
- HSU, J.-C.; LIN, C.-Y.; WEN-SHYG CHIOU, P. Effects of ambient temperature and methionine supplementation of a low protein diet on the performance of laying hens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 74, n. 4, p. 289-299, 1998.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da pecuária Municipal - 2012**, disponível em: [http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php? sigla=mg&tema=pecuaria2012](http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=mg&tema=pecuaria2012). Acesso em 20 de dezembro de 2013.
- IMA - Instituto Mineiro de Agropecuária. **Banco de dados relativos à capacidade máxima de alojamento de galinhas poedeiras por município**. (Comunicação pessoal). 2013.
- GAY, S. W.; KNOWLTON, K. F. Ammonia emissions and animal agriculture. **Virginia Cooperative Extension**, p. 442-110, 2005.
- GROOT KOERKAMP, P.; SPEELMAN, L.; METZ, J. Litter composition and ammonia emission in aviary houses for laying hens. Part 1: Performance of a litter drying system. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, n. 4, p. 375-382, 1998.
- OENEMA, O. et al. Gaseous nitrogen emissions from livestock farming systems. **Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management, Second edition, JL Hatfield & RF Follett (Eds.) Acad. Press, Amsterdam**, p. 395-441, 2008.
- PRATT, E. V. R., S.P. KEELING, A.A. Effect of ambient temperature on losses of volatile nitrogen compounds from stored laying hen manure. **Bioresource Technology**, v. 84, n. 2, p. 203-205, 2002.
- RAMOS, A. M.; DOS SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990: edição revista e ampliada**. INMET, 2009. ISBN 8562817015.
- UBABEF - União Brasileira de Avicultura. **Relatório anual, 2013**. São Paulo. 113p. 2013.
- VOGELS, G. V. D.; VAN DER DRIFT, C. Degradation of purines and pyrimidines by microorganisms. **Bacteriological reviews**, v. 40, n. 2, p. 403-468, 1976.

Capítulo III: Diagnóstico do ambiente aéreo quanto as emissões de amônia e características dos dejetos em aviários de postura verticais com sistema de coleta das dejeções automatizados (“manure belt”)

Resumo

Os atuais sistemas de produção para galinhas poedeiras, totalmente automatizados, trazem como grande diferencial, quando comparados com os sistemas de produção de ovos convencionais, a maior eficiência no alojamento de aves/m². Os galpões onde existe este tipo de sistema podem apresentar até cinco fileiras de gaiolas (alas), contendo até sete andares de gaiolas sobrepostas o que possibilita a locação de até 120.000 aves em um único aviário com dimensões aproximadas de 130m de comprimento por 14m de largura. Por estas facilidades, o sistema totalmente mecanizado vem se tornando uma tendência nas criações de aves de postura comerciais no Brasil. Este trabalho visou realizar um estudo de campo, em uma granja de postura comercial, representativa do padrão construtivo de aviários verticais totalmente mecanizados do estado de Minas Gerais, com o objetivo de diagnosticar as condições do ambiente aéreo, em termos de concentrações de NH₃, bem como a caracterização do esterco produzido em sistema de esteiras. O interesse foi para os galpões alojando aves em seu período de produção máxima de ovos, ou seja, entre 30 e 40 semanas de vida das aves. Os valores para a NH₃ emitida dentro do galpão analisados foram considerados baixos, fato este atribuído à retirada frequente dos dejetos de dentro das instalações e à ventilação natural. As maiores taxas (contudo ainda baixas) de emissão de NH₃ foram observadas justamente no corredor central devido a pouca circulação natural do ar, a qual fica prejudicada pelas baterias de gaiolas. Quanto à caracterização físico-química dos dejetos, os valores relativos encontrados para o esterco de galinhas poedeiras, foram condizentes com a literatura consultada quanto aos níveis de nitrogênio e teores de sólidos totais e voláteis.

Palavras chave: Amônia emitida, aviários automatizados e galinhas de postura.

Abstract

New production systems for laying hens, fully automated, bring great advantage as compared with conventional production systems eggs, greater efficiency in the housing birds/m². The sheds where there is this type of system can provide up to five rows of cages, containing up to seven floors of overlapping cages allowing the lease of up to 120,000 birds in one aviary with approximate dimensions of 130m long by 14m wide. For these facilities, the fully mechanized

system has become a trend in commercial poultry farms in Brazil posture. This study aimed to carry out a field study, in a commercial laying farm, representative of the constructive standard fully mechanized vertical aviaries of Minas Gerais, with the goal of diagnosing the conditions of air environment in terms of concentrations of ammonia and as the characterization of manure produced on treadmills system. The interest went to the sheds housing birds in their period of maximum egg production, is between 30 and 40 weeks of life. The values for the ammonia emitted inside the shed analyzed were low, and this was attributed to the frequent removal of manure inside the premises and natural ventilation. The highest rates (though still low) emission of ammonia was observed precisely in the center aisle due to low natural air circulation, which is hampered by battery cages. As for the physicochemical characterization of the waste, the relative values found for the dung of laying hens, were consistent with the literature on the levels of nitrogen and levels of total and volatile solids.

Keywords: Ammonia emitted, automated poultry and laying hens.

1. Introdução

Com a intensificação do processo de globalização, a indústria avícola brasileira viu em suas instalações e manejo, potencial para melhorias necessárias à maior intensificação do desempenho produtivo (SILVA, 2003), entendendo que, fatores como a redução de mortalidade de aves e dos custos de produção é o caminho para manter a competitividade, buscando uma automatização cada vez mais adequada aos seus processos de produção.

As gaiolas de arame galvanizado, onde são alojadas as aves, estão sendo substituídas por gaiolas de plásticos. O distanciamento entre os andares de gaiolas e o solo é substituído por esteiras coletoras automatizadas de dejetos (“manure belt”), possibilitando uma estruturação vertical das colunas de gaiolas em maior número por galpão (AUGUSTO, 2007). Estes novos sistemas de produção para galinhas poedeiras, totalmente automatizados, trazem como grande diferencial, quando comparados com os sistemas de produção de ovos convencionais, a maior eficiência no alojamento de aves/m². Este fato se deve em consequência da disposição dos dejetos em esteiras coletoras automatizadas que os carrega para fora das instalações, em contraponto ao encastelamento dos mesmos no solo sob as gaiolas até que sejam retirados, de forma manual ou mesmo por maquinários específicos, permitindo a obtenção de dejetos mais secos, em menor quantidade, do que os frescos e, em alguns casos, em fase de decomposição avançada. No caso dos dejetos carreados para fora

do galpão pelas esteiras, ocorre a preservação de suas características naturais, como por exemplo, apresentam um alto teor de umidade.

Os galpões totalmente mecanizados podem apresentar até cinco fileiras de gaiolas (as quais são denominadas de alas), sobrepostas, cada uma contendo até sete andares de gaiolas. A retirada de dejetos se dá através de esteiras carreadoras, comedouros automáticos, sistema de climatização composto por cortinas, nebulizadores e ventiladores ou exaustores, reduzindo assim a necessidade de trabalhadores dentro das instalações. No entanto, nos aviários totalmente mecanizados, não exclui, por completo, a utilização de pessoas no interior das instalações para realizarem alguns tipos de atividades, como por exemplo, manutenção dos equipamentos, retiradas de aves mortas e acionamento e verificação do funcionamento das esteiras de dejetos. A retirada e o transporte de ovos também são operações totalmente mecanizadas, o que possibilita a locação de até 120.000 aves em um único aviário com dimensões aproximadas de 130m de comprimento por 14m de largura. Por estas facilidades, o sistema totalmente mecanizado vem se tornando uma tendência nas criações de aves de postura comerciais no Brasil.

Segundo dados apresentados em 2013 no relatório anual produzido pela União Brasileira de Avicultura (UBABEF), a produção mineira de ovos de galinha em 2012 foi de 11,73% da produção total brasileira, sendo este estado o segundo maior produtor do país, ficando atrás apenas de São Paulo, com 36,59% do total de ovos produzidos no ano de 2012. O consumo per Capita brasileiro em 2012 foi de 161,53 ovos, sendo que 99% da produção tiveram como destino o mercado interno e o restante a exportação, a qual apresentou valores correspondentes a 26,85 mil toneladas de ovos, dos quais 94,47% exportados In Natura e 5,53% processados. No ranking de exportações, Minas Gerais posiciona-se em primeiro lugar, com 14,91 mil toneladas, seguido pelo Rio Grande do Sul na segunda posição, com 10,54 mil toneladas de ovos.

Assim, com o incremento cada vez maior da produção e com a utilização de sistemas mais intensivos, ocorrem, simultaneamente, aumento e maior concentração de dejeções oriundas do setor de produção de ovos, levando a maiores preocupações com as questões ambientais.

Segundo COELHO (1973), as aves poedeiras produzem cerca de 25 vezes o seu peso vivo em dejetos por ano, o que leva a uma produção estimada de 37,5 kg por ave por ano, equivalente a uma produção diária por ave igual a 0,103 kg. Este valor, é um pouco inferior ao citado por EL BOUSHY (1994) o qual encontrou uma produção de 12 toneladas /dia para

um total de 100.000 aves, representando 0,12kg/ave/dia. Já para Augusto (2007), a produção de dejetos por galinha poedeira corresponde a 0,10kg/ave/dia.

Neste sentido, o gás amônia (NH_3) destaca-se entre as emissões gasosas associadas ao esterco, sendo que a volatilização da NH_3 , a partir dos dejetos, além de apresentar alto potencial de poluição, constitui um mecanismo de perda de nitrogênio, o que causa empobrecimento do esterco, que tem como utilização mais indicada, segundo Ndegwa et al., (2007), a incorporação ao solo como fertilizante.

Com o passar do tempo, o esterco sofre degradação biológica, onde o ácido úrico excretado pelas aves é convertido em NH_3 , possibilitando a ocorrência da liberação deste gás, fato que tem sido considerado causador e potencializador das chuvas ácidas, além de provocar descarga excessiva de nitrogênio (N) em ecossistemas que podem ser sensíveis a tal nutriente. Segundo Demmers et al., (1998), o excesso de N pode levar ainda a eutrofização de lagos e rios e a acidificação de solos. Baek e Aneja, 2004 relataram que a formação de aerossóis inorgânicos na atmosfera pode ser relacionada à liberação de NH_3 proveniente das criações avícolas. Reações entre gases naturalmente presentes na atmosfera com a NH_3 volatilizada podem levar a criação destes aerossóis que, segundo Pilewskie (2007), são potencializadores do efeito estufa, estando diretamente relacionados às mudanças climáticas.

Além dos riscos ambientais descritos acima, existem riscos para a saúde do ser humano e animais. O Ministério do Trabalho e Emprego estabelece, na Norma Regulamentadora (NR) número 15, de 1978, o limite de tolerância (LT) de 20 ppm de NH_3 no conteúdo do ar em ambientes frequentados por trabalhadores com jornadas de trabalho de até 48 horas semanais e que, o valor máximo de concentração de NH_3 a que uma pessoa poderia ser exposta é de 30 ppm.

As instalações brasileiras usadas na criação de aves de postura, tanto no caso de alojamento regular quanto alta densidade, mecanizadas ou não, são predominantemente abertas, apresentado fechamento permanente apenas nas extremidades. O fato de serem abertas facilita a retirada de gases tóxicos gerados no ambiente de criação das aves, através da própria ventilação natural. Contudo, diversos fatores interferem no conjunto, razão pela qual se tornou importante avaliar as reais condições do ambiente de alojamento brasileiro.

2. Objetivos

Este trabalho visou realizar um estudo de campo, em uma granja de postura comercial, representativa do padrão construtivo de aviários verticais totalmente mecanizados do estado de Minas Gerais, para diagnosticar as condições do ambiente aéreo, em termos de

concentrações de NH_3 , bem como para caracterizar o esterco armazenado e retirado em sistema de esteiras automatizadas (nitrogênio total, teores de sólidos totais e voláteis, e teor de umidade).

3. Material e métodos

Este estudo foi desenvolvido em aviário comercial de postura, localizado no município mineiro de Itanhandu, a uma altitude de 892 metros e coordenadas geográficas correspondentes a $22^{\circ}17'45''$ de latitude e $44^{\circ}56'05''$ de longitude.

Para sedimentar o estudo, utilizou-se como pano de fundo, o ambiente térmico do aviário, com sistema de produção automatizado em baterias de gaiolas verticais, no qual os dejetos são retirados para fora das instalações, via esteiras, frequentemente. Segundo informações obtidas na granja, no sistema automatizado são alojadas 2.800.000 aves, das quais 400.000 estão em fase de recria e 2.400.000 estão em fase de produção, com densidade de $370 \text{ cm}^2 \text{ ave}^{-1}$ e 10 cm linear de cocho de ração para cada ave.

O experimento foi conduzido em galpões alojando aves em seu período de produção máxima de ovos, com 36 semanas de idade, todas da mesma idade e da linha genética Hy Line W36, utilizou-se uma instalação onde as aves estavam no pico de produção, recebendo a mesma ração e manejos, por ser este o período entendido como de máximo potencial de emissão de gases. Pelo mesmo motivo, também foi interesse realizar o estudo no período de verão (dezembro e janeiro).

Esta instalação apresentam dimensões de 12,5m de largura por 138m de comprimento, sendo alojadas 100.000 aves em seu interior, distribuídas em quatro baterias (alas) de gaiolas cada uma com seis andares de gaiolas (Figura 12).



Figura 14: Galpão de criação de galinhas poedeiras, sistema vertical, mecanizado.

3.1. Caracterização do ambiente quanto à temperatura e umidade relativa

Foram coletados continuamente, dados térmicos ambientais (temperatura e a umidade relativa do ar no interior da instalação), próximos aos pontos de coletas dos dejetos (esteiras), ao longo de todo o comprimento do aviário. Para tais medições foram utilizados sensores de temperatura e umidade conectados ao sistema One-Wire™, desenvolvido pela Dallas Semiconductor.

O sistema corresponde a uma rede de transmissão de dados, a qual consiste de um mestre (dispositivo que inicia e controla a transferência de dados) e escravos (dispositivos da série One-Wire™, adaptadores e sensores endereçados, controlados pelo mestre), sendo os sensores de temperatura do tipo DS24381 e DS18B20, e de umidade relativa do ar, HIH4000, os quais transmitiram os dados para serem armazenados em computadores instalados no início de cada linha de coleta. Na Figura 13A encontra-se representado o sensor de temperatura e umidade envolvido por um invólucro de pvc para proteção de poeiras, minimizando eventuais erros, resultados incorretos na leitura de umidade relativa do ar. Na Figura 14 observamos como foram distribuídos os sensores de temperatura e umidade pela instalação.

O software STRADA, desenvolvido por Rocha et al. (2008), foi utilizado para realizar a transmissão e aquisição dos dados aferidos pelos sensores de temperatura e de umidade. Na Figura 13B é observado a caixa onde foi instalado o computador para coleta e armazenamento dos dados de temperatura e umidade.

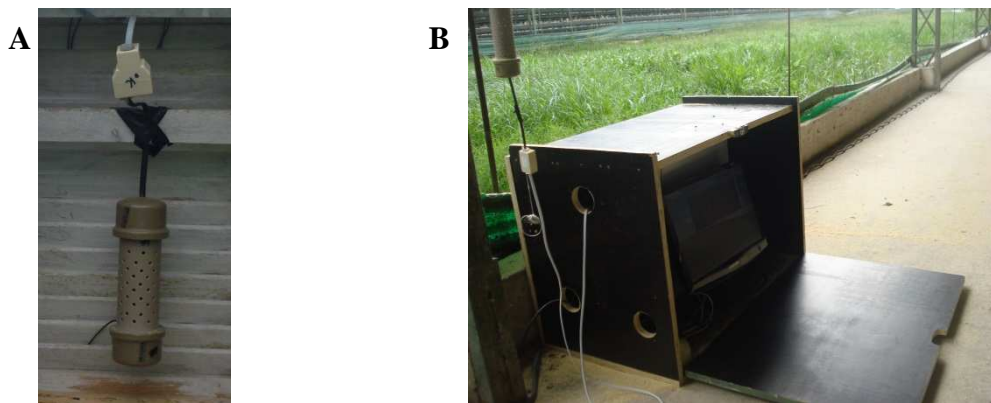


Figura 15: A, Sensor de temperatura e umidade envolvido por invólucro de pvc. B, caixa para proteção do computador para coleta e armazenamento de dados.

Foram coletados 6 valores de temperatura e humidade relativa do ar para cada minuto e em seguida foi realizada uma média horária, durante intervalos de tempo de 24 horas.

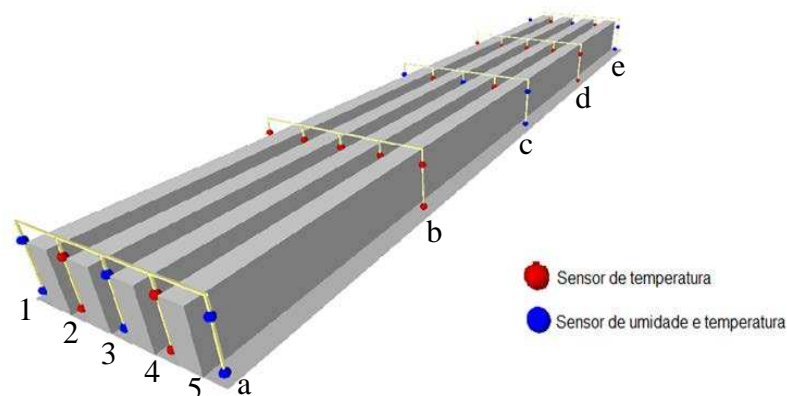


Figura 16: Distribuição dos sensores de temperatura e umidade.

3.2. Concentração de amônia no ar

A concentração de NH_3 emitida nos aviários automatizados, foi mensurada com sensores GasAlert Extreme, da BW Technologies modelo GAXT-A-DL, a cada três horas, a partir das seis da manhã, durante um intervalo de tempo de 24 horas, sendo assim, possível elaborar um perfil da concentração de amônia ao longo do dia dentro do aviário. Os pontos de coletas foram distribuídos formando uma linha perpendicular ao comprimento do galpão, sendo que foi colocado um sensor em cada corredor de passagem para funcionários, totalizando cinco pontos de coletas de dados. Os sensores foram fixados a 1,80m do solo. Foram mensurados os valores relativos à emissão de amônia durante cinco minutos em cada ponto simultaneamente.

As medições foram realizadas em dias correspondentes ao primeiro dia após a retirada dos dejetos das galinhas poedeiras do galpão, e, no dia em que as esteiras seriam acionadas para nova limpeza. Seguindo o manejo já adotado pela granja, a retirada dos dejetos foi realizada a cada três dias, após cada leitura os sensores eram retirados da instalação e recolocados próximo ao horário nas novas medições.

Os corredores foram numerados de 1 a 5 e atribuindo-se letras de “a” a “e” para as linhas de sensores de temperatura e umidade, como está apresentado na Figura 14. Os sensores para coleta de amônia foram distribuídos ao longo da linha “c”, a qual esta situada na metade do comprimento do galpão, formando os pontos c1, c2, c3, c4 e c5 onde foi mensurada a amônia emitida.

Os dejetos foram retirados mecanicamente, por meio de esteiras posicionadas abaixo de cada andar de gaiolas carregando-os no sentido do ponto “a” para o ponto “e”, onde eles são direcionados a outra esteira, que transporta todos os dejetos para fora da instalação, para

posterior tratamento adequado. Como as extremidades do aviário são fechadas e a movimentação dos dejetos quando passam de uma esteira para outra, proporciona a liberação de gases, optou-se por mensurar a concentração de NH_3 também na área de transição dos dejetos, localizada no final do galpão, no ponto 3e, o qual fica localizado próximo ao painel elétrico responsável pelo acionamento das esteiras. Na Figura 16 é possível observar parte do sistema de retirada das dejeções do aviário.



Figura 17: Sistema de retirada de dejetos do galpão.

3.3. Caracterização dos dejetos produzidos

Coletaram-se amostras dos dejetos das galinhas poedeiras, nos mesmos dias e horários, para determinação dos seus níveis de nitrogênio total, umidade relativa e teores de sólidos. As amostras foram coletadas nas esteiras de retirada das excretas do galpão. Para isto, entre a esteira e a gaiola foi colocado um anteparo plástico evitando que as dejeções tivessem contato com a esteira e, assim, não tivessem suas propriedades físicas alteradas. O anteparo foi mantido sob a gaiola por 24 horas, minimizando, assim, as alterações bioquímicas e de umidade dos componentes excretados. Foram realizadas duas repetições ao longo de uma semana. Os pontos de coleta foram distribuídos da seguinte forma: o primeiro esteve posicionado a $\frac{1}{4}$ do comprimento do galpão, contado a partir da extremidade, na figura 04 corresponde ao ponto P1, o segundo foi posicionado na metade do comprimento do galpão (ponto P2) e o terceiro à $\frac{3}{4}$ do comprimento deste (ponto P3). Em cada ponto foram retiradas amostras em duas alturas diferentes ($H1 = 0,5\text{m}$ e $H2 = 1,5\text{m}$) na coluna de gaiolas. Estas coletas foram realizadas nas quatro alas de gaiolas. Na Figura 17 é possível observar a distribuição dos pontos de coleta dos dejetos ao longo das alas.

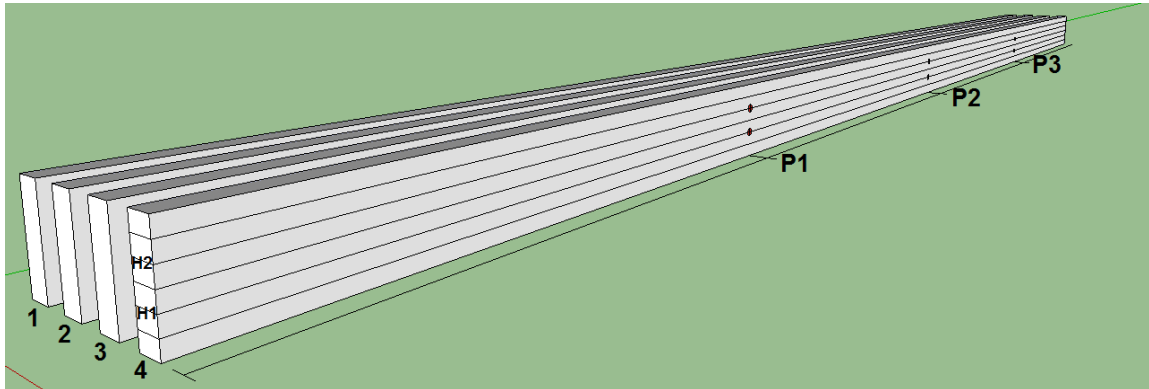


Figura 18: Distribuição dos pontos de coleta de dejetos para posteriores análises em laboratório.

As amostras correspondentes aos pontos P1H1 e P1H2 foram misturadas e homogeneizadas, formando uma amostra composta, o mesmo ocorreu com as amostras P2H1, P2H2 e P3H1, P3H2. Todas as amostras de dejetos coletadas foram armazenadas em recipientes de polietileno tampados, identificados e mantidos sob refrigeração (Figura 18) para posterior análise em laboratório quanto ao conteúdo de nitrogênio total, teor de umidade, sólidos totais e voláteis. Além dos dejetos, também foram recolhidas amostras das rações ofertadas aos animais para comparar os teores de N de entrada com os teores de N presentes nas excretas.



Figura 19: Dejetos coletados e armazenados para análise em laboratório.

3.3.1. Nitrogênio total

Os teores de nitrogênio total foram determinados pelo método Kjeldahl (APHA, 2005), onde as amostras passaram por um processo de digestão sulfúrica, em um bloco digestor, seguida por destilação em meio alcalino e posterior titulação.

3.3.2. Teor de sólidos totais

Para caracterização das amostras quanto ao seu teor de sólidos totais e, consequentemente, teor de água, seguiu-se a metodologia proposta por APHA (2005). As amostras de esterco coletadas foram acondicionadas em cadinhos de porcelana previamente

pesados, em seguida foi medida a massa do cadinho adicionado a amostra, para se obter a massa úmida (M_U) do material. Após esta etapa, foram levados à estufa com circulação forçada de ar, sendo a temperatura mantida em 65°C até atingirem peso constante. O material foi resfriado em dissecadores para nova pesagem em balança de precisão de 0,01g, obtendo-se o peso seco (PS).

3.3.3. Teor de sólidos voláteis

Os teores de sólidos voláteis (SV) foram determinados também seguindo-se a metodologia descrita por APHA (2005). O material já seco em estufa, resultante da determinação dos sólidos totais, foi levado à mufla, em cadinhos de porcelana previamente tarados, e mantidos a temperatura de 575°C por um período de 2 horas, após queima inicial com a mufla parcialmente aberta, para eliminação de gases. Em seguida, o material resultante foi pesado em balança analítica com precisão de 0,0001g, obtendo-se o peso das cinzas ou matéria mineral.

4. Resultados e discussão

4.1. Caracterização do ambiente quanto à temperatura e umidade relativa do ar

A Tabela 15 faz referência às médias das temperaturas máximas observadas ao longo de uma hora em cada ponto em estudo. Já a Tabela 16, traz informações sobre os valores correspondentes a umidades máximas médias, registrados em cada hora ao longo do dia.

Tabela 15: Temperatura máxima média ao longo da linha central do galpão.

Média das temperaturas máximas observadas nos pontos de coleta de NH ₃ e dos dejetos (C°).													
Primeiro dia após limpeza							Dia da limpeza (três dias com os dejetos acumulando sobre as esteiras)						
Horário	c1	c2	c3	c4	c5	Abrigo	c1	c2	c3	c4	c5	Abrigo	
06:00	18,7	22,4	23,9	22,2	17,6	18,1	16,8	20,6	22,3	20,6	15,8	16,4	
09:00	20,1	23,2	24,7	23,3	18,8	19,1	22,5	25,1	25,2	23,9	19,5	20,1	
12:00	23,6	25,8	26,1	25,0	21,1	21,0	27,9	30,3	29,7	29,1	24,4	25,2	
15:00	26,9	29,2	29,6	29,4	24,9	24,9	24,4	27,1	28,4	27,4	23,3	23,9	
18:00	23,3	26,3	27,4	26,0	21,9	22,6	27,8	29,9	30,4	29,5	25,7	26,9	
21:00	20,6	23,5	24,9	23,5	19,3	20,2	22,1	24,9	26,0	24,9	20,9	21,5	
00:00	18,3	21,2	22,2	21,0	17,0	17,5	19,9	22,8	24,3	22,9	18,8	19,7	
03:00	18,1	21,8	23,3	21,7	17,0	17,6	18,4	22,1	23,9	22,2	17,6	18,0	
06:00	18,0	21,8	23,3	21,6	16,9	17,3	18,0	21,7	23,3	21,6	17,0	17,7	

É observado que as temperaturas mais elevadas estão concentradas no ponto c3, este fato é devido, a este ponto estar localizado no corredor central do galpão, onde, ocorre menor

movimentação natural de ar, pois as alas de gaiolas funcionam como barreiras à circulação dos ventos.

Tabela 16: Umidade máxima média ao longo da linha central do galpão.

Média das umidades máximas observadas nos pontos de coleta de NH ₃ e dos dejetos (%).								
Horário	Primeiro dia após limpeza				Dia da limpeza (três dias com os dejetos acumulando sobre as esteiras)			
	c1	c3	c5	Abrigo	c1	c3	c5	Abrigo
06:00	89,0	90,8	72,0	91,6	71,5	87,4	88,3	91,1
09:00	83,7	79,1	70,5	87,8	67,2	83,2	73,7	82,1
12:00	77,7	62,4	68,9	83,8	55,4	74,6	57,1	64,4
15:00	66,7	69,9	60,8	69,4	61,1	63,5	67,5	70,6
18:00	78,4	58,6	67,6	79,6	53,1	76,0	55,1	57,7
21:00	87,9	74,9	74,2	88,4	65,3	86,4	74,1	76,4
00:00	88,7	85,2	75,6	92,1	71,3	86,9	83,9	85,2
03:00	89,6	85,3	72,4	96,6	68,7	88,2	84,8	86,9
06:00	89,9	87,5	72,1	97,3	70,3	88,4	85,9	88,7

É possível ressaltar quando observado os dados presentes na Tabela 16 que a umidade relativa do ar dentro da instalação não é uniforme, tanto na faixa longitudinal quanto na faixa transversal a instalação, este fato pode ser explicado devido ao galpão não apresentar fechamento nas laterais, estando exposto assim, as correntes de ar do ambiente externo.

4.2. Concentração de amônia no ar

A NR 15 especifica que: “o valor máximo de concentração é igual ao limite de tolerância (LT) multiplicado por um fator de desvio estabelecido pela própria norma, que varia de acordo com o limite de tolerância de cada agente químico”. Para a amônia, como o LT é igual a 20 ppm, esse fator de desvio corresponde a 1,5, o qual proporciona o limite estabelecido de 30 ppm ($20 \times 1,5 = 30$) como sendo o valor máximo ao qual uma pessoa poderá ser exposta a esse gás por um curto período de tempo. Valores de concentração de amônia elevados, acima dos padrões especificados, levam as aves a desenvolverem problemas sérios de saúde, especialmente no aparelho respiratório, predispondo-as a várias doenças inclusive a cegueira.

A Tabela 17 traz os resultados médios verificados nos horários pré-determinados, para os dias 16 e 18 de janeiro de 2013.

Tabela 17: Concentração de amônia, linha central do galpão.

Concentração de amônia observada nos pontos de coleta (ppm de NH ₃), na faixa central do aviário.		
Horário	Primeiro dia após limpeza	Dia da limpeza (três dias com os dejetos acumulando

sobre as esteiras)

	c1	c2	c3	c4	c5	c1	c2	c3	c4	c5
06:00	0	0	3	0	0	0	0	7	0	0
09:00	0	0	5	0	0	0	8	16	3	0
12:00	0	0	4	0	0	0	4	17	3	0
15:00	0	0	4	0	0	0	4	7	0	0
18:00	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
00:00	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
06:00	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0

Com base nos resultados encontrados, verifica-se que no dia seguinte à limpeza do galpão, os corredores um, dois, quatro e cinco não apresentaram concentrações de amônia perceptíveis aos sensores, enquanto o corredor três apresentou uma concentração relativamente baixa durante todo o dia, com valores mais elevados no fim do período de medição, possivelmente devido ao tempo decorrido após a limpeza. A presença de NH_3 no corredor três e a falta da detecção deste gás nos demais corredores no dia seguinte à limpeza pode ser explicada, possivelmente, pelo fato de que os corredores um, dois e quatro estão próximos as laterais do galpão sendo, portanto, mais beneficiados pela a ventilação natural, a qual foi suficiente para a diluição e eliminação deste gás na proporção em que ele esteve eventualmente sendo gerado.

Quanto à avaliação dos resultados encontrados no dia de limpeza, ou seja, após três dias de estocagem nas esteiras, verifica-se a ausência de amônia nos corredores um e cinco, fato novamente ocorrido provavelmente devido à proximidade das laterais abertas do galpão, possibilitam assim a troca de ar nesses corredores eliminando o eventual gás emitido. A maior concentração de NH_3 nos corredores dois e três, nos horários de 12:00, 15:00 e 18:00h, podem ser explicadas pela menor ventilação nestes corredores em comparação com os demais corredores e o fato de que, nestes horários, ocorrem valores de temperaturas mais elevados, facilitando a formação e liberação de NH_3 .

A Tabela 18 foi confeccionada com os resultados coletados na extremidade do galpão por onde os dejetos são retirados. O sensor foi fixado no ponto e3 do galpão (Figura 14), pois verificou-se a necessidade de realizar medições quanto a concentração de NH_3 , uma vez que este local possui uma menor ventilação natural e alta movimentação dos dejetos. Esta combinação de fatores possibilitou a presença de amônia já no primeiro dia após a limpeza das esteiras coletoras de dejetos

Tabela 18: Concentração de amônia, final do galpão.

Situação das esteiras	Concentração de amônia observada (ppm de NH ₃) no ponto de coleta localizado ao ponto final do aviário (3e), local de transição dos dejetos.								
	Horário								
	06:00	09:00	12:00	15:00	15:30	18:00	21:00	00:00	03:00
Limpas	0	3	8	0	0	0	0	0	0
Três dias de acúmulo de dejetos	0	7	6	26	6	3	0	0	0

O fato dos valores da concentração de NH₃ coletados no dia de limpeza do sistema, terem sido elevados às 15 horas, correspondente a 26 ppm (superior ao recomendado para as aves e ao estabelecido pela NR 15), pode ser explicado devido ao funcionamento das esteiras de dejetos, lembrando que este ponto (e3) é onde ocorrem maior movimentação das dejeções, as quais são passadas das esteiras sob as gaiolas para a esteira que vai retirá-los do galpão. Após a limpeza dos dejetos, a concentração de amônia no interior da instalação tende, naturalmente, a reduzir significativamente.

Nas Figuras 11 e 12, é possível observar, graficamente, a diferença de concentração de amônia entre os corredores de serviço no centro da instalação. Já na Figura 13, encontra-se apresentado os valores de concentração de amônia nos dias imediatamente após a limpeza do galpão e no dia de limpeza no final da linha de gaiolas.

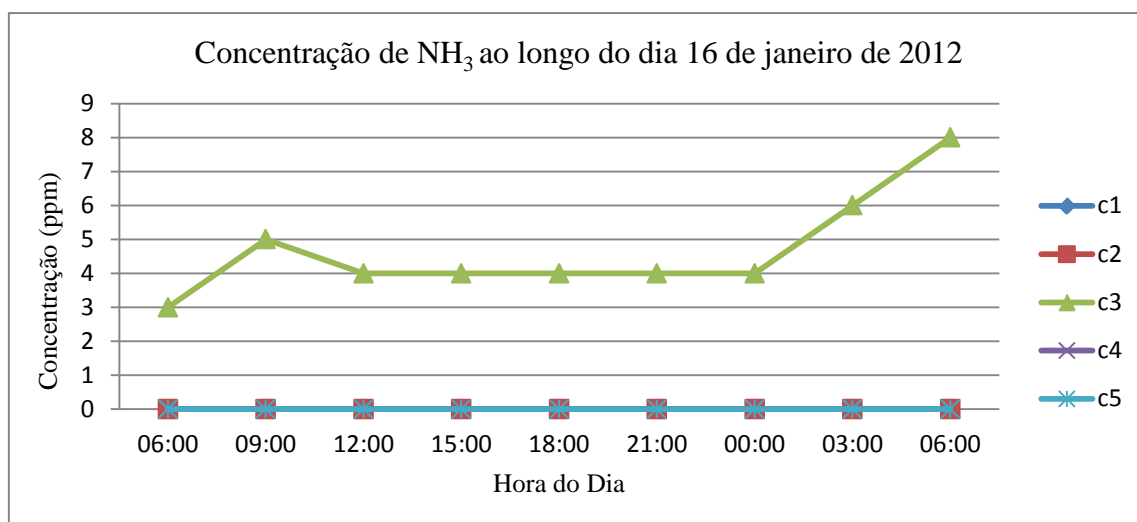


Figura 11 – Concentração de amônia no primeiro dia após a retirada dos dejetos de dentro da instalação.

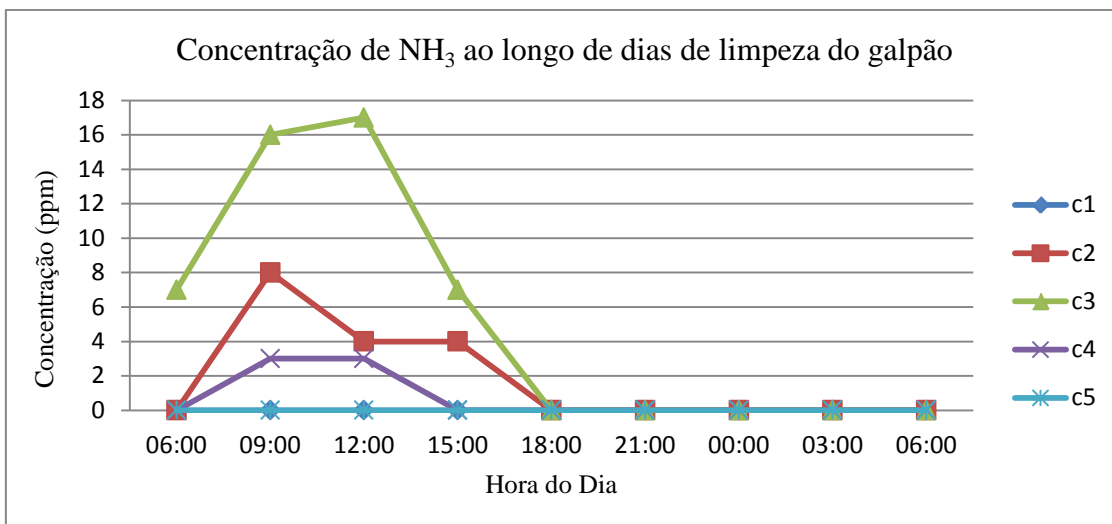


Figura 12 – Concentração de amônia no dia de limpeza da instalação.

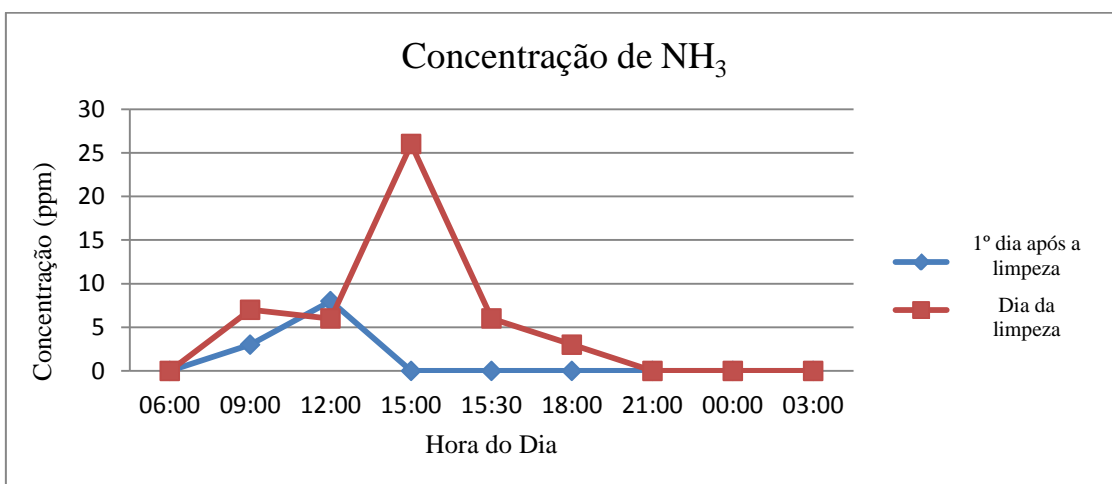


Figura 13 – Concentração de amônia no final do galpão (Ponto 3e)

4.3. Nitrogênio total

A concentração média de nitrogênio total encontrada nos dejetos foi de 4,98 %, valor este, sem diferença significativa entre as amostras observadas. Considerando-se os resultados de concentração média de N nos dejetos de galinhas poedeiras, descrito por diversos autores, citados na Tabela 19, que estão de acordo com os dados obtidos nesta pesquisa.

Tabela 19: Teores de concentração média de N em dejetos de galinhas poedeiras

Autor	Médias da concentração de N nos dejetos de galinhas poedeiras (%)
LEESON et al. (2000)	5,00
EL-BOUSHY, POEL (1994)	4,00
PROCHNOW et al. (1995)	5,45
AUGUSTO (2007)	7,40

LEESON et al. (2000) encontrou ainda uma média de 2,9% de N nos mesmos dejetos quando acumulados por um ano. Já segundo AUGUSTO (2007) encontrou 3,26 % de N presente nos dejetos armazenados por um período igual a um ano. Desta forma infere-se que o tempo de armazenamento influencia reduzindo o teor de N dos dejetos.

4.4. Teor de sólidos totais

A umidade média dos dejetos de galinhas poedeiras é um fator primordial para a atividade microbiana que converterá o ácido úrico em NH_3 . Peixoto (1998) em experimento conduzido com aves poedeiras criadas em gaiolas avaliou a umidade dos dejetos encontrando teores médios de umidade em torno de 76%, sem diferença significativa entre eles para períodos curtos de armazenamento (1h, 2 h e 3 h). Patrick e Schaible (1980) relatou umidade média de 74,35% no esterco. De forma equivalente, neste trabalho foi encontrado uma umidade média de 74% entre as amostras analisadas, sem diferença significativa, o que representa uma média de aproximadamente 26% para o teor de sólidos totais.

O alto teor de umidade relativa dos dejetos, em torno de 74%, observado pelas análises realizadas possibilita maiores taxas de geração e emissão de NH_3 uma vez que o processo de degradação do ácido úrico é mais eficiente na presença de altas umidades.

4.5. Teor de sólidos voláteis

Após a passagem das amostras pela processo de determinação do teor de sólidos totais, as amostras foram levadas a mufla, por um período de duas horas, à uma temperatura de 575°C, para determinação do teor de sólidos voláteis, cujos valores resultaram em 7% do teor de sólidos totais.

5. Conclusão

Os valores para a NH_3 emitida dentro do galpão de criação das aves de postura adultas, em sistemas verticais com esteira automatizadas de retirada de dejetos, são considerados baixos, fato este atribuído à retirada frequente dos dejetos de dentro das instalações e à ventilação natural, dos galpões abertos. As maiores taxas (contudo ainda baixas) de emissão de NH_3 foram observadas no corredor central do galpão devido a pouca circulação natural do ar, a qual fica prejudicada pelas baterias de gaiolas. Valores extremos de emissão de NH_3 (26ppm) foram observados no final da instalação onde ocorre a retirada dos dejetos, atividade esta, que foi realizada no período mais quente do dia o que proporciona maiores atividades bacterianas possibilitando assim, geração e emissão de NH_3 . Estas concentrações são devidas

à alta movimentação do esterco, provocando uma maior liberação deste gás. Quanto à caracterização físico-química dos dejetos, os valores relativos encontrados para o esterco de galinhas poedeiras, foram condizentes com a literatura consultada quanto aos níveis de nitrogênio e teores de sólidos totais e voláteis, quando analisados dejetos provenientes de aviários verticais.

6. Literatura Citada

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. Washington, D.C, USA: APHA American Public Health Association, 2005.

AUGUSTO, K. V. Z. **Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos em sistemas de produção de ovos: compostagem e biodigestão anaeróbia**. 2007. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 131p

BAEK, B. H.; ANEJA, V. P. Measurement and analysis of the relationship between ammonia, acid gases, and fine particles in Eastern North Carolina. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 54, n. 5, p. 623-633, 2004.

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

CAMARGO, O. et al. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1986. 94p. **Boletim Técnico**, v. 106,

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. p. 384.

DEMMERS, T. et al. First experiences with methods to measure ammonia emissions from naturally ventilated cattle buildings in the UK. **Atmospheric environment**, v. 32, n. 3, p. 285-293, 1998.

EL-BOUSHY, A. R.; POEL, A. **Poultry feed from waste: processing and use**. London: Chapman & Hall Ltd, 1994. 438 ISBN 0412582805.

GROOT KOERKAMP, P. et al. Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, n. 1, p. 79-95, 1998.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985.

LESSON, S.; SUMMERS, J. D.; DIAS, G. J. **Nutricion aviar comercial**. Santa Fé de Bogotá: Gonzalo J. Diaz Gonzalez, 2000. 359p.

PATRICK, H.; SCHAIBLE, P. J. **Poultry: feeds and nutrition**. 1980. ISBN 0870553534.

PEIXOTO, R. R. Técnica experimental: tempo de coleta de excrementos de aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. 1998. Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: SBZ, 1998.

PHILLIPS, V. et al. A review of methods for measuring emission rates of ammonia from livestock buildings and slurry or manure stores, Part 1: Assessment of basic approaches. **Journal of agricultural engineering research**, v. 77, n. 4, p. 355-364, 2000.

PILEWSKIE, P. Climate change: Aerosols heat up. **Nature**, v. 448, n. 7153, p. 541-542, 08/02/print 2007.

PROCHNOW, L. et al. Controlling ammonia losses during manure composting with the addition of phosphogypsum and simple superphosphate. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 2, p. 346-349, 1995.

ROCHA, K. et al. Remote environmental monitoring and management of data systems. Central theme, technology for all: sharing the knowledge for development. Proceedings of the International Conference of Agricultural Engineering, XXXVII Brazilian Congress of Agricultural Engineering, International Livestock Environment Symposium-ILES VIII, Iguassu Falls City, Brazil, 31st August to 4th September, 2008., 2008. International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), Institut fur Landtechnik.

SILVA, C. L. D. Gestão Ambiental: Responsabilidade com visão de negócio. **Diálogos & Ciência – Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana**, v. 1, Acesso em: 19 de dezembro 2013. Abril 2003. ISSN 1678-0493. Disponível em: < http://www.ftc.br/revistafsa/upload/26-09-2006_16-57-08_cristiano.pdf >.

UBABEF - União Brasileira de Avicultura. **Relatório anual, 2013**. São Paulo. 113p. 2013.