PEDRO ANTONIO DOS SANTOS

QUALIDADE DO AR, CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO DE FRANGO DE CORTE EM DOIS SISTEMAS DE AQUECIMENTO E DE VENTILAÇÃO

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

PEDRO ANTONIO DOS SANTOS

QUALIDADE DO AR, CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO DE FRANGO DE CORTE EM DOIS SISTEMAS DE AQUECIMENTO E DE VENTILAÇÃO

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

APROVADA: 13 de junho de 2008.

Prof[a]. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco
(Co-Orientadora)

Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino

Prof. Jadir Nogueira da Silva

Prof. Tadayuki Yanagi Junior

Prof. Fernando da Costa Baêta
(Orientador)

Às mulheres de minha vida:

minha mãe (*in memoriam*)

Antonia,

minha esposa

Natália e

minhas filhas

Naianne e Larissa.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A DEUS.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do Curso.

À Universidade Federal de Roraima, pela oportunidade de aperfeiçoamento e pelo apoio financeiro.

À empresa Nogueira Rivelli Ltda., em nome de seus proprietários e seus administradores, em especial a Carlos, Marquinhos e Bruno, pela oportunidade, pelo apoio e acolhimento; aos funcionários e a todos os técnicos agrícolas do fomento, pelo apoio despendido.

Aos professores da UFV, em particular a Fernando da Costa Baêta, Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Cecília de Fátima Souza, Jadir Nogueira da Silva, Evandro de Castro Melo, Paulo Roberto Cencon, Fernando Pinheiro Reis, Sérgio Zolnier, Aristides Ribeiro e Brício dos Santos Reis, pelos ensinamentos e pela amizade.

Ao professor Jadir Nogueira da Silva pelo empréstimo de equipamento para medição de gases, facilitando a coleta dos dados.

Aos membros da Comissão Orientadora, professores Fernando da Costa Baêta, Ilda de Fátima Ferreira Tinôco e Paulo Roberto Cecon, pelas orientações e sugestões durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos estudantes de pós-graduação da área de Construções Rurais e Ambiência e do Núcleo de Estudos do Ambiagro, pela ajuda na montagem do experimento, pela convivência, paciência e amizade, em especial às minhas amigas Akemi, Irene, Maria Clara, Josiane, Cínara, Claúdia, Deborah e Keles e aos meus amigos Marcos, Neiton, Humberto, Marcelo, Juliano, Mateus, José Vilela, Keller e Zanatta.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental da UFV, pela disposição de ajudar, em especial a Edna, Renato, Marcos, Galinari, Zé Mauro, Claudemir e Pedro.

E a todos aqueles que, de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

PEDRO ANTONIO DOS SANTOS, filho de Antonio José dos Santos e Antonia Cezário dos Santos, nasceu em 14 de março de 1956, na cidade de Flórida Paulista, Estado de São Paulo.

Em 1982, graduou-se em Agronomia pela Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista, em Paraguaçu Paulista, Estado de São Paulo.

Em 1983, foi contratado pela empresa Destilaria Pau D'alho para exercer a função de agrônomo na produção de cana-de-açúcar.

Em 1984, teve enquadramento funcional como técnico da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Território Federal de Roraima, EMATER/TFRR.

Em 1988, teve enquadramento funcional como professor de 1º e 2º graus da Secretaria de Educação do Território Federal de Roraima, SEDUC-TFRR.

Em 1994, foi redistribuído para a Universidade Federal de Roraima (UFRR) para exercer a função de professor de 1º e 2º graus na Escola Agrotécnica da UFRR.

Em março de 2003, foi liberado de suas funções na UFRR para treinamento em Construções Rurais e Ambiência, em nível de mestrado, na Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG.

Em agosto de 2004, foi liberado de suas funções na UFRR para treinamento em Construções Rurais e Ambiência, em nível de doutorado, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa da tese em junho de 2008.

SUMÁRIO

RESUMO ..... **viii**
ABSTRACT ..... **x**
1. INTRODUÇÃO GERAL **1**
2. REVISÃO DE LITERATURA **4**
2.1. Bem estar animal 4
2.2. Alguns princípios básicos da termorregulação em frangos de corte 6
2.3. Os elementos ambientais e seus efeitos na criação de frango de corte 8
2.4. Acondicionamento térmico das aves na fase de aquecimento 12
2.4.1. Aquecedores tendo como combustível o gás liquefeito de petróleo 12
2.4.2. Aquecedores tendo como combustível a lenha 13
2.5. Acondicionamento térmico das aves na fase de crescimento 14
2.5.1. Sistema de ventilação positiva em modo túnel 16
2.5.2. Sistema de ventilação positiva lateral 16
2.6. A Qualidade do ar na granja de frangos de corte 17
2.6.1. Efeitos da qualidade do ar na produção de frangos de corte 18
2.6.1.1. Poeira e microorganismos na produção avícola 18
2.6.1.2. Poluentes gasosos na produção avícola 19
2.6.1.2.1. Dióxido de carbono ou gás carbônico (CO_2) 20
2.6.1.2.2. Monóxido de carbono (CO) 20
2.6.1.2.3. Amônia (NH_3) 21
2.6.2. Insalubridade para os trabalhadores das granjas 22
2.6.3. A qualidade do ar e as doenças metabólicas em frango de corte. 22
Síndrome da hipertensão pulmonar (ascite) e a qualidade do ar 23

3. EXPERIMENTO 1

EFEITO DE DOIS SISTEMAS DE AQUECIMENTO NA QUALIDADE DO AR, NO CONFORTO TÉRMICO E NO DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE NA FASE INICIAL

3.1. INTRODUÇÃO 26
3.2. MATERIAL E MÉTODOS 30
3.2.1. Características arquitetônicas dos galpões 30
3.2.2. Características e manejo do sistema de aquecimento 31
3.2.3. Aves experimentais 32
3.2.4. Instrumentos e medições para caracterizar o ambiente térmico 32
3.2.4.1. Interior dos galpões 32
3.2.4.2. Exterior dos galpões 33
3.2.5. Indicadores para caracterizar o ambiente térmico 33
3.2.6. Instrumentos, medições e os indicadores para caracterizar a qualidade do ar .. 33
3.2.7. Avaliação do desempenho dos frangos 34
3.2.8. Consumo de combustíveis utilizados nos sistemas de aquecimento 35
3.2.9. Umidade da cama aviária 35
3.2.10. Delineamento experimental 35
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 36
3.3.1. Avaliação dos indicadores do conforto térmico ambiente 36
3.3.1.1. Temperatura do ar (Ta) e umidade relativa (UR) 36

3.3.1.2. Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) 40
3.3.1.3. Efeitos das cortinas 42
3.3.2. Avaliação da qualidade do ar 45
3.3.3. Avaliação do desempenho das aves 50
3.3.4. Custos dos combustíveis utilizados nos sistemas de aquecimento 51
3.3.5. Umidade da cama na fase de aquecimento 51
3.4. CONCLUSÕES 52
3.5. APÊNDICE DO EXPERIMENTO 1 54

4. EXPERIMENTO 2

EFEITO DE DOIS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO POSITIVA NA QUALIDADE DO AR, CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE NA FASE DE CRESCIMENTO

4.1. INTRODUÇÃO 62
4.2. MATERIAL E MÉTODOS 64
4.2.1. Características arquitetônicas dos galpões 65
4.2.2. Características e manejo do sistema de ventilação 65
4.2.3. Aves experimentais 66
4.2.4. Instrumentos e medições para caracterizar o ambiente térmico..... 66
4.2.5. Indicadores para caracterizar o ambiente térmico..... 67
4.2.6. Instrumentos, medições e indicadores para caracterizar a qualidade do ar..... 67
4.2.7. Avaliação do desempenho dos frangos 68
4.2.8. Umidade da cama aviária 69
4.2.9. Delineamento experimental 69
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 69
4.3.1. Avaliação do conforto térmico ambiental 69
4.3.1.1. Temperatura do ar e umidade relativa..... 70
4.3.1.2. Índice de temperatura de globonegro e umidade e carga térmica de radiação72
4.3.2. Avaliação da qualidade do ar ambiente 75
4.3.3. Avaliação do desempenho das aves 78
4.3.4. Umidade da cama na fase de crescimento das aves 80
4.4. CONCLUSÕES. 81
4.5. APÊNDICE DO EXPERIMENTO 2 82

5. CONCLUSÕES GERAIS 87
6. REFERÊNCIAS 89

RESUMO

SANTOS, Pedro Antonio dos, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2008. **Qualidade do ar, conforto térmico e desempenho de frango de corte em dois sistemas de aquecimento e de ventilação** Orientador: Fernando da Costa Baêta. Co-Orientadores: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco e Paulo Roberto Cecon.

Dada a importância que a produção de frangos de corte ocupa no cenário mundial, temas como qualidade de vida, bem-estar animal e mudanças climáticas passaram a ser incorporados ao negócio avícola como condições imperativas à manutenção da atividade. Dessa forma, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a criação de frangos de corte em duas fases, a inicial sob dois sistemas de aquecimento e a de crescimento sob dois sistemas de ventilação, ambas tendo como base o conforto térmico, a qualidade do ar, o desempenho das aves e a umidade da cama aviária. Na fase inicial, acrescentaram-se também o efeito de cortinas e o consumo de combustível. Para tanto, foram realizados dois experimentos no período de 15 de agosto a 12 de setembro de 2005, utilizando-se quatro galpões similares de um mesmo núcleo, destinados à criação comercial de frangos de corte e situados na área experimental da Empresa Nogueira Rivelli Alimentos, localizada na região de Barbacena, Minas Gerais. No experimento 1, fase inicial da criação, utilizaram-se aves com idades entre 7 e 17 dias, alojadas em dois galpões equipados com fornalhas de aquecimento indireto do ar, uma tendo como combustível o gás liquefeito de petróleo e a outra, a lenha. Em cada um dos sistemas, foram alojadas 8.800 aves da marca COBB, constituídas por machos e fêmeas e recebendo o mesmo manejo. No experimento 2, fase de crescimento, utilizaram-se aves com idade entre 18 e 35 dias, alojadas em quatro galpões, dois equipados com o sistema de ventilação em modo túnel e dois com sistema lateral, cada um dos sistemas alojando 17.500 aves, da marca COOBB, na densidade de 18 aves.m^{-2}, sendo metade machos e metade fêmeas. Em ambos os experimentos, os ambientes térmicos foram caracterizados por valores de temperatura do ar (Ta), umidade relativa (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR); a qualidade do ar no ambiente dos galpões foi caracterizada pelas concentrações dos gases amônia (NH_3), dióxido de carbono (CO_2) e monóxido de carbono (CO); e o desempenho das aves foi avaliado pelo consumo de ração (CR), peso vivo (PV), conversão alimentar (CA), taxa de mortalidade (TM) e índice de eficiência produtiva (IEP), sendo avaliado

também, em ambos os experimentos, a cama aviária pelo seu teor de umidade. No experimento 1 também foi avaliado o efeito das cortinas sobre o sistema de aquecimento com base na temperatura do ar ambiente, bem como foram comparados os custos dos combustíveis utilizados nos dois sistemas de aquecimento. Considerando os valores decrescentes de ITGU de 78 a 70, na fase inicial, como principal indicador de conforto térmico, o sistema de aquecimento à lenha proporcionou melhor ambiente quando comparado com o sistema de aquecimento a gás; as três cortinas utilizadas nos dois galpões equipados com os sistemas de aquecimento a gás e a lenha, respectivamente, não foram suficientes para minimizar as trocas térmicas com o ambiente externo e, portanto, assegurar as temperaturas desejáveis de conforto para as aves, entre 31 e 26 ºC. Na fase de crescimento, com Ta entre 15 ºC e 26 ºC e ITGU entre 69 e 77, os dois sistemas de ventilação, o de modo túnel e o de ventilação lateral, foram eficientes para manter as aves em condições de conforto no interior dos galpões. Em relação à qualidade do ar e considerando como limites as concentrações de 20 ppm de NH_3, 3.000 de CO_2 e 10 de CO para aves e 20, 3.900 e 39 ppm para humanos, respectivamente, as concentrações mensuradas no interior dos galpões nas fases inicial e de crescimento das aves foram inferiores àquelas considerados de risco à saúde das aves e trabalhadores, à exceção do CO detectado no período noturno, no galpão equipado com o sistema de aquecimento à lenha, que ultrapassou o limite recomendado para aves. Os valores observados de umidade da cama nos galpões, tanto na fase inicial quanto na de crescimento das aves, não indicaram efeitos negativos tanto dos dois sistemas de aquecimentos quanto dos dois sistemas de ventilação, considerando-se como ideal a umidade entre 20% e 35%. Comparando os custos entre os materiais combustíveis, observou-se que o galpão equipado com a fornalha à lenha indicou uma economia da ordem de 34% em relação ao galpão equipado com a fornalha a gás. Quanto ao desempenho produtivo, notou-se que na fase inicial as aves alojadas no galpão equipado com o sistema de aquecimento à lenha apresentaram ganho de peso 0,95% maior e conversão alimentar 0,61% menor, portanto melhores valores do que o das aves alojadas no galpão equipado com o sistema de aquecimento a gás; e na fase de crescimento, comparando os galpões equipados com o sistema de ventilação em modo túnel e lateral, as aves alojadas nos galpões com o sistema lateral apresentaram melhores desempenhos, com ganho de peso de 4,3% maior, conversão alimentar 1,55% menor e índice de eficiência produtiva de 5,4% maior.

ABSTRACT

SANTOS, Pedro Antonio dos, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, June 2008. **Air quality, thermal comfort and broiler performance in two heating systems and of ventilation.** Adviser: Fernando da Costa Baêta. Co-Adivisers: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco and Paulo Roberto Cecon.

Given the importance of broiler production in the world scenario, issues like life quality, animal welfare and climatic changes have been incorporated into the poultry business as imperative conditions for its maintenance. Thus this work aimed to evaluate broiler production in two phases: the initial phase, under two heating systems and the growth phase under two ventilation systems, both phases based on thermal comfort, air quality, broiler performance and aviary bed humidity, with the initial phase also including curtain effect and fuel consumption. Two experiments were carried out from August 15 to September 12, 2005, using four similar sheds from the same nucleus used for commercial broiler production and located at the experimental area of the enterprise Nogueira Rivelli Alimentos in Barbacena- Minas Gerais. In the experiment 1, at the initial phase, 7 and 17 days old broilers were kept in two sheds equipped with indirect air heating furnaces, one using liquefied petrol gas and the other using firewood. In each system, 8.800 COBB line broilers were maintained with half being males and half females and receiving the same handling. In the experiment 2, at the growth phase, 18 and 35 days old broilers were kept in four sheds, two equipped with a tunnel ventilation system and two with a lateral ventilation system, each keeping 17.500 COOBB line broilers in the density of 18 broilers $.m^{-2}$, half males and half females. The thermal environments in both experiments were characterized by air temperature (aT), relative humidity, black globe temperature and moisture index (BGTMI) and radiant thermal load values; air quality in the shed environments was characterized by concentrations of ammonia gas (NH_3), carbon dioxide (CO_2) and carbon monoxide (CO); broiler performance was evaluated by feed consumption, live weight, feed conversion, mortality rate and productive efficiency. In both experiments, aviary bed was evaluated based on the humidity content in it, curtain effect in both heating system was based on ambient air temperature and heating system cost based on fuel consumption. Considering the BGTMI decreasing values at the initial phase, from 78 to 70, as major thermal comfort indicator, the firewood heating system provided better thermal environment, when compared with the heating system using gas. The three curtains used in the two

sheds equipped with the heating systems gas and firewood, respectively, weren't enough to minimize the thermal changes with the external environment and, therefore, assure the comfort desirable temperatures for the broilers, between 31 and 26 ºC. At the growth phase, with aT between 15 ºC and 26 ºC and BGTMI between 67 and 77, both ventilation systems, tunnel and lateral, showed to be efficient in keeping the broilers under comfort conditions. Regarding air quality, taking as limits the concentrations 20 ppm NH_3, 3.000 ppm CO_2 and 10 ppm CO for broilers and 20; 3.900 and 39 ppm for humans, respectively, the concentrations measured inside the sheds in the initial phase and of broilers growth, were inferior to those considered of risk to the broilers and workers health, except CO detected in the nocturnal period, in the shed equipped with the heating system to the firewood, that overtook the limit recommended for broilers. The values observed of bed humidity in the sheds, in both, initial phase end broilers growth phase, didn't indicate negative several effects in the two heating and ventilation systems, considering the ideal humidity between 20% and 35%. Comparing the costs between combustible materials, it was observed that the shed equipped with the firewood furnace indicated savings of 34% regarding the shed equipped with the gas furnace. According the productive performance it was observed that in the initial phase, the broilers lodged in the shed equipped with the heating system using the firewood furnace had a weight gain of 0,95% and alimentary conversion decrease of 0,61%, therefore, better values than the broilers lodged in the shed equipped with the gas heating system; and, in the growth phase, comparing the sheds equipped with the tunnel and lateral ventilation system, the broilers lodged in the sheds with the lateral system, had better performances than the broilers in the sheds with tunnel ventilation system, with weight gain of 4,3%, alimentary conversion decrease of 1,55% end index productive efficiency of 5,4% larger.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os avanços tecnológicos conseguidos pela avicultura brasileira nas últimas décadas foram decisivos para que esse segmento se consolidasse como um dos setores da agroindústria mais competitivos do mundo. Paralelamente às melhorias genéticas, evoluíram também as tecnologias voltadas para a nutrição, ambiência, biosseguridade e melhor qualidade nos manejos, exigindo, para tanto, instalações bem planejadas e equipadas, de forma a propiciar qualidade ambiental para que as aves expressem todo o seu potencial produtivo.

Todos esses avanços, citados previamente, já não são o bastante, sendo imprescindível que o setor avícola esteja atento para o que está ocorrendo fora dele. Na última década, a qualidade do ar e o bem-estar animal se tornaram preocupantes para a sustentabilidade do negócio avícola, pois ambos os quesitos têm implicações comerciais. Os consumidores podem optar por não comprar produtos avícolas e seus derivados de granjas que poluem o meio ambiente ou que não atendam às condições de bem-estar animal.

Essa mudança de comportamento do consumidor se deve, em grande parte, à globalização dos mercados, que com o alicerce da comunicação, cada vez mais democratizada e de fácil acesso, tornam as pessoas a cada dia mais informadas. Assim, adquirem maior embasamento para escolher o que é melhor e não mais aceitam ser colocadas em qualquer situação sem antes refletir sobre a qualidade de vida, vantagens e desvantagens, benefícios e malefícios.

Em relação à poluição do ar, a produção dos gases advinda do setor agropecuário interessa sob dois aspectos: primeiro pelas evidências epidemiológicas de que a exposição diária aos poluentes pode comprometer a saúde de animais e trabalhadores; segundo, altos níveis desses poluentes podem contribuir para alterações do clima.

Para retratar a evolução da avicultura brasileira, os dados da ABEF (2007) indicam que a avicultura brasileira tem-se expressado através das exportações. No qüinqüênio 2000 a 2005, cresceu em média 22,6% ao ano; entretanto, com os reflexos da gripe aviária em 2005/2006, houve decréscimo de 4,6%, porém, em 2007, houve crescimento de 18% em relação a 2006. O Brasil assumiu, desde 2004, a liderança nas exportações mundiais de carne de frango, detendo em média 41,5% ao ano do mercado internacional até 2006 e de 47% em 2007. Além disso, o país se

destaca como o 3º maior produtor mundial de carne de frango desde 2003, tendo produzido em 2007 aproximadamente 10,3 milhões de toneladas. Desse total, o mercado interno absorveu 68% da produção, correspondendo a um consumo "per capita" ano de 37,5 kg, ultrapassando, pela primeira vez na história, o consumo de carne bovina.

A avicultura de corte é uma atividade que tem fortes relações com outros setores da economia. Entre eles se destacam os de grãos; fertilizantes, defensivos, máquinas e equipamentos agrícolas; agentes financeiros; pesquisa agropecuária; transportes; e processamento da produção, armazenamento, distribuição e comércio em geral. E o resultado dessa integração com os setores da economia tem feito da avicultura de corte uma grande atividade geradora de empregos e distribuidora de benefícios sociais. Segundo a UBA (2006), a atividade tem gerado mais de 4 milhões de empregos. No entanto, para manter as conquistas já consagradas, a avicultura de corte tem buscado, através das pesquisas, assegurar a competitividade do setor.

Para controlar e aproveitar os efeitos benéficos dos elementos do clima no interior dos galpões, utiliza-se de artifícios como a ventilação natural, o paisagismo circundante, a orientação e altura do abrigo, o uso de pinturas, cobertura adequada, lanternim e manejo de cortinas. Esgotadas essas possibilidades de aproveitamento, outros meios mais sofisticados devem ser utilizados, envolvendo, naturalmente, custos mais elevados, como o uso de sistemas de aquecimento, de ventilação ou exaustão, de aspersão sobre o telhado, de nebulização e de painéis porosos para resfriamento evaporativo (TINÔCO, 1988; BAÊTA; SOUZA, 1997; MORAES, 1999).

A partir dos anos de 1990, emerge uma crescente preocupação dos países desenvolvidos com o meio ambiente. A qualidade do ar deixa de ser uma preocupação apenas da granja, para ser uma preocupação global. E o bem-estar animal e humano e a qualidade de vida passam a ter importância fundamental, principalmente pela União Européia, responsável por grandes importações de carne de frango do Brasil.

Os países importadores iniciaram um processo de redução da emissão de gases para a atmosfera, com o objetivo de preservar as pessoas e os animais das mudanças climáticas que poderiam surgir em razão de tais emissões. Considerou-se que, entre os emissores, a produção animal é também uma das atividades poluentes.

Essa discussão esteve na pauta do PROTOCOLO DE KYOTO (1997). Segundo esse tratado, gases como o dióxido de carbono (CO_2) estaria contribuindo para o efeito-estufa e, por conseqüência, sendo responsável pelo aquecimento global. Vários países signatários desse protocolo, entre eles o Brasil, comprometeram-se a manter a ONU informada sobre seu nível de emissões e buscar o desenvolvimento sustentável como estratégias para reduzir a emissão desses gases, inclusive os de origem animal.

Diante disso, tornou-se necessário, no Brasil, conhecer a concentração de gases nas atividades de produção animal, inclusive nas de produção de frango de corte, visando identificar os níveis que podem afetar a saúde dos trabalhadores e das aves, bem como a sua potencialidade em contribuir para o efeito-estufa. Espera-se, com os resultados desta pesquisa, que seja possível orientar um manejo mais eficiente de aquecimento e arrefecimento ambiental, sem comprometer a qualidade do ar no interior dos galpões e do ambiente externo e nem a produtividade das aves.

Nesse contexto, o objetivo geral deste estudo foi avaliar a criação de frangos de corte em dois experimentos: um na fase inicial de vida das aves, sob dois diferentes sistemas de aquecimento; e um na fase de crescimento, sob dois diferentes sistemas de ventilação. Tais avaliações tiveram como base o conforto térmico, a qualidade do ar e o desempenho das aves.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Bem-estar animal

O grande crescimento do setor de frangos de corte nos últimos anos tem possibilitado o aumento da geração de divisas ao Brasil com o aumento das exportações. Porém, a crescente preocupação dos países desenvolvidos com as condições em que as aves são criadas, principalmente aqueles para os quais o Brasil mais exporta, tem levado os avicultores brasileiros a idealizar novos rumos para a produção de frangos de corte envolvendo os aspectos de bem-estar animal.

São cinco os princípios básicos que norteiam as normas de bem-estar animal: não passar fome ou sede; ter liberdade de expressar seu comportamento natural; não passar medo; ter acesso à saúde e ter acesso a um ambiente confortável. O princípio que mais interessa para o conforto térmico e qualidade do ar é o ambiente confortável, uma vez que os demais estão intimamente ligados aos próprios interesses do produtor, que é a busca pela produtividade.

Nesse sentido, na fase de alojamento dos pintinhos deve-se dar atenção especial ao fornecimento de água e comida, e ao funcionamento adequado dos equipamentos de aquecimento (FILHO; SILVA, 2004).

Nas fases de crescimento e engorda, deverá dar atenção especial às condições da cama, uma vez que a umidade excessiva poderá diminuir sua qualidade e causar problemas de saúde às aves. Quanto a isso, segundo Filho e Silva (2004), a norma especifica que "Todas as aves mantidas em confinamento deverão a todo tempo ter acesso a uma cama ou a uma área bem drenada onde possam ficar e descansar". Quanto ao aproveitamento da cama, a norma indica que "A cama do aviário não deverá ser reaproveitada, pois poderá proporcionar riscos de contaminação de doenças e de reinfestação de parasitas". Já com relação às aves doentes e machucadas, elas deverão ser isoladas em acomodações apropriadas com uma cama seca e confortável.

A Humane Farm Animal Care (HFAC, 2006) também comentou alguns princípios de bem-estar aplicados a frangos de corte:

- Para promover o bem-estar, a alimentação e a água devem ser distribuídas de tal forma que os frangos possam comer e beber sem competição excessiva.
- Quanto ao ambiente no qual os frangos são mantidos, devem ser levadas em conta as suas necessidades de bem-estar e esse ambiente ser projetado para

proteger as aves do desconforto térmico, medo e aflição; além disso, deve-se permitir que os animais mantenham o seu comportamento natural.

- Em relação à qualidade do ar, é recomendado registrar a concentração de amônia (NH_3), de dióxido de carbono (CO_2) e monóxido de carbono (CO) pelo menos uma vez a cada duas semanas.
- A concentração ao nível das aves, no caso da NH_3, deve ser inferior a 10 ppm e não exceder 25 ppm, exceto por curtos períodos.
- Os níveis de CO_2 devem ser inferiores a 3.000 ppm e não exceder 5.000 ppm.
- A concentração de CO deve ser inferior a 10 ppm e não exceder 50 ppm.
- A temperatura do ambiente deve ser avaliada em termos de temperatura efetiva, pois esta representa os efeitos combinados de diversas variáveis, incluindo: temperatura do ar, umidade, velocidade do ar e temperaturas da redondeza.
- Quanto à saúde das aves, recomenda-se que os frangos devem ser protegidos contra dor, ferimentos e doenças. Todos os produtores devem desenvolver um plano de saúde para as suas aves.

A respeito também do bem-estar animal, na Europa, Nadkarni (2006) citou que, segundo o relatório da Comissão Científica da Saúde Animal e do Bem-Estar dos Animais, de março de 2000, a criação de frangos de corte em relação à densidade tinha uma variabilidade de 22,5 $kg.m^{-2}$ (11 $frangos.m^{-2}$) a 42,5 $kg.m^{-2}$ (25 $frangos.m^{-2}$), chegando a atingir ápices de mais de 50 $kg.m^{-2}$. O Parlamento Europeu propôs, então, a limitação do número de frangos em no máximo 30 $kg.m^{-2}$ de peso vivo e até 38 $kg.m^{-2}$ em condições específicas.

Subtendem-se condições específicas aquelas que cumprem uma série de exigências extras de bem-estar, como as relativas aos limites de ventilação e temperatura (UNIÓN EUROPEA, 2005).

Nesse mesmo sentido, a HFAC (2006) também adotou uma densidade de 30 $kg.m^{-2}$. Os produtores que comprovarem a capacidade de operar nos mais altos padrões de bem-estar, determinados por critérios como mortalidade, qualidade do ar e incidência de problemas nas pernas, poderão ter permissão para adotarem uma densidade maior. Dos produtores que não conseguirem alcançar o nível de bem-estar esperado será exigido menor densidade de criação.

De acordo com Nadkarni (2006), o Parlamento Europeu (PE) mostra-se a favor da introdução de um sistema de rotulagem específico com características obrigatórias para o frango de corte e seus produtos derivados, com base no

cumprimento das normas de bem-estar dos animais. A rotulagem assim instituída deixa disponíveis informações ao consumidor e se torna um argumento de venda baseado no bem-estar.

É também citado pela referida autora que o PE propõe que as importações de frango de corte devem ser controladas e, se necessário, proibidas aquelas provenientes dos países onde as granjas não praticam normas semelhantes às adotadas pela União Européia.

No Brasil, ainda não há uma lei que institui normas e diretrizes de bem-estar animal. O que existe é o Projeto de Lei Nº 215/07, em tramitação no Congresso Nacional, denominado Código Federal de Bem-Estar Animal. Nesse Projeto, o art. 4º garantirá aos animais condições mínimas de temperatura, umidade e qualidade do ar, de luminosidade, de exposição solar, de ruído e de espaço físico e condições sanitárias. Isso tudo conforme as necessidades fisiológicas e hábitos dos animais.

Com relação à produção animal envolvendo reprodução, manejo, transporte, comercialização e abate dos animais destinados ao consumo ou à produção de subprodutos, o Projeto de Lei, em seu art. 69, estabelece que os princípios de bem-estar animal devam ser considerados em todas essas fases. No caso específico da produção de frango de corte, em seu capítulo II, normas de bem-estar estão definidas em conformidade com as normas internacionais, já comentadas anteriormente. Ressalta-se que o art. 101, no item XI, não descrimina os limites de gases e de variáveis ambientais em que as aves podem ser submetidas para se garantir um ambiente confortável, subentendendo que o conforto ambiental se consegue com o manejo adequado dos sistemas de aquecimento ou de ventilação.

Aprovar uma lei de proteção dos animais no Brasil constitui-se na oportunidade de internacionalizar conceitos de bem-estar que foram ou estão sendo implementados em muitos países. Embora as regras de comércio internacional ainda não tenham incorporado restrições em relação às práticas de bem-estar animal, estas podem assumir importância no processo de diferenciação e competitividade dos produtos e, conseqüentemente, serão alvos de maior rigor por parte dos países desenvolvidos (SILVA et al., 2005).

2.2. Alguns princípios básicos da termorregulação em frangos de corte

Nos primeiros dias de vida, o sistema termorregulador das aves ainda não está totalmente desenvolvido (FREEMAN, 1988; MACARI et al., 1994; ALBINO, 1998;

NÃÃS, 2000). E é em razão disso que o produtor se preocupa em propiciar condições de algum tipo de aquecimento do ar ambiente em período frio, principalmente em certas regiões do Sudeste e Sul do Brasil.

As aves, por serem animais homeotérmicos, de acordo com Macari (1996), possuem temperatura interna praticamente constante, ao redor de 41,5 ºC, independentemente da variação da temperatura do ambiente externo. Segundo Baêta e Souza (1997), no animal o órgão responsável pela estabilidade da temperatura interna é o hipotálamo, localizado no cérebro, que regula também a ingestão de alimentos e água.

Segundo Müller (1982), o hipotálamo anterior controla a vasodilatação, o suor e o aumento da respiração, enquanto o posterior, a produção de calor e a vasoconstrição. De acordo com esse mesmo autor, o calor pode ser oriundo de um dos diversos mecanismos: transformação da energia química dos alimentos; calor metabólico; atividade muscular; prenhez e lactação. Baêta e Souza (1997) acrescentaram que todos esses mecanismos podem ser influenciados pela temperatura do ambiente externo, pelo tamanho ou peso do corpo, pelo plano de nutrição e pelo isolamento térmico do animal.

De acordo com Teixeira (2002) e Abreu (2003a), a dissipação de calor do corpo do animal para o meio ambiente ocorre pelos processos sensíveis e latentes. As formas sensíveis consistem dos processos de condução, radiação e convecção e a forma latente, do processo de evaporação. Só há dissipação de calor sensível se houver gradiente de temperatura entre o animal e o meio ambiente. No processo de condução, a dissipação de calor é realizada de molécula a molécula, por meio do contato. No processo de radiação, o calor perde-se pela emissão de ondas eletromagnéticas. A convecção ocorre quando pelo menos um dos corpos envolvidos é um fluido, de forma que o começo do processo se dê por condução, e a partir daí o processo passa a ocorrer por meio de movimento de massa de ar. A evaporação ocorre pela mudança de estado da água, de líquido para vapor, retirando-se energia.

Quando as condições térmicas ambientais no interior da instalação não estão dentro de limites adequados, o organismo animal ajusta os mecanismos fisiológicos termorreguladores, para manter sua homeotermia, seguindo-se uma série de respostas ao estresse térmico, ora por frio, ora por calor, com os objetivos de produzir, conservar ou dissipar calor (HAFEZ, 1973; CURTIS, 1983; ESMAY; DIXON, 1986).

Baêta e Souza (1997) e Furlan (2006) definiram a zona de conforto térmico como aquela faixa de temperatura efetiva ambiente em que a taxa metabólica do animal é mínima, a homeotermia é mantida com menos gasto energético devido ao mínimo esforço dos mecanismos termorreguladores e, conseqüentemente, o desempenho produtivo do animal é otimizado.

2.3. Os elementos ambientais e seus efeitos na criação de frango de corte

No Brasil, o principal fator de adaptação dos animais para a produção tem sido os altos valores de temperatura do ar, associados aos de umidade relativa, que ocorrem em algumas regiões, o que reduz a produtividade de algumas espécies, quando comparados aos níveis de produção em climas subtropicais e temperados (YANAGI JUNIOR, 2006).

Normalmente, o ambiente térmico animal é caracterizado pela temperatura, umidade relativa, vento e radiação. Segundo Baêta e Souza (1997) e Barnwell e Rossi (2002), esses elementos não atuam isoladamente; eles apresentam efeito conjunto que pode ser traduzido por uma temperatura ambiental efetiva. Tal temperatura é um índice térmico, a exemplo do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).

Temperaturas baixas e fora da faixa de conforto, principalmente em período de inverno, nos primeiros dias de vida das aves podem resultar em menor ganho de peso, que dificilmente será recuperado nas fases de crescimento e engorda, além de promover uma não-uniformidade do lote.

Aves recém-nascidas, de acordo com Macari et al. (1994) e Albino (1998), não possuem capacidade de termorregulação desenvolvida, o que somente ocorre de 10 a 15 dias após o nascimento, necessitando, portanto, de cuidados extras e de fonte externa de calor para manter a temperatura corporal constante, ao redor de 41 ºC.

Nesse sentido, Furlan (2006) citou que, em experimento conduzido com pintainhos criados em temperaturas ambientais de 35, 25 e 20 °C, foi observado que aqueles criados em temperaturas abaixo da zona de conforto (20 °C) tiveram consumo de ração menor do que aqueles em temperaturas de conforto (35 °C). Salienta-se que esse efeito foi mais acentuado a partir do 3° dia de idade das aves, possivelmente porque até essa idade os pintainhos têm reservas contidas no saco vitelino. Também, observou-se agregação dos animais, objetivando reduzir a perda de calor para o meio. Assim, presume-se que, quanto menor a temperatura ambiente,

maior o tempo em que as aves permanecerão agregadas e, com isso, menores o número de idas ao comedouro. Os mesmos efeitos foram verificados quanto ao consumo de água.

A Tabela 1 ilustra as faixas de temperatura ambiente consideradas confortáveis ao nível das aves e no galpão, para cada faixa etária.

Tabela 1 – Faixas de temperaturas ambientes consideradas confortáveis para pintainhos

Idade (semanas)	**Temperatura (ºC)**	
	Ao Nível das Aves	**No Galpão**
1	30 - 33	27 - 29
2	29 - 31	25 - 27
3	27 - 29	24 - 25
4	25 - 26	22 - 24
5	22 - 23	21 - 22
6 em diante	21	20

Fonte: CONY; ZOCCHE, 2004.

Com relação à umidade relativa do ar, como se sabe, esta influencia o processo de evaporação da água do trato respiratório e da pele, com conseqüente remoção de calor da superfície onde ocorreu a evaporação. Esse processo consome energia da ordem de $2{,}4337.10^6$ $kJ.m^{-3}$ de água evaporada. Em ambientes com UR elevada a dada temperatura, ocorre menos dissipação de calor por evaporação, aumentando o desconforto térmico do animal.

As recomendações de temperatura e umidade para frangos de corte, em função da interação de dois elementos climáticos, estão apresentadas na Tabela 2. De acordo com AGROCERES (2004), quando a UR cai abaixo de 50% durante os primeiros dias é necessário tomar medidas para aumentá-la, a fim de evitar que os pintainhos se desidratem.

Tabela 2 – Relação entre temperatura de conforto térmico (ºC), umidade relativa (UR, %) e idade de frangos de corte

Idade (dias)	Umidade relativa (%)				
	≥ 80	70	60	50	≤ 40
1	33	33	33	33	35
2	32	32	32	32	34
3	31	31	31	31	33
4	30	30	30	30	32
5	30	30	30	30	32
6	29	29	29	29	31
7	29	29	29	29	31
8	28	29	29	29	31
9 - 12	27	28	28	29	31
13 - 16	26	27	27	29	31
17 - 20	25	26	26	28	30
21 - 24	24	25	26	27	29
25 - 30	23	24	25	27	29
31 - 35	22	23	25	26	28
> 35	21	22	24	25	27

Fonte: RONCHI, 2004.

Segundo Teixeira (2002), ambientes com elevada umidade relativa, além de reduzir o processo evaporativo de dissipação de calor, provoca umedecimento da cama aviária, proliferando microrganismos patogênicos e o conseqüente aparecimento de doenças. No entanto, umidade do ar abaixo de 50%, quando em interação com altas temperaturas, provoca dessecação das vias respiratórias das aves, causando-lhes desconforto, o que pode ser traduzido em redução no consumo de alimento e no ganho de peso.

De acordo com Baião (1995) e Oliveira et al. (2006), a capacidade das aves em suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar. Quanto maior essa umidade, mais dificuldade a ave tem para remover calor interno pelas vias aéreas, o que leva ao aumento da freqüência respiratória. Todo esse processo que a ave realiza no sentido de manutenção da homeotermia promove modificações fisiológicas que podem comprometer seu desempenho.

Segundo Tinôco (1998), um ambiente é considerado confortável para aves adultas quando apresenta temperaturas de 16 a 24 ºC e umidade relativa do ar de 50 a 70%. Temperaturas abaixo e acima da faixa de conforto podem resultar em alterações metabólicas, com conseqüente queda no desempenho das aves.

Pesquisando o comportamento de frangos de corte submetidos a diversas combinações de temperatura e umidade em câmara climática e monitorados por

câmeras de vídeo, Sevegnani et al. (2005) concluíram que tais condições influenciam a ingestão de ração e água. Os resultados indicaram que, quanto maior a temperatura e a idade mais avançada da ave, maior a ingestão de água e menor a ingestão de ração.

Com relação à ventilação, Cony e Zocche (2004) relataram que ela é necessária até mesmo durante o período de aquecimento, de forma que haja suficiente troca de ar para evitar o acúmulo de gases prejudiciais, como CO_2, CO e NH_3.

Silva e Nããs (2004) relataram que o mecanismo de movimentação de ar por ventilação do galpão ajuda não só a retirada de calor produzido pelas aves, como também melhora a dissipação de calor delas. Ainda segundo esses autores, dentro de certas situações a velocidade do ar de 2 $m.s^{-1}$ a 2,5 $m.s^{-1}$ pode corresponder a uma redução de 5 ºC a 6 ºC na temperatura ambiente.

Com relação à radiação, a temperatura de globo negro (tgn) tem sido bastante utilizada, pois incorpora em um único valor a temperatura do ar, a velocidade do vento e a radiação. Quando se adiciona a tgn com a temperatura bulbo úmido (tbu), obtém-se o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), desenvolvido por Buffington et al. (1981), equação (1), para predizer as condições de conforto térmico. É um índice muito utilizado nas condições de clima brasileiro, em que as instalações para animais são, em sua maioria, consideradas abertas e, por isso, pode incorporar em seu valor os efeitos da radiação e da velocidade dos ventos, além de serem construídos, no geral, com materiais com baixa resistência térmica.

$$ITGU = 0,72\ (t_{gn} + t_{bu}) + 40,6 \qquad (1)$$

Em pesquisa feita por Oliveira et al. (2006) para avaliar cortes nobres de frango de corte, foram utilizadas as temperaturas de globo negro para caracterizar os ambientes de conforto, de calor seco e de calor úmido obtendo, respectivamente, 25,1 ± 2,99; 35,0 ± 0,14; e 31,2 ± 1,82 ºC, e as umidades relativas registradas nos ambientes de calor seco e calor úmido foram, respectivamente, de 40 e 75%. A pesquisa concluiu que altas temperaturas de globo negro prejudicam o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade, e os efeitos foram mais acentuados quando a umidade relativa do ar aumentou.

Por fim, Medeiros et al. (2005) analisaram o efeito da interação de três elementos climáticos: a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do ar, em frangos de corte criados de 1 a 21 dias de idade em galpões convencionais e de 22 a 42 dias em câmaras climáticas. Os tratamentos compreenderam combinações de temperaturas, umidades relativas e velocidades do ar. Foram observados desempenho zootécnico, mortalidade, respostas fisiológicas e comportamento animal pela manhã, tarde e noite em cada tratamento. Verificou-se que, em ambientes com índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) variando de 69 a 77, as aves mostraram-se calmas, normalmente dispersas e altamente produtivas.

2.4. Acondicionamento térmico das aves na fase de aquecimento

Procurando propiciar aquecimento de aves recém-nascidas, vários sistemas de aquecimento foram desenvolvidos para atender à diversidade de avicultores em diferentes regiões do Brasil, com diferentes condições climáticas e diferentes situações socioeconômicas. Segundo Abreu (2003a) e Ronchi (2004), os sistemas mais utilizados no setor avícola, de acordo com a disponibilidade da fonte energética de alimentação, têm sido o sistema com aquecedores a gás e o sistema com aquecedores à lenha. Esses autores complementaram dizendo que, ao escolher um sistema de aquecimento, deve ser levados em consideração a capacidade de produção de calor e os benefícios que o sistema trará para a qualidade do ar do interior dos galpões.

2.4.1. Aquecedores tendo como combustível o gás liquefeito de petróleo

Dentre os aquecedores a gás, podem ser citados: campânulas tradicionais à gás, campânulas a gás com placa de cerâmica refratária e os aquecedores a gás tipo infravermelhos.

As campânulas tradicionais a gás utilizam tanto o gás natural quanto o gás liqüefeito de petróleo. Possuem um queimador de gás, em que o calor é transmitido às aves por radiação, condução e convecção com fluxo direcionado para baixo. De acordo com Abreu (2003b), como são instaladas a pouca altura do chão, podem ocasionar uma distribuição não uniforme da temperatura em seu raio de ação. Devido a essa baixa altura de instalação, os gases provenientes da combustão se acumulam abaixo da campânula, podendo prejudicar o aparelho respiratório dos pintainhos.

Essas campânulas são de fácil manuseio, apresentam pouca manutenção, possuem boa mobilidade e apresentam capacidade para aquecimento de 500 a 1.000 pintinhos.

Abreu (2003b) também citou que os aquecedores a gás com placa de cerâmica refratária são uma evolução dos aquecedores a gás tradicionais, apresentando uma placa de cerâmica refratária que faz uso mais intenso do efeito da radiação, por meio de chama incandescente. Devido ao efeito radiativo, esses aquecedores podem ser instalados a uma altura um pouco superior aos anteriores, melhorando, assim, a distribuição da temperatura. Esses aquecedores apresentam como desvantagem a fragilidade da placa cerâmica, que pode quebrar-se no manuseio do aquecedor. Possuem uma capacidade mediana de aquecimento, sendo, por isso, recomendados para aquecer entre 700 e 800 pintos.

Já os aquecedores a gás tipos infravermelhos, de acordo com Silva e Naãs (2004), promovem o aquecimento dos pintinhos e o piso por meio da radiação de luz infravermelha diretamente para baixo. A campânula infravermelha produz mais calor, podendo ser instalada a uma altura superior acima do piso em relação às tradicionais, variando de 0,90 a 1,20 m e possibilitando maior número de pintainhos cobertos por cada campânula, ao redor de 1.000 pintainhos.

2.4.2. Aquecedores tendo como combustível a lenha

Em razão dos altos preços do gás liquefeito de petróleo e das incertezas do abastecimento interno, para amenizar os seus custos de produção os avicultores vêm optando pela utilização da lenha, por ser uma fonte energética mais acessível, renovável e de baixo custo.

Os aquecedores à lenha podem ser do tipo campânulas ou fornalhas. As campânulas que utilizam a lenha como combustível, segundo Ferreira (2004), são inseridas no interior do galpão e possuem um módulo central no qual a lenha é queimada. O calor é transmitido por condução, convecção e radiação para o interior do galpão. Esse tipo de aquecimento, além de provocar deslocamentos excessivos do operador dentro do aviário, produz grande quantidade de fumaça e fuligem, necessitando de manutenção constante para evitar entupimento das chaminés, que são pesadas e de difícil remoção para serem limpas.

As fornalhas podem ter como combustível a lenha ou carvão vegetal. O sistema consiste de fornalha (Figura 1), chaminé, exaustor, termostato, alarme e

tubos distribuidores de ar quente. Os queimadores podem estar localizados externa ou internamente ao aviário. O ar externo sugado por exaustor de 1,47 kW, ao ser aquecido em volta da chaminé e da câmara de queima, é levado aos tubos perfurados, distribuídos no comprimento do aviário. O consumo de lenha é de aproximadamente 1 $m^3.dia^{-1}$ num aviário de 100 m de comprimento, dependendo das condições climáticas. A lenha a ser usada deve estar seca, para evitar a má combustão e, conseqüentemente, a liberação de gases tóxicos.

Figura 1 – Modelo de fornalha de aquecimento indireto do ar.

Ferreira (2004) estudou fornalhas a carvão vegetal, tendo constatada a viabilidade técnica e econômica do sistema, em razão de não haver comprometimentos dos índices zootécnicos e da qualidade do ar no interior do aviário. Foram verificados os gases CO_2, CO e NH_3, em concentrações não prejudiciais às aves e aos trabalhadores.

2.5. Acondicionamento térmico das aves na fase de crescimento

No Brasil, em razão das condições climáticas, a criação de frangos de corte tem sido predominantemente conduzida em aviários abertos, que segundo Baêta (1998), em períodos quentes, quando se abrem cortinas e lanternim, a ventilação natural é maximizada nesses aviários. Porém, em condições de calor intenso e em regiões de pouca ventilação, há necessidade de adoção da ventilação artificial.

Ao planejar uma instalação para frangos de corte objetivando o máximo de aproveitamento das condições naturais, Tinôco e Resende (1997) relataram que devem ser observados itens importantes, como: localização, orientação,

características do material de cobertura, largura e altura do pé-direito do galpão, tamanho dos beirais, emprego de lanternim, uso de vegetação para reduzir o impacto da radiação solar na construção e o favorecimento da ventilação natural dentro das instalações.

Ainda segundo esses autores, o acondicionamento térmico natural deve sempre nortear qualquer projeto avícola, pois possibilita uma economia substancial de energia e é capaz de controlar, pelo menos parcialmente, as condições de temperaturas elevadas. Contudo, o acondicionamento térmico natural nem sempre é suficiente para manter o conforto térmico em níveis satisfatórios em todas as regiões brasileiras.

Um dos recursos para promover o arrefecimento térmico do ambiente de frangos de corte é a utilização da ventilação simples, apenas com a utilização de ventiladores, denominada ventilação forçada ou mecânica.

Segundo Rivero (1986), utiliza-se a ventilação artificial em todos os casos em que a natural não é possível, insuficiente ou não oferece garantia de efetividade. Ao fazer uso da ventilação artificial em aviários, Donald (1996) citou que temperatura de 32,2 ºC e velocidade do ar de 1,0 $m.s^{-1}$ são capazes de gerar uma condição equivalente a 26 ºC e a uma velocidade de 2,0 $m.s^{-1}$, 24 ºC, o que é favorável em condições de temperaturas elevadas.

Existem basicamente duas formas de promover artificialmente a movimentação do ar no interior dos aviários, por sistema de ventilação com pressão negativa e por sistema de ventilação com pressão positiva.

No sistema de ventilação por pressão negativa, o ar é succionado por exaustores de dentro para fora, criando um vácuo parcial no interior da construção e, desse modo, succionando o ar externo. A utilização desse sistema de ventilação ocorre mais em ambientes controlados, no caso de incubatórios avícolas ou galpões semiclimatizados, enquanto no sistema de ventilação com pressão positiva o ar externo é forçado, por meio de ventiladores, a entrar na construção, criando um gradiente de pressão de fora para dentro da instalação. É o sistema mais comum nos aviários de construção aberta, podendo ser de dois tipos: sistema de ventilação positiva em modo túnel e sistema de ventilação positiva lateral (MIDWEST PLAN SERVICE, 1990; BAETA; SOUZA, 1997; ABREU; ABREU, 2000; TINÔCO, 2004).

2.5.1. Sistema de ventilação positiva em modo túnel

Segundo Cunningham (1995), Donald (1996), Abreu e Abreu (2000) e Tinôco (2004), o sistema consiste em criar um fechamento lateral do galpão por meio de cortinas bem vedadas e uso de forro para reduzir o volume de ar a ser carreado, e os ventiladores são posicionados ao longo do comprimento do galpão de forma a succionar o ar de uma extremidade e levá-lo para fora, através da extremidade oposta de modo uniforme (Figura 2). Esse sistema pode criar uma corrente de ar com alta velocidade que chega a 2,5 $m.s^{-1}$, removendo calor do interior do galpão e facilitando a dissipação de calor por convecção pelas aves.

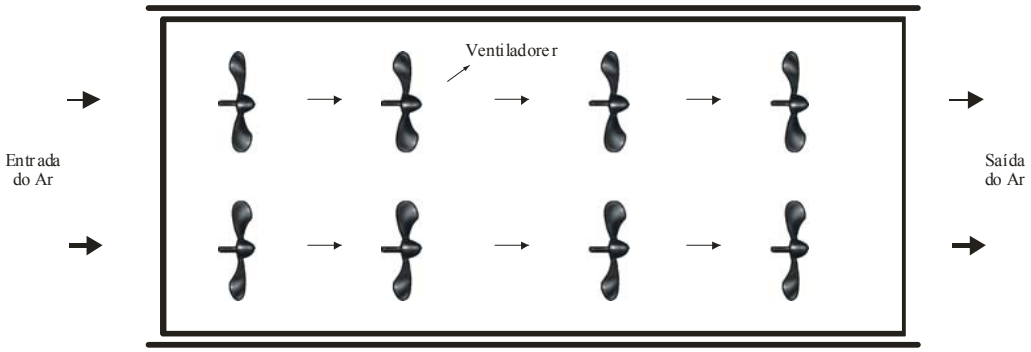

Figura 2 – Sistema de ventilação positiva em modo túnel.

2.5.2. Sistema de ventilação positiva lateral

Outro tipo de ventilação recomendado para aviários é o sistema de ventilação positiva lateral, também denominada ventilação transversal. De acordo com Tinôco e Resende (1997) e Moraes (2002), nesse sistema os ventiladores são posicionados em uma das laterais do galpão, com o fluxo voltado no sentido da largura e a favor do vento dominante local, objetivando o aumento de sua eficiência (Figura 3). De acordo com Tinôco (2004), no Brasil a maioria dos ventos dominantes vem do sul, e os galpões são orientados no sentido leste-oeste; normalmente se colocam os ventiladores na face sul do galpão. E se os ventos dominantes não sejam sul, mas inclinados, aconselha-se a colocar os ventiladores nesse sentido.

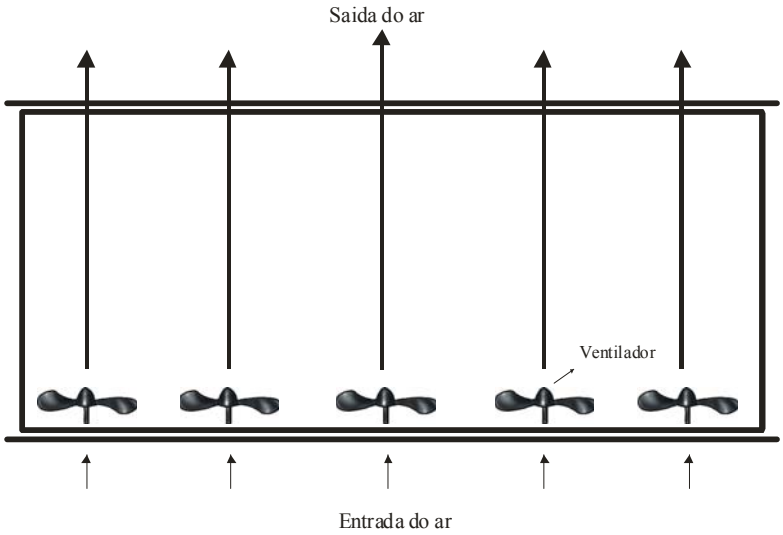

Figura 3 – Sistema de ventilação positiva lateral.

Em pesquisa desenvolvida por Ferreira (1996), foi constatado que, quando com cortinas abertas e colocando os ventiladores lateralmente, o sistema propicia melhor ambiente térmico e requer menor consumo de energia elétrica do que os ventiladores posicionados longitudinalmente. O desempenho das aves, com base no ganho de peso, consumo de ração e taxa de mortalidade, também apresentou melhores resultados.

2.6. A qualidade do ar na granja de frangos de corte

Em condições normais, o ar contém poeira de origens mineral, vegetal ou animal e também microrganismos, esporos e odores. À medida que as concentrações dessas substâncias ultrapassam certos valores, elas passam a ser consideradas poluentes ou contaminantes, ocasionando problemas de sanidades animal e humana.

Atualmente, além dos conceitos de conforto térmico para a produção avícola, há a necessidade de atenta vigilância do ambiente interno das instalações quanto aos níveis anormais de substâncias sólidas e líquidas suspensas no ar e de substâncias gasosas produzidas.

Os poluentes do ar podem ser classificados em pó, fumaça, neblina, orvalho, vapores e gases e carrear materiais biológicos, como pólen, pêlos e microrganismos. Muitas pesquisas relacionam a influência da má qualidade do ar ao desenvolvimento de doenças respiratórias em aves e seres humanos (NÄÄS, 2004).

2.6.1. Efeitos da qualidade do ar na produção de frangos de corte

O ar é fonte de oxigênio para o metabolismo de qualquer espécie animal, além de ser ótimo veículo de dissipação do excedente de calor, do vapor d'água, dos gases provenientes dos animais e da decomposição dos dejetos, da poeira liberada pela cama e outros. Todos esses fatores agem poluindo e alterando as características normais do ar, tendo como conseqüências aumento na suscetibilidade de doenças respiratórias, resultando, conseqüentemente, em prejuízos ao processo produtivo (MACARI; FURLAN, 2001; TINÔCO, 2004).

Segundo Nããs (2004), são encontradas altas concentrações de gases, de poeiras, de microrganismos e de micotoxinas em instalações para abrigo de animais, principalmente nas que utilizam ambientes fechados.

2.6.1.1. Poeira e microrganismos na produção avícola

A qualidade do ar dentro de uma instalação avícola está intimamente ligada com a densidade, idade e atividade dos animais e também com a qualidade e manejo da cama. Os poluentes do ar têm suas origens nas próprias aves, através das penas, da pele e excretas, da ração e da cama, sendo pequena parte vinda com o ar externo.

Wang et al. (1999) constataram que a poeira contribui para a incidência de doenças respiratórias entre os trabalhadores de granjas, e tal incidência varia com as mudanças climáticas e em granjas que fazem uso da ventilação artificial.

Baêta e Souza (1997) citaram como poeiras partículas maiores que 1 μ (mícron) e menores que 150 μ. Ainda segundo esses autores, em instalações para aves a produção de poeiras é da ordem de 54 mg/ave/dia, ressaltando-se que o sistema de criação em gaiola, quando comparado com o sistema de cama, produz 25 a 33% menos poeira.

Em revisão feita por Sarubbi (2003), partículas menores que 7 mm de diâmetro conseguem ter acesso aos alvéolos pulmonares. A inalação de grande quantidade de poeira sobrecarrega os mecanismos de limpeza e promove irritação mecânica, aumentando a predisposição a infecções.

Ainda de acordo com a mesma autora, o impacto das endotoxinas no sistema respiratório ainda não é suficientemente pesquisado em animais. Mas em humanos é sabido que a exposição crônica por anos poderá contribuir para alterações clínicas respiratórias como a bronquite crônica.

Curtis (1983) e Takai et al. (1997) concordaram que a concentração de poeira no ar depende da taxa de ventilação e da poeira gerada, cuja taxa de poeira depende do tipo de galpões, de espécie e idade das aves, do manejo, da densidade, do fotoperíodo e atividade animal, da pressão do ar e da temperatura ambiental.

Pesquisas feitas por Takai et al. (1997) em instalações avícolas indicaram que a concentração de poeira no período de verão estava em torno de 45 mg/m^3. Segundo Hinz e Linke (1998), essa concentração era maior no período do inverno (504 mg/m^3). É que nesse período, quando as cortinas laterais eram fechadas mais freqüentemente e a taxa de ventilação era menor, ocorria aumento na concentração de poeira.

2.6.1.2. Poluentes gasosos na produção avícola

As substâncias em estado gasoso são constituídas pelos gases e vapores. Os vapores são constituídos por materiais em estado gasoso que, nas condições normais de temperatura e pressão, apresentam-se como sólidos ou líquidos. Uma das propriedades mais importantes dos gases e vapores é poderem ser misturados com o ar, passando a fazer parte dele.

O efeito de um ar poluído por gases, segundo Curtis (1983), é que esses gases causam efeitos primários quando agem diretamente sobre o trato respiratório, pele e olhos, que são expostos diretamente ao ambiente. Os efeitos secundários se referem a reações sistêmicas após o gás ter sido absorvido pelos vasos sangüíneos.

De acordo com Baêta e Souza (1997), os gases se concentram em diferentes locais, dentro da construção. Esses têm maior tendência à difusão por convecção, formando um gradiente baseado no peso molecular. Por exemplo, o dióxido de carbono, uma vez e meia mais pesado que o ar, foi encontrado em concentrações diferenciadas no forro, em comparação com o piso.

Conforme a Commission Internationale du Génie Rural – CIGR (1989), nas instalações os gases originam-se da respiração dos animais e de outras fontes, como a decomposição microbiana da urina e de fezes, que é afetada pela temperatura, pelo pH e pela água proveniente dos excrementos.

Os poluentes gasosos mais significativos em instalações para animais são amônia (NH_3), dióxido ou gás carbônico (CO_2), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4) e gás sulfídrico (H_2S) (CURTIS, 1983). No caso das instalações para frangos de corte, a NH_3, o CO_2 e o CO têm sido os gases mais significativos.

2.6.1.2.1. Dióxido de carbono ou gás carbônico (CO_2)

O CO_2, gás inodoro presente no ar atmosférico em concentração média de 350 ppm, é produzido pelos próprios animais e pela queima de combustíveis em sistemas de aquecimento e em maior quantidade pela decomposição dos dejetos. De acordo com Baêta e Souza (1997), a produção de CO_2 pelo animal está diretamente relacionada com a sua produção de calor, sendo esta última função do peso do animal, do nível de alimentação e do ambiente térmico.

No interior das instalações, o CO_2 está presente devido ao processo metabólico dos animais e a processos biológicos. A concentração que normalmente ocorre nas instalações para aves é de 600 a 4.000 ppm, o que não afeta as aves nem o homem (ALENCAR et al., 2002).

De acordo com Nader et al. (2002), o CO_2 quando em concentração de 5.000 ppm causa, nos animais, aumento no ritmo respiratório e respirações mais profundas.

Wathes (1999) recomendou o limite máximo de 3.000 ppm de dióxido de carbono no caso de exposição contínua dos animais nas instalações. Já o limite de exposição para humanos, considerando-se 8 h em média, é de 5.000 ppm.

2.6.1.2.2. Monóxido de carbono (CO)

O CO é um gás venenoso e inodoro que está presente em instalações para aves, principalmente na época fria, nas primeiras semanas de alojamento dos animais. Nesse ambiente, o gás pode surgir a partir da combustão incompleta de combustível devido ao ajuste irregular dos aquecedores e da ventilação inadequada.

Um dos principais efeitos da intoxicação por CO se dá pela dificuldade das moléculas em carrear oxigênio, uma vez que o carbono compete com este na ligação com certas proteínas. Dessa forma, a intoxicação por CO conduz o animal à hipóxia (CURTIS, 1983).

Segundo Lima et al. (2004), o tipo de aquecimento mais utilizado no Brasil é de campânulas a gás GLP, e nesses casos a quantidade de CO no ar, dentro dos galpões fechados, à noite ou sob baixa ventilação, chega a ser da ordem de 10 ppm.

O limite máximo de CO recomendado por Wathes (1999) é de 10 ppm para exposição contínua dos animais nas instalações. No caso dos humanos, considerando-se exposição de 8 h em média, é de 50 ppm.

2.6.1.2.3. Amônia (NH_3)

A NH_3 é geralmente o principal gás que afeta negativamente a saúde das aves e dos trabalhadores. Trata-se de um gás mais leve que o ar, hidrossolúvel, que pode ser absorvido tanto pelas partículas de poeiras e pela cama aviária quanto pelas membranas das mucosas das aves.

Freqüentemente, a NH_3 é tida como o gás poluente tóxico mais encontrado em altas concentrações no interior das instalações zootécnicas, sendo sua formação atribuída à decomposição microbiana do ácido úrico dos excrementos (MACARI; FURLAN, 2001). Esse gás pode ser detectado por humanos a partir de uma concentração de 10 ppm ou menos; por ser menos denso que o ar, movimenta-se com muita facilidade pela instalação (CURTIS, 1983).

Baêta e Souza (1997) citaram que a concentração de NH_3 em instalações para aves é variável, depende do manejo adotado. Em experimentação feita com a criação de frangos, mantida a temperatura de 24 ºC e taxa de ventilação de 1,1 m^3 por hora/ave, a concentração de NH_3 variou de 15 a 90 ppm. Duplicando a taxa de ventilação, a concentração desse gás foi reduzida a um máximo de 50 ppm.

De acordo com Alencar et al. (2002), em muitos países o limite de concentração de amônia para trabalho de 8 $h.dia^{-1}$ é de 25 ppm; para curtos períodos de exposição, esse nível aumenta para 35. Na Suécia, o nível máximo para a permanência do tratador é de 10 ppm. Wathes (1998) recomendou o nível máximo de 20 ppm de NH_3 no interior das instalações.

De acordo com Lima et al. (2004), normalmente as concentrações de NH_3 nas criações de frango de corte estão em torno de 20 ppm. A principal produção do gás está na altura do microambiente da ave, ou seja, cerca de 50 cm de altura da cama, onde está concentrada a fermentação aeróbia dos dejetos. Esse gás diminui significativamente e se dispersa pela ventilação natural, ao alcançar 1 m do piso. No caso de ventilação forçada, essa dispersão é mais rápida, sendo praticamente eliminado todo o gás quando são acionados os sistemas de ventilação.

A amônia, segundo Curtis (1983), quando em concentrações acima do tolerável provoca nas aves, primeiramente, irritação das mucosas dos olhos e das vias respiratórias e posteriormente, quando cai na corrente sangüínea, tem efeito tóxico sobre o metabolismo fisiológico, ocasionando diminuição da ingestão alimentar e redução no ganho de peso, e por isso interfere, de modo geral, no bem-estar das aves.

Instalações avícolas com níveis de NH_3 de 50 e 100 ppm estiveram associadas com a diminuição de produção, o aumento da secreção lacrimal, a traqueíte catarral, a queratoconjuntivite e a fotofobia (CAFÉ; ANDRADE, 2001).

2.6.2. Insalubridade para os trabalhadores das granjas

Schaper (2005) considerou atividades insalubres aquelas que, por sua natureza, exponham o empregado a agentes nocivos à saúde acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos.

Em 8 de junho de 1978, por meio da Portaria 3.214, o Ministério do Trabalho regulamentou os artigos (190, 191, 192, 194 e 195) da Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT), que deram origem às Normas Regulamentadoras – NRs (AVIMIG, 2006).

A Norma Regulamentadora NR15 (1990) descreve e regulamenta, em seu Anexo 11, as atividades consideradas insalubres, nas quais os trabalhadores ficam expostos a agentes químicos. Com base nesse anexo, os limites para exposição aos principais gases detectados na exploração avícola e com jornada de 48 horas semanais são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Limites de tolerância para exposição a gases tóxicos em jornada de 48 horas semanais, segundo a NR-15 em seu Anexo 11 (Revogado pela Portaria nº 3.751, de 23.11.1990)

Tipo de gás	**Unidade de medida**		**Grau de insalubridade**
	ppm	**$mg.m^{-3}$ de ar**	
Dióxido de carbono (CO_2)	3900	7020	Mínimo
Monóxido de carbono (CO)	39	43	Máximo
Amônia (NH_3)	20	14	Médio

Fonte: Adaptado da NR 15, 1990.

2.6.3. A qualidade do ar e as doenças metabólicas em frangos de corte

O frango de corte utilizado na avicultura moderna tem como característica principal o seu rápido crescimento. A sua capacidade de converter alimento em ganho de peso vem aumentando constantemente devido, em grande parte, à evolução genética e nutricional e à melhoria do ambiente térmico e da qualidade do ar no interior dos galpões. O gerenciamento adequado do efeito conjunto de todos esses

elementos tem proporcionado desempenho zootécnico do frango de corte bastante satisfatório, com importante ganho de peso em tempo cada vez menor.

Um crescimento corporal muito rápido sempre aumenta as necessidades de oxigênio do organismo. O aumento de volume da massa dos músculos peitorais, em relação ao volume de outros órgãos como rins, pulmões e coração, acentua ainda mais os desequilíbrios metabólicos. Essas conseqüências, características do rápido crescimento, muitas vezes se fazem acompanhar por falhas no funcionamento dos sistemas cardiovascular e respiratório. Elas se manifestam, nas criações, pelas síndromes de prostração, de morte súbita e de ascite, em detrimento dos rendimentos zootécnico e econômico dos plantéis (COTTA, 2003).

A morte súbita, citada por esse autor, qualquer que seja a condição climática, tem causado mortalidade de frangos no mundo todo. As aves com essa síndrome geralmente são encontradas mortas de "barriga para cima", deitadas sobre o dorso.

No caso dos plantéis brasileiros, a síndrome que tem assumido maior destaque é a ascite. Vários autores (COTTA, 2003; MACARI et al., 2004; ROSARIO et al., 2004) têm associado a ascite às condições ambientais, à maior demanda por oxigênio devido ao rápido crescimento, à má ventilação, à alta densidade de criação, às doenças respiratórias, à alimentação de alta densidade nutricional e às altas amplitudes de temperaturas.

Síndrome da hipertensão pulmonar (ascite) e a qualidade do ar

Macari et al. (2004) consideraram que ascite é uma condição patológica caracterizada pelo extravasamento de líquido dos vasos sangüíneos e seu acúmulo na cavidade abdominal das aves. É considerada uma síndrome, posto que é resultado de um conjunto de fatores com características clínicas advindas de desarranjos metabólicos e fisiológicos associados com a rápida taxa de crescimento.

Externamente, de acordo com Gonzales e Macari (2000), as aves com ascite apresentam quadro clínico caracterizado por anorexia, perda de peso, respiração ofegante e imobilidade. As canelas tornam-se progressivamente desidratadas, sem brilho, e a crista e barbelas têm uma coloração cianótica. As penas ficam arrepiadas, e a ave permanece deprimida, não se alimenta nem bebe água. Nos quadros mais avançados de ascite, o abdômen fica dilatado, percebendo-se na palpação a presença de líquido na cavidade abdominal. Nessas condições, a simples manipulação da ave para exame clínico pode resultar em sua morte.

No Brasil, a incidência de ascite tem caráter sazonal, ocorre com mais freqüência entre os meses de maio a setembro. Durante esse período, tem-se o chamado veranico com dias quentes e noites frias, sendo essa característica climática mais evidente no Centro-Oeste e Sudeste do país. Na Região Sul, as condições climáticas são caracterizadas pela baixa temperatura. Contudo, em decorrência dos fenômenos climáticos "el niño" e "el nina", essas condições têm sido modificadas nos últimos anos, com variações bruscas e amplitudes acentuadas de temperatura, provavelmente levando ao aumento na incidência de ascite (MACARI et al., 2004).

Segundo Macari e Luquetti (2002), a indução da ascite está na dependência do aumento da atividade metabólica, ou seja, maior necessidade de oxigênio para atender à demanda do metabolismo, a interação entre temperatura ambiente, nível de energia da ração e curva de crescimento da linhagem pode influenciar a incidência da ascite. Em uma mesma temperatura ambiente com nível energético idêntico, o aparecimento da ascite estará na dependência da linhagem, ou seja, frangos com crescimento rápido nas primeiras semanas de vida serão mais suscetíveis à ascite na fase inicial (3ª e 4ª semanas); e frangos com crescimento rápido, no período final de criação, terão maior suscetibilidade entre a 5ª e a 7ª semana de vida.

As trocas de ar inadequadas no interior dos galpões aumentam as concentrações de monóxido de carbono (CO), de dióxido de carbono (CO_2) e de amônia (NH_3) e diminuem as de oxigênio (O_2), o que pode favorecer a incidência de ascite. Beker et al. (2003), pesquisando sobre os efeitos da concentração de oxigênio (12,14,16,18 e 20,6%) no desenvolvimento da síndrome ascítica em frangos de corte, concluíram que, com a diminuição na concentração de oxigênio no ambiente, ocorre aumento significativo na incidência da ascite. Segundo Rosário et al. (2004), os dados indicam que uma concentração de oxigênio de 19,6 % é o nível mínimo para se controlarem maiores incidências da doença.

De acordo com Macari et al. (2004), mudanças bruscas de temperatura ambiente, que são evidenciadas em determinadas épocas do ano, quando associadas a má qualidade do ar, contribuem para aumentar a incidência de ascite.

O aquecimento inicial dos pintinhos, principalmente nas regiões mais frias, como a Região Sul do Brasil, parece contribuir para o desenvolvimento da ascite. Segundo Gonzales e Macari (2000), é interessante criar condições de renovação de ar no interior dos galpões, mas não em detrimento do aquecimento dos pintainhos na

fase inicial de criação. Nesse caso, recomenda-se uma ventilação higiênica para que renove o ar sem prejuízo do conforto térmico.

Na Região Sul do Brasil, é muito comum o uso de aquecedores à lenha; já na Região Sudeste os aquecedores a gás são os preferidos. Mas os dois tipos possuem desempenhos adequados para manter o conforto térmico dos pintainhos durante os primeiros dias de vida, reduzindo a ascite (ROSÁRIO et al., 2004). Atualmente, devido ao elevado custo do gás, os avicultores vêm adaptando tecnologias e fazendo mais uso da lenha como combustível para aquecimento, tanto na Região Sul como no Sudeste. Nesse sentido, deve haver maiores cuidados com a qualidade do ar, pois uma queima mal feita da lenha pode gerar gases tóxicos, como o CO, que ao se transformar em CO_2 consome O_2 do ar. Com o ar tendo menos O_2, isso pode favorecer o surgimento da ascite.

Segundo Ferreira (2005), uma das causas que pode piorar a qualidade do ar dentro de um aviário de frango de corte é o excesso de umidade que pode ocorrer na cama. Em estresse calórico com umidade relativa e temperatura do ar elevadas, maior perda de água por evaporação induz a ave a aumentar a ingestão de água, o que torna as fezes mais líquidas, e conseqüentemente mais umidade é adicionada ao ar, crescendo a dificuldade da perda evaporativa de calor. Esse fato causa umedecimento excessivo da cama e poderá levar à fermentação e elevar ainda mais a temperatura no interior do galpão e, ainda, acelerar a produção de amônia e piorar a qualidade do ar respirado pelas aves e pelo tratador.

De acordo com Rosário et al. (2004), é nesse cenário que a qualidade do ar se torna importante dentro do aviário, pois apenas os manejos da nutrição, sanidade e padrão genético não parecem ser suficientes para controlar a ascite. Até o momento, a obtenção de linhagens resistentes à ascite tem implicado prejuízo ao desempenho zootécnico, fato que vem dificultando as empresas desenvolverem programas de melhoramento genético específicos para essa enfermidade.

3. EXPERIMENTO 1

EFEITO DE DOIS SISTEMAS DE AQUECIMENTO NA QUALIDADE DO AR, NO CONFORTO TÉRMICO E NO DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE NA FASE INICIAL

3.1. INTRODUÇÃO

Para avaliar o ambiente de criação de frangos de corte, especialmente no período em que requer aquecimento, não é o suficiente apenas observar os elementos ambientais e fazer inferências sobre a produtividade dos lotes. É necessário, também, avaliar a qualidade do ar em termos de concentração dos diferentes componentes. As informações conjuntas dos elementos ambientais e dos níveis de concentração dos gases no ambiente podem indicar as condições de bem-estar das aves na fase inicial da vida.

O conhecimento dos níveis de concentração de gases na produção de frangos de corte no momento também visa contribuir para o Inventário Nacional dos gases relacionados ao efeito-estufa, especialmente o dióxido de carbono (CO_2).

A produção de CO_2, principalmente no interior dos aviários, depende, em grande parte, da qualidade da queima dos combustíveis utilizados nos diferentes sistemas de aquecimento.

De acordo com Rosario et al. (2004), devido ao elevado custo do gás, os avicultores vêm adaptando tecnologias e fazendo mais uso da lenha como combustível para manter o acondicionamento térmico das aves. Nesse sentido, deve haver maiores cuidados com a qualidade do ar em virtude, principalmente, da emissão do dióxido de carbono (CO_2) e do óxido de carbono (CO).

O aquecimento do ambiente para pintainhos é necessário, pois, segundo Albino (1998) e Nããs (2000), o sistema termorregulatório das aves não é completamente desenvolvido até que elas completem a segunda semana de vida. Isso as torna altamente dependentes de fontes externas de calor para manter constante a temperatura corporal durante essa fase da vida.

Um dos elementos térmicos ambientais mais importantes dentro dos aviários é a temperatura do ar, a qual deve ser manejada de tal forma que, nas primeiras semanas, fique o mais próximo possível da temperatura corporal dos animais. Na Tabela 1, são listadas as faixas de temperaturas consideradas confortáveis para as aves de corte.

Tabela 1 – Faixas de temperaturas ambientes consideradas confortáveis para frangos de corte

Idade (dias)	Temperatura (ºC) ao Nível das Aves
1 - 7	30 - 32
8 - 14	28 - 31
15 - 21	26 - 29
22 - 28	25 - 26
29 - 35	22 - 23
35 em diante	21

Fonte: Adaptado de CONY; ZOCCHE, 2004; ÁVILA, 2004.

Outro elemento do ambiente importante na avaliação do conforto térmico em instalações avícolas é o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU). Na Tabela 2, encontram-se valores de ITGU considerados indicadores de conforto para frangos de corte.

Tabela 2 – Faixas de índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) consideradas confortáveis para frangos de corte

Idade (dias)	ITGU ao Nível das Aves
01 - 07	80 - 86
08 – 14	76 - 80
15 – 21 em diante	65 - 77

Fonte: Adaptado de TEIXEIRA, 1983; PIASENTIN, 1984; ABREU, 1994; MEDEIROS et al., 2005.

Vários autores (TEIXEIRA, 1983; ROSA, 1984; MORAES et al., 1999) têm pesquisado o efeito conjunto dos elementos ambientais (temperatura, umidade relativa, radiação e velocidade do ar no interior dos aviários), caracterizando-se, por meio dos quais, as condições térmicas do ambiente para a criação de frangos de corte e associando os efeitos deles ao desempenho produtivo das aves. Outros autores (FONSECA, 1998; ZANOLLA et al., 1999; MATOS, 2001; MORAES, 2002; TINÔCO, 2004) têm analisado o conforto térmico das aves associando os elementos ambientais aos sistemas de acondicionamento térmico (ventilação e resfriamento evaporativo) e a diferentes densidades de criação.

São poucas, entretanto, as pesquisas que têm analisado o efeito conjunto dos elementos ambientais e dos diferentes sistemas de acondicionamento térmico com a qualidade do ar e o bem-estar animal, bem como contribuído com informações para as iniciativas da comunidade científica internacional em reduzir os gases relacionados ao efeito-estufa.

Sainsbury (1981) citou que um dos poluentes aéreos freqüentemente encontrados em altas concentrações dentro dos aviários é a amônia (NH_3), produzida a partir da degradação biológica do esterco, juntamente com outros gases como ácido sulfídrico (H_2S), oxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2).

Outros autores citaram a influência direta do ambiente inadequado de criação como um dos fatores que predispõem ao desenvolvimento de doenças respiratórias nas aves (HYSLOP, 1974; CURTIS, 1983; BAÊTA; SOUZA, 1997). De acordo com esses autores, a NH_3, quando em concentrações acima do tolerável para as aves, pode ocasionar secreção de muco, constrição brônquica e redução da capacidade de movimentos ciliares. E altos níveis de CO_2 e CO somados a altos níveis de NH_3 reduzem o conteúdo de oxigênio a níveis inferiores aos necessários à vida. O CO a partir de certas concentrações pode levar as pessoas ou animais à hipoxia.

No caso dos plantéis brasileiros, a síndrome que tem assumido maior destaque é a ascite. Vários autores (COTTA, 2003; MACARI et al., 2004; ROSARIO et al., 2004) têm associado a ascite às condições ambientais. O efeito conjunto da demanda por oxigênio devido ao rápido crescimento e à queima incompleta do material combustível que pode gerar gases tóxicos, como o CO, que consome O_2 do ar ao se transformar em CO_2, faz com que o ar tenha menos O_2, favorecendo o surgimento da ascite.

Segundo Machado (1994), em períodos frios, em muitas regiões brasileiras, enfrentam-se dificuldades para manter a temperatura ideal de conforto para os pintos. Isso normalmente ocorre devido à grande diferença entre a temperatura externa e aquela ideal para os pintos, bem como o seu satisfatório controle.

Um dos equipamentos mais utilizados para manejar o ambiente são as cortinas e sobrecortinas. Elas têm a função de proteger contra chuvas e ventos fortes e contribuir para o acondicionamento térmico do ambiente das aves. Por meio de seu manejo, controla-se, em grande parte, a umidade, a temperatura e os gases no interior dos galpões.

A sobrecortina deve ser fixada na parte interna do aviário, de tal forma que sobreponha a tela, de forma a minimizar a perda de calor durante períodos frios. É também prática comum reservar 1/3 da área do galpão para alojamento dos pintainhos, que são separados com divisórias com o objetivo de diminuir o volume de ar a ser aquecido. O uso de estufa, que consiste de cortinas instaladas nas laterais e na parte superior da área destinada ao alojamento dos pintainhos, nos primeiros

dias de vida tem-se mostrado econômico, permitindo a retenção de calor emitido pelos sistemas de aquecimento e redução da mortalidade (SCOLARI, 2000).

Os limites máximos de gases no interior das instalações, segundo Whates (1999), para exposição contínua dos animais são: 20 ppm para NH_3, 3.000 ppm para CO_2 e 10 ppm para CO. No caso de humanos, os limites de exposição diária, considerando-se 8 h em média, são de 25, 5.000, 50, 10, 3 e 10 ppm, para NH_3, CO_2, CO, sulfeto de hidrogênio (H_2S), óxido de nitroso (N_2O) e poeiras, respectivamente. Se o tempo de exposição for de 15 min, esses limites passam a ser de 35, 15.000, 300, 15, 5 e 30 ppm, refletindo, dessa maneira, o risco para a saúde do indivíduo envolvido no processo produtivo.

Considerando o bem-estar animal, a HFAC (2006) estabeleceu para a exposição contínua de frangos de corte que a concentração de NH_3 deve ser inferior a 10 ppm e não deve exceder 25 ppm, CO deve ser inferior a 10 ppm e não exceder a 50 ppm e CO_2 deve ser inferior a 3.000 ppm e não exceder 5.000 ppm. Da mesma forma, a Directive 2007/43/EC (2007), que trata de regras mínimas para a proteção dos frangos de corte na comunidade européia, estabeleceu que a concentração de NH_3 e CO_2 não deve ser superior a 20 e 3.000 ppm, respectivamente, com as medições feitas ao nível das aves.

Em relação aos trabalhadores, a Norma Regulamentadora – NR15 (1990) recomendou o limite de tolerância de 20 ppm de NH_3, 39 de CO e 3.900 ppm de CO_2, com exposição de 48 horas semanais. Do mesmo modo, Wathes (1999), para esses mesmos gases, recomenda o limite de tolerância de 20 ppm para NH_3, 50 para CO e 5.000 ppm para CO_2, com exposição de 8 h diárias para humanos.

Para Miragliotta et al. (2002), um dos objetivos em avaliar a produção dos poluentes originados das instalações é considerar os efeitos desses poluentes sobre a saúde animal e dos humanos que adentram em tais instalações. De acordo com Naãs (2004), ainda falta muita informação sobre qualificação ou quantificação, distribuição e efeitos dos poluentes aéreos. E o desafio do Brasil consiste em diagnosticar a situação de seus aviários, especialmente em épocas de inverno, no tocante à qualidade do ar e sua renovação, no tocante ao ambiente térmico e à conseqüente produtividade das aves sob os variados tipos de manejo.

A importância de realizar avaliações dos diferentes sistemas de aquecimento está em verificar sua influência no conforto térmico ambiente para os habitantes das instalações avícolas e na concentração de gases emitidos. E tais avaliações poderão

reverter em informações para que a indústria avícola tome decisões em alterar seu sistema de manejo, além de contribuir para o inventário nacional sobre emissão de gases relacionados ao efeito-estufa gerados e alertar o setor avícola sobre os efeitos desses gases na alteração do clima.

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo principal avaliar o ambiente das aves, no período de aquecimento, com base no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho animal, proporcionado por dois sistemas de aquecimento indireto do ar por fornalhas, um tendo como combustível o gás liquefeito de petróleo (GLP) e o outro a lenha. E teve como objetivos secundários avaliar a qualidade da cama aviária quanto à umidade presente e a contribuição de três cortinas em evitar as trocas térmicas com o ambiente externo, com base na temperatura do ar ambiente; e comparar o custo de combustível consumido nas fornalhas.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois galpões de criação comercial de frangos de corte situados na área experimental da Empresa Nogueira Rivelli Alimentos, localizada no Município de Ressaquinha, microrregião de Barbacena, Minas Gerais, região com 1.126 m de altitude e coordenadas geográficas de 21° 06’ S e de 43° 46’W. O clima da região, segundo a classificação de Köeppen, é do tipo Cwa, temperado úmido e com inverno seco, e a temperatura do mês mais quente superior a 22 ºC. O experimento foi conduzido no período de 15 a 25 de agosto de 2005, utilizando-se aves de 7 até 17 dias de idade.

3.2.1. Características arquitetônicas dos galpões

Os dois galpões possuíam características arquitetônicas similares, 8 m de largura, 2,90 m de pé-direito e 60 m de comprimento, orientação leste-oeste, piso de concreto e distanciados entre si aproximadamente 40 m. As faces leste e oeste eram fechadas com alvenaria de blocos de concreto, na espessura de 20 cm, revestidas com argamassa e pintadas de branco. As faces norte e sul possuíam muretas com 20 cm de altura em alvenaria de blocos de concreto, tela de arame com malha de 2,5 cm e sistema de vedação com três cortinas de polietileno com fechamento manual de baixo para cima até a altura do telhado. Os galpões também possuíam forro de polietileno, posicionados a 2,9 m de altura a partir do piso e telhado com estrutura de

madeira apoiada em colunas de concreto armado formando duas águas, 20º de inclinação, beiral de 1,50 m, sem laternim e cobertura com telha de cimento-amianto. Os dois galpões experimentais estão representados na Figura 1A, do Apêndice do experimento 1.

3.2.2. Características e manejo do sistema de aquecimento

O sistema de aquecimento consistia de fornalhas que aqueciam indiretamente o ar, com dimensões de 1,00 m de largura, comprimento de 1,50 m e altura de 1,40; e chaminé, ventilador, termostato e tubos distribuidores de ar quente. A fornalha ficava localizada internamente, na parte central do aviário. Por um sistema de exaustão, constituído por um ventilador de 1,47 kW, o ar era succionado do ambiente externo, descia paralelamente à tubulação da chaminé, passava pela câmara de ar quente, e em seguida, era conduzido aos tubos perfurados, distribuídos ao longo da área a ser aquecida.

A fornalha utilizada em um dos galpões tinha como combustível a lenha (Figura 2A do Apêndice do experimento 1), sendo o combustível da fornalha do outro galpão o gás liquefeito de petróleo (Figura 3A do Apêndice do experimento 1). Antes do início do experimento, esse sistema de aquecimento já era adotado pela empresa, submetendo os pintinhos já a partir do primeiro dia de vida, com diferentes tipos de aquecimento. Entretanto, as medições para avaliar o conforto térmico e qualidade do ar dos ambientes foram efetuadas no período de 7 a 17 dias de vida das aves.

Uma região para aquecimento com dimensões de 6 por 58 m e 2,9 m de altura foi delimitada. Conforme manejo da empresa, tal região era delimitada por um forro e três cortinas fixas, uma externa e duas internas, obtendo-se, dessa forma, maior eficiência do calor gerado pelas fornalhas. A fim de verificar o efeito das cortinas nesse experimento, foi feito um teste colocando-se sensores de temperatura nas posições de 0,20; 0,60; 2,5; e 3,5 m, respectivamente, a partir da mureta para o centro do galpão (Figura 4A do Apêndice do experimento 1).

Inicialmente, as aves ficavam numa área delimitada por folhas de eucatex próximo da fornalha, de onde saía a tubulação de distribuição do ar aquecido, e tal área era ampliada conforme o crescimento dos pintinhos até atingir a extensão delimitada pelas três cortinas.

No início do experimento, as fornalhas estavam reguladas para propiciar temperatura de 29 ºC para as aves com idade de 7 dias de vida, com a ressalva de que, a partir dessa idade, foi diminuindo 1 ºC a cada três dias até a idade de 17 dias.

3.2.3. Aves experimentais

As aves, em número de 17.600 pintinhos de corte da marca *COBB*, de um dia de vida, no sistema de criação misto e recebendo o mesmo manejo, estavam alojadas em dois galpões, um equipado com sistema de aquecimento a gás (SAG) com 8.800 aves e outro à lenha (SAL), também com 8.800 aves. O período experimental teve início quando essas aves tinham 7 dias de idade, com peso médio de 0,162 $kg.ave^{-1}$, e terminou com elas tendo 17 dias.

3.2.4. Instrumentos e medições para caracterizar o ambiente térmico

Tanto no interior dos galpões quanto no ambiente externo, a partir do sétimo dia de vida das aves foram tomadas diariamente, durante 10 dias, as medidas dos elementos ambientais.

3.2.4.1. Interior dos galpões

A fim de caracterizar o ambiente interno dos galpões por meio dos elementos ambientais constituído pela temperatura (Ta) e umidade relativa (UR), foi colocado na região central da área delimitada para aquecimento de cada galpão, um dataloggers da marca HOBO®, com resolução de 0,1 ºC e precisão de ±0,7 ºC, para determinação de leituras contínuas durante 24 h do dia.

Utilizando-se do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), também para caracterizar o ambiente interno dos galpões, durante o período experimental foram medidos a cada 2 h, das 8 às 18 h, em três pontos medianos e eqüidistantes no interior da área delimitada para aquecimento (Figura 5A do Apêndice do experimento 1) e ao nível das aves, os seguintes elementos ambientais: temperatura de globo negro (tgn) e temperatura de bulbo molhado (tbm).

As medições de tgn foram realizadas utilizando-se termômetros de vidro com sensor de mercúrio e resolução de 1 ºC, colocados no interior de globos negros com diâmetro de 150 mm, enquanto a tbm foi medida com higrômetro, cujo sensor de mercúrio também tinha resolução de 1 ºC.

Para medir as temperaturas entre as cortinas, utilizaram-se sensores de temperatura acoplados a dataloggers da marca HOBO®, modelo H 08-006-04, com quatro canais, resolução de 0,1 ºC e precisão de ±0,7 ºC, conforme esquema na Figura 4A do Apêndice do experimento 1. As leituras foram realizadas de forma contínua durante os três primeiros dias do período experimental, na idade das aves de 8, 9 e 10 dias.

3.2.4.2. Exterior dos galpões

Com a finalidade de ter a mesma rotina de medições do interior dos galpões, para a coleta de dados climáticos do ambiente externo, utilizou-se um abrigo meteorológico, instalado próximo a eles. Em seu interior, foram colocados sensores para a medição contínua da temperatura e umidade do ar durante todo o período experimental, empregando-se para isso um datalogger da marca HOBO®, com resolução de 0,1 ºC e precisão de ±0,7 ºC. Coletaram-se também, nas proximidades do abrigo, dados de tgn de 2 em 2 horas.

3.2.5. Indicadores para caracterizar o ambiente térmico

Com o objetivo de caracterizar o nível de conforto térmico tanto no interior de cada galpão quanto externamente, foram utilizados a temperatura do ar (Ta), a umidade relativa (UR) e o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).

Em relação ao índice térmico, o ITGU foi calculado, conforme Buffington et al. (1981), pela equação (1).

$$ITGU = 0,72\ (t_{gn} + t_{bu}) + 40,6 \qquad (1)$$

em que:

t_{gn} = temperatura de globo negro (ºC); e

t_{bu} = temperatura de bulbo úmido (ºC).

3.2.6. Instrumentos, medições e indicadores para caracterizar a qualidade do ar

A qualidade do ar, durante a fase de aquecimento, foi caracterizada por meio das medições diárias instantâneas das concentrações dos gases: amônia (NH_3), dióxido de carbono (CO_2) e monóxido de carbono (CO). Essas concentrações foram registradas às 6, 9, 15 e 21 h e medidas ao nível das aves.

As concentrações de NH_3 foram medidas utilizando-se um detector para amônia da marca Gasman com sensor de resolução de 0,1 ppm e precisão de ± 1 ppm.

Para o registro das concentrações dos gases CO_2 e CO, usou-se um detector multigás da marca Testo, modelo 330-1. O sensor utilizado nas medições de CO_2 possuía resolução de 1 ppm e precisão de ±50 ppm, enquanto o outro sensor nas medições de CO tinha a resolução de 1 ppm e precisão de ±1 ppm.

3.2.7. Avaliação do desempenho dos frangos

Para avaliação dos frangos nos dois sistemas de aquecimento, foram utilizados os índices zootécnicos consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, taxa de mortalidade e índice de eficiência produtiva.

A ração consumida pelas aves durante o período do experimento foi determinada com base no controle da empresa das datas e quantidades da ração encaminhada para cada galpão e de acordo com a fase de crescimento.

O ganho de peso foi obtido por meio de amostragem aleatória de 100 aves em cada galpão experimental, utilizando-se balança com resolução de 1 g, aos 7 e aos 17 dias de idade.

A conversão alimentar foi calculada pela razão entre o consumo médio de ração e ganho de peso, não corrigida pela mortalidade no período (10 dias).

Para determinar a taxa de mortalidade (TM), foi feita a contagem de aves mortas nas idades de 7 e 17 dias e da relação desses valores com o número de aves alojadas de 1 dia, o que resultou na TM expressa em porcentagem, e, por diferença entre os dois valores, obteve-se a TM do período.

O cálculo do índice de eficiência produtiva (IEP) obtido no período foi com base na equação (2), proposta por Albino (1998).

$$IEP = \frac{GPxV}{IAxCA} x100 \qquad (2)$$

em que:

GP = ganho de peso no período, kg;

V = viabilidade do período, %;

IA = período do experimento, 10 dias; e

CA = conversão alimentar do período, $kg_{ração}.(kg_{ave})^{-1}$.

3.2.8. Consumo de combustíveis utilizados nos sistemas de aquecimento

Com a lenha amontoada próximo ao galpão equipado com o sistema de aquecimento por fornalha, com tocos de comprimento médio de 1 m e diâmetro variando de 5 a 30 cm, procedeu-se à determinação do volume consumido. Para isso, antes de abastecer a fornalha, a lenha foi amontoada formando uma pilha, e, utilizando uma trena, obtiveram-se as dimensões dos lados, calculando, dessa forma, o volume a ser consumido. Esse procedimento foi feito três vezes durante o período do experimento, obtendo-se no final um volume médio de lenha consumida por dia e um total durante o período experimental.

No caso do gás utilizado no galpão equipado com a fornalha adaptada, foram anotados diariamente os valores de pressão e de volume mostrados pelo registro instalado na fornalha a gás. E, a seguir, esses valores foram convertidos, por meio de uma tabela, em valores de massa do gás consumido, conseguindo, dessa forma, um consumo médio diário e um total no final do experimento.

3.2.9. Umidade da cama aviária

As camas aviárias foram confeccionadas com casca de arroz e, no período do experimento, já eram reutilizadas pela terceira vez.

As amostras foram coletadas semanalmente nos dois sistemas de aquecimento (SAG e SAL), em seis pontos aleatórios de cada galpão, e homogeneizadas, retirando-se uma amostra-padrão.

Em seguida essa amostra foi enviada ao Laboratório da empresa Nogueira Rivelli Alimentos para determinação dos teores de umidade de acordo com o método da secagem em estufa por 24 horas proposto por Kiehl (1985). Nesse método, o material da cama foi secado a 65 ºC por 24h, com complementação por mais 4h, a 103-105 ºC, até massa constante.

3.2.10. Delineamento experimental

O experimento foi montado segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os sistemas de aquecimento e nas subparcelas os horários, no delineamento em blocos casualizados (DBC) com repetições correspondentes aos dias de leituras. Os dados foram analisados por meio de análises de variância e de regressão. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste

de Tukey no nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste "t", de Student. No caso em que não houve ajuste de modelo, optou-se pela ilustração da linha de tendência dos valores médios, realizando-se, assim, a análise descritiva.

Em todas as análises de variância, independentemente de a interação ser ou não significativa, foi feito o seu desdobramento, devido ao interesse em estudo.

No estudo de desempenho das aves, realizou-se analise descritiva dos valores médios dos índices zootécnicos mais importantes.

3.3. RESUSTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Avaliação dos indicadores do conforto térmico ambiente

Feitas as medições e processamento dos dados, o nível de conforto térmico tanto no interior dos galpões quanto externamente foi caracterizado pela utilização dos indicadores térmicos, sendo eles a temperatura do ar (Ta), a umidade relativa (UR) e o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).

Os indicadores térmicos foram avaliados durante o período entre 7 e 17 dias de vida das aves, em função dos horários (H) de observação em dois tipos de ambiente: interno e externo. O interno, o dos galpões, foi composto por dois sistemas: sistema de aquecimento tendo como combustível o gás liquefeito de petróleo (SAG) e o sistema de aquecimento tendo a lenha como combustível (SAL).

3.3.1.1. Temperatura do ar (Ta) e umidade relativa (UR)

Os valores médios de Ta e UR em função dos horários de observação, em cada sistema de aquecimento, estão apresentados na Tabela 3, e no Apêndice do experimento 1 encontram-se a análise de variância na Tabela 1A e os dados médios com os respectivos desvios-padrão na Tabela 2A.

Tabela 3 – Valores médios de temperatura do ar (Ta) e umidade relativa (UR) observados em função dos horários nos sistemas de aquecimento a gás (SAG) e à lenha (SAL) e no ambiente externo

Horários	Ta (ºC)			UR (%)		
	SAG	SAL	Externa	SAG	SAL	Externa
0	25,1 b	26,7 a	15,0	64 a	56 b	94
1	24,9 b	26,5 a	14,8	64 a	58 b	94
2	25,3 a	26,2 a	14,7	62 a	58 b	94
3	25,5 b	26,7 a	14,4	61 a	57 b	95
4	25,1 b	26,4 a	14,4	64 a	57 b	96
5	24,8 b	26,1 a	14,2	67 a	58 b	98
6	24,9 b	26,2 a	14,0	66 a	58 b	98
7	24,5 b	26,5 a	14,5	66 a	59 b	97
8	24,7 b	26,2 a	16,2	66 a	57 b	93
9	25,1 b	26,1 a	17,9	61 a	55 b	81
10	24,5 b	26,2 a	19,2	58 a	52 b	72
11	25,3 b	26,7 a	20,4	53 a	49 b	65
12	25,8 b	26,9 a	21,5	48 a	46 a	58
13	25,8 b	27,9 a	22,1	47 a	44 a	55
14	26,1 b	27,6 a	22,9	45 a	42 a	51
15	25,6 b	27,3 a	22,6	47 a	44 a	53
16	25,4 b	26,6 a	21,6	49 a	46 a	56
17	25,1 b	26,7 a	20,5	53 a	50 a	62
18	25,3 b	27,7 a	18,0	59 a	51 b	71
19	25,3 b	26,7 a	17,0	61 a	55 b	78
20	25,8 b	26,8 a	16,4	62 a	55 b	83
21	25,1 a	25, 8 a	15,7	65 a	60 b	87
22	25,0 b	26,6 a	15,5	64 a	56 b	90
23	24,8 a	25,7 a	15,4	65 a	58 b	92
24	24,8 b	26,4 a	15,1	66 a	58 b	81

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, nos sistemas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observa-se, nessa tabela, que na maioria dos horários estudados houve diferença significativa entre as temperaturas proporcionadas pelos dois sistemas de aquecimento.

Com base nas faixas de temperaturas da Tabela 1, no período do ano em que foi realizado o experimento e na idade das aves entre 7 e 17 dias, as temperaturas consideradas confortáveis deveriam estar entre uma máxima de 31 ºC e uma mínima de 26 ºC. De acordo com isso e considerando a Tabela 3, nota-se que o ambiente SAG apresentou, em 84% do tempo, temperaturas desconfortáveis, enquanto o SAL teve um tempo menor, da ordem de 8%.

Em relação à UR, na maioria dos horários houve diferença significativa entre as umidades detectadas nos dois sistemas de aquecimento, exceto nos horários das 12 às 17 h.

Nota-se, na Tabela 3, que a UR variou em média de 42 a 67% entre os dois sistemas de aquecimento. De acordo com Baeta e Souza (1997) e Tinôco (2004), que consideram como ideal UR entre 50 e 70%, o SAG apresentou 80% do tempo dentro da faixa ideal, porém com equivalente tempo de Ta fora da faixa confortável em relação ao frio, enquanto o SAL mostrou 76% do tempo com UR ideal, porém com maior tempo com Ta na faixa confortável, como citado anteriormente.

Com base nos valores médios de Ta e UR, foram ajustadas as equações de regressão em função dos horários, as quais estão representadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Equações ajustadas para valores de temperatura do ar (Ta) e umidade relativa (UR), em função dos horários (H) de observação, no sistema de aquecimento a gás (SAG) e à lenha (SAL) e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2)

Sistemas	**Equações**	**R^2**
	A. Temperatura do Ar (ºC)	
SAG	$\hat{Y} = 25,2$	-
SAL	$\hat{Y} = 26,6$	-
Externo	$\hat{Y} = 16,8233 - 2,9525^{**}H + 0,6623^{**}H^2 - 0,04177^{**}H^3 + 0,0008031^{**}H^4$	0,88
	B. Umidade Relativa (%)	
SAG	$\hat{Y} = 63,9413 + 1,10926^{**}H - 0,285932^{**}H^2 + 0,0106103^{**}H^3$	0,62
SAL	$\hat{Y} = 57,6947 + 0,618394^{n.s}H - 0,200941^{**}H^2 + 0,00770893^{**}H^3$	0,66
Externo	$\hat{Y} = 83,574 + 14,9418^{**}H - 3,24995^{**}H^2 + 0,19815^{**}H^3 - 0,003609^{**}H^4$	0,83

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

Na Tabela 4, para a variação de Ta nos ambientes SAG e SAL, estatisticamente não se verificou efeito dos horários, chegando aos valores médios iguais a $\hat{Y} = 25,2$ e $\hat{Y} = 26,6$, respectivamente.

Na Figura 1 estão representados, graficamente, os valores estimados dos elementos do clima com base nas equações, à exceção das temperaturas dos sistemas SAG e SAL (Figura 1A), em que se optou por representá-las, graficamente, por meio das médias, dando, assim, uma representatividade descritiva mais próxima do real dessas temperaturas.

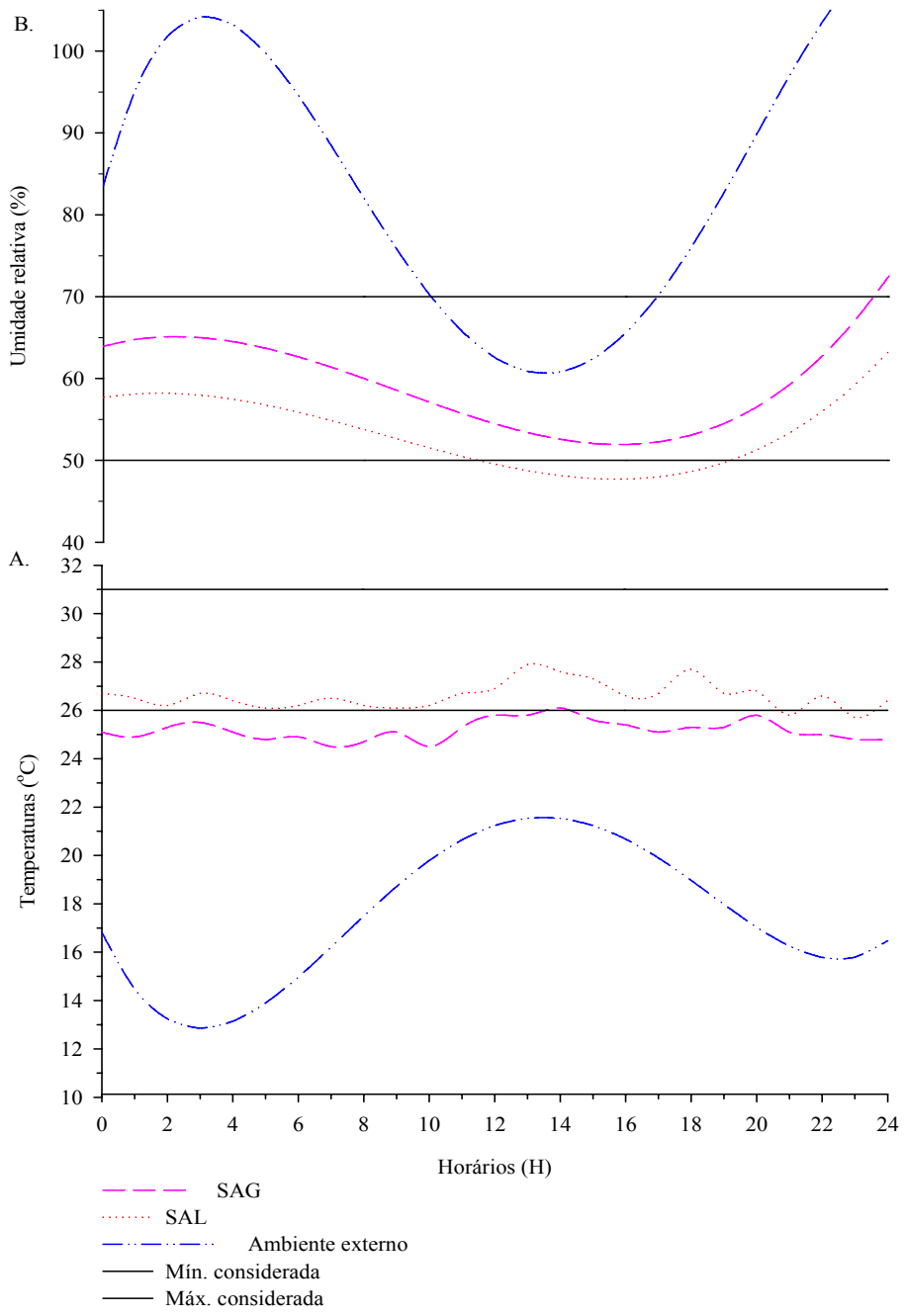

Figura 1 – Temperatura do ar (A) e umidade relativa (B) em função dos horários de observação, em cada sistema de aquecimento e ambiente externo.

Em se tratando de ambientes semiclimatizados e com equipamentos de aquecimento automatizados, eles não foram eficientes em manter temperaturas internas consideradas confortáveis para as aves em 100% do tempo. Isso pode ter ocorrido em razão das fugas de energia em forma de calor, por meio de frestas nas cortinas, somadas àquelas devido a entradas e saídas de pessoas que atuavam no manejo.

Em relação à UR, de acordo com a Figura 1B, ambos os sistemas apresentaram comportamentos equivalentes em relação ao tempo. Devido ao processo de aquecimento, a UR dos ambientes internos esteve sempre menor, em comparação com o ambiente externo. Nota-se, nessa figura, que no sistema onde foi proporcionada maior temperatura a umidade foi correspondentemente menor.

Observa-se ainda, na Tabela 3 e na Figura 1A, que os dados de temperaturas externas se mostraram desconfortáveis durante todo o período do experimento, evidenciando que, para manter a homeotermia e o bem-estar das aves, aquecê-las foi necessário.

Diante das análises de Ta e UR, notou-se que no caso da Ta o SAL apresentou, em média, melhores condições de conforto térmico do que o SAG. Quanto à UR, o SAG mostrou melhores condições, porém com maior desconforto para as aves em relação à temperatura. Na tentativa de esclarecer essa ambigüidade, a análise por meio do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), por englobar num só valor os efeitos da temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e radiação, pode ser mais apropriada.

3.3.1.2. Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)

Os valores médios de ITGU em função dos horários de observação, durante o dia, das 8 às 18 h, em cada sistema de aquecimento, estão apresentados na Tabela 5. E no Apêndice do Experimento 1 está a análise de variância na Tabela 1A e os dados médios com os respectivos desvios-padrão encontram-se na Tabela 3A.

Tabela 5 – Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) observados em cada sistema de aquecimento e ambiente externo

Sistemas	Horários					
	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
SAG	73,0 a	72,8 b	73,1 b	73,7 b	72,8 a	73,1 b
SAL	73,8 a	74,2 a	74,4 a	75,2 a	73,8 a	75,1 a
Externo	69,2	75,8	76,0	77,0	72,6	62,3

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Conforme se observa nessa Tabela, nos horários de 10, 12, 14 e 18 h os valores de ITGU no sistema de aquecimento à lenha (SAL) foram, estatisticamente, maiores do que no sistema de aquecimento a gás (SAG).

Um ambiente é considerado confortável para frangos com idade entre 8 e 21 dias quando apresenta ITGU variando de 70 a 78, conforme Tabela 2. De acordo com essa referência, os dados da Tabela 5 indicaram que ambos os sistemas de aquecimento proporcionaram ambientes confortáveis para as aves no período entre 7 e 17 dias de idade. Porém, o ambiente com SAL indicou melhor aquecimento.

Possivelmente, a não-conformidade entre temperatura e ITGU com relação ao conforto térmico se deve à carga radiante emitida pelos sistemas de aquecimento, detectada pelo globo negro e não pelo termômetro comum.

Com base nos valores médios de ITGU, foram ajustadas as equações de regressão em função dos horários, as quais estão representadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Equações ajustadas dos valores de índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários (H) de cada sistema de aquecimento e do ITGU externo com os respectivos coeficientes de determinação (R^2)

Sistemas	**Equações**	**R^2**
SAG	$\hat{Y} = 73,1$	-
SAL	$\hat{Y} = 74,4$	-
Externo	$\hat{Y} = 8,02873 + 11,3044^{**}H - 0,45842^{**}H^2$	0,97

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

Nota-se, na tabela anterior, que em média o SAL apresentou ITGU de 74,4 e o SAG 73,1, evidenciando que, estatisticamente, não houve efeito dos horários de observações nos sistemas.

Na Figura 2 está representado, graficamente, o comportamento do ITGU. Sendo o externo estimado com base na equação e os internos, nos sistemas SAG e SAL, optou-se por representá-los com base nas médias, dando, assim, uma representatividade descritiva mais próxima do real.

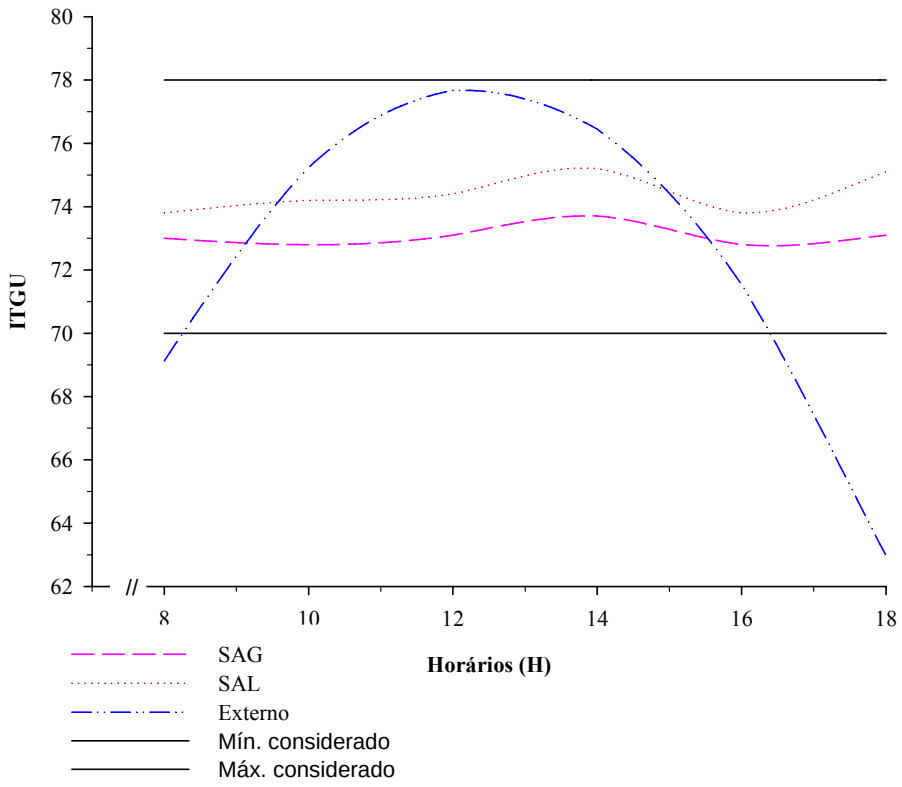

Figura 2 – Valores médios e estimados do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, em cada sistema de aquecimento.

De acordo com a Figura 2, os gráficos dos sistemas SAG e SAL permaneceram em 100% do tempo numa posição intermediaria entre as faixas de ITGU consideradas ideais, durante o período entre 7 e 17 dias de vida das aves. Isso indicou que, em média, os ambientes foram considerados confortáveis em relação ao conforto térmico e ao bem estar-animal. Ressalta-se que entre os dois sistemas, graficamente, o SAL indicou melhores valores.

Com os valores de ITGU entre 62 e 70 fora da faixa considerada de conforto, a curva do ITGU externo indicou que o aquecimento das aves foi necessário após as 16 e antes das 8 h, aproximadamente. No entanto, de acordo com o gráfico, entre os horários das 10 e 15 h, houve a possibilidade de o aquecimento ser suspenso, minimizando, dessa forma, custos adicionais com energia.

3.3.1.3. Efeitos das cortinas

Os valores médios de temperaturas do ar, obtidos a cada hora e nas respectivas posições, conforme a Figura 4A do Apêndice deste experimento, estão representados na Tabela 7. Nesse mesmo Apêndice, a análise de variância está

representada na Tabela 4A e os dados médios com os respectivos desvios-padrão na Tabela 5A.

Tabela 7 – Valores médios da temperatura do ar (ºC) observados em função dos horários no ambiente externo, centro do galpão e em cada posição entre cortinas

Horários	Medição da Temperatura nas Posições				
	Externa	**Cortina1**	**Cortina2**	**Cortina3**	**Centro**
0	15,1	18,6 b	24,5 a	26,1 a	26,4 a
1	14,7	17,8 b	23,1 a	25,2 a	25,6 a
2	14,5	18,5 b	23,7 a	25,7 a	26,3 a
3	14,3	18,1 b	24,2 a	26,5 a	26,9 a
4	14,5	18,5 b	24,5 a	26,8 a	27,1 a
5	14,3	18,0 b	23,2 a	25,3 a	25,8 a
6	14,2	18,4 b	23,6 a	25,7 a	26,2 a
7	15,0	18,5 b	23,8 a	25,5 a	26,1 a
8	16,1	18,8 b	23,4 a	23,7 a	24, 3 a
9	17,4	20,4 b	23,9 a	24,0 a	24,7 a
10	17,8	21,0 b	24,1 ab	24,3 a	24,7 a
11	18,8	21,7 b	24,9 a	25,1 a	25,5 a
12	20,2	22,3 b	25,2 a	25,8 a	26,1 a
13	21,3	23,2 b	25,9 ab	26,2 ab	26,7 a
14	21,8	23,4 a	25,7 a	25,8 a	26,3 a
15	21,5	22,7 b	25,4 ab	25,6 ab	26,0 a
16	19,7	22,2 b	25,0 ab	25,0 ab	25,5 a
17	19,0	21,8 b	25,4 a	26,1 a	26,9 a
18	17,0	20,4 b	24,4 a	25,0 a	25,8 a
19	16,3	19,9 b	23,6 a	24,4 a	25,0 a
20	15,9	19,6 b	23,3 a	24,2 a	25,1 a
21	15,5	19,4 b	22,8 a	24,0 a	24,5 a
22	15,4	19,4 b	23,9 a	25,1 a	26,0 a
23	15,2	18,3 b	22,5 a	23,3 a	23,8 a
24	15,1	18,8 b	23,7 a	24,2 a	25,0 a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, para posição, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 7, observa-se que as temperaturas próximo à cortina 1 foram, estatisticamente, menores em relação às obtidas após a cortina 2, cortina 3 e região central do galpão, na maioria dos horários, exceto no horário das 14 h. Dessa tabela, extraiu-se a Tabela 8, a fim de verificar a contribuição na conservação da temperatura interna do galpão devido às cortinas.

Tabela 8 – Variação da temperatura do ar (Ta em ºC) em relação ao ambiente externo e interno e sua manutenção e conservação devido ao numero de cortinas

Posição de Leituras	Variação	Média	Acréscimo	Ta Acumulada
Externa	14,2 a 21,8	18,0	-	0
Cortina 1	17,8 a 23,4	20,6	2,6	2,6
Cortina 2	22,5 a 25,9	24,2	3,6	6,2
Cortina 3	23,3 a 26,8	25,0	0,8	7,0
Centro galpão	23,8 a 27,1	25,4	0,4	7,4

Em relação ao ambiente externo, houve conservação de 7,4 ºC no ambiente interno.

Com base na temperatura média externa e nas temperaturas médias internas, obtidas nas proximidades de cada cortina e região central do galpão, traçou-se um perfil dessas temperaturas, conforme a Figura 3.

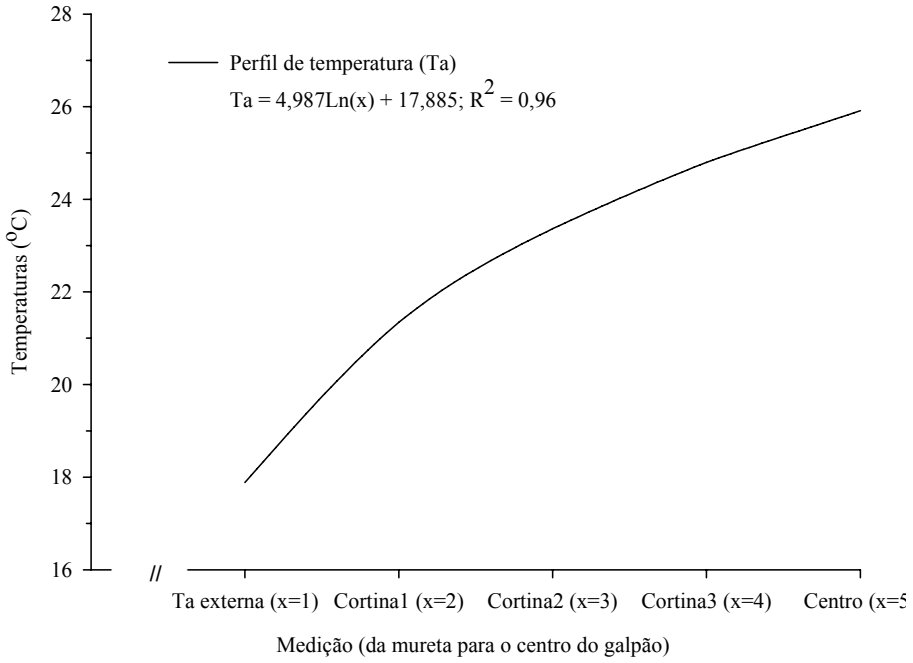

Figura 3 – Contribuição das cortinas no perfil térmico do galpão.

De acordo com a Figura 3, houve gradiente de temperatura maior próximo às cortinas (1) e (2), o qual reduziu conforme a colocação da cortina 3.

É possível observar que na região central as temperaturas detectadas foram, em média, de 23,8 a 27,1 ºC, portanto menores do que aquelas consideradas como confortáveis, na faixa de 26 a 31 ºC, para as aves com idades entre 7 e 17 dias.

Finalmente, se fossem adotadas apenas duas cortinas, como é comum na maioria dos aviários, a situação se agravaria ainda mais quando se fosse assegurar o conforto térmico para as aves em certos meses do ano.

3.3.2. Avaliação da qualidade do ar

Os valores médios das concentrações dos gases: amônia (NH_3), dióxido de carbono (CO_2) e monóxido de carbono (CO), resultantes dos efeitos dos sistemas de aquecimento e dos horários de observação, estão representados na Tabela 9. A análise de variância desses gases está na Tabela 6A do Apêndice do experimento 1, e os valores médios com os respectivos desvios-padrão estão representados na Tabela 7A, desse mesmo Apêndice.

Tabela 9 – Valores médios de concentração da amônia, monóxido e dióxido de carbono observados em função dos horários de cada sistema de aquecimento

Sistemas	Horários			
	6:00	**9:00**	**15:00**	**21:00**
	A. Amônia – NH_3 (ppm)			
SAG	18,3 a	9,8 a	5,5 a	14,2 a
SAL	10,3 b	7,3 a	4,4 a	10,5 b
	B. Monóxido de carbono - CO (ppm)			
SAG	0,3 b	0,3 a	0,0 a	0,3 b
SAL	21,6 a	7,9 a	0,6 a	21,9 a
	C. Dióxido de carbono – CO_2 (ppm)			
SAG	1.080 a	653 a	452 a	1.144 a
SAL	936 a	556 a	430 a	936 b

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Como se verifica na tabela anterior, não houve diferença significativa entre os valores observados de NH_3, CO e CO_2, às 9 e 15 h, horários mais quentes do dia. Somente houve diferença significativa entre os valores observados dos três gases, às 6 e 21 h. De forma geral, os menores valores de concentração foram verificados durante o dia.

Por volta das 6 e 21 h, os galpões estavam fechados por cortinas, o que provavelmente contribuiu para maiores concentrações dos gases. Já no período diurno os menores valores possivelmente foram conseqüência da ventilação ambiente proporcionada pela abertura das cortinas para renovação do ar.

Quanto aos níveis de concentração de NH_3, estes podem ser influenciados por outros fatores, como tempo de uso da cama, umidade e densidade de criação. Tais fatores, segundo Macari e Furlan (2001), têm acelerado à decomposição microbiana do ácido úrico dos excrementos, aumentando a produção de NH_3.

Em relação ao CO, os valores de concentração mensurados no interior dos galpões provavelmente foram conseqüência de uma queima incompleta do material combustível. Os maiores valores observados na Tabela 9, para o SAL, ocorreram durante o período de funcionamento mais intenso da fornalha, associado a uma menor troca de ar com o exterior devido a uma melhor vedação do galpão à noite.

Outros fatos que podem ter contribuído para o aumento de CO são: umidade excessiva da lenha, aberturas desnecessárias da câmara de combustão e ocorrências de vazamentos.

Alguns autores (COTTA, 2003; MACARI et al., 2004; ROSARIO et al., 2004) têm associado a síndrome da hipertensão pulmonar (ascite) com as condições ambientais. Por exemplo, uma queima mal feita da lenha pode gerar gases tóxicos, como o CO, que ao se transformar em CO_2 consome O_2 do ar. O ar tendo menos O_2 e associado ao crescimento rápido das aves pode favorecer o surgimento da ascite.

Quanto à produção de CO_2, este existiu devido ao aquecimento necessário às aves, pela vedação do galpão, pelos processos metabólicos das próprias aves e pela deterioração da cama aviária. Nesse experimento, de acordo com a Tabela 9, a concentração média diária de CO_2 foi de 832 ppm para SAG e 715 ppm para SAL. Esses valores estão abaixo da média nacional, que segundo Lima et al. (2004) é da ordem de 900 ppm para criações de frangos em instalações abertas. Também está dentro da faixa citada por Alencar et al. (2002), que é de 600 a 4.000 ppm.

Observa-se na Tabela 9 que, no SAG, tendo como combustível o gás liquefeito de petróleo (GLP), maior foi o valor médio da concentração de CO_2 às 21 h, em comparação com o SAL. Essa produção superior de CO_2 por parte do SAG pode ter ocorrido devido à queima mais eficiente do GLP.

Vigoderis (2006), pesquisando sistemas de aquecimento em aviários na Região Sul do Brasil, também obteve maiores valores médios de concentração de CO_2 em aviários equipados com o sistema de aquecimento por campânulas, tendo como combustível o GLP, em comparação com o sistema de aquecimento por fornalha à lenha e o sistema misto, com tambor à lenha mais campânula a gás.

Em relação aos limites de tolerância recomendados para animais, os valores de concentração média observados no SAG e SAL estiveram abaixo dos limites de tolerância recomendados por Whates (1999), que são de 20 ppm de NH_3, 10 ppm de CO e de 3.000 ppm de CO_2, para exposição contínua dos animais nas instalações. No entanto, se se considerar apenas o período noturno, o CO detectado no sistema de aquecimento à lenha ultrapassou o limite recomendado para aves em cerca de 100%.

Em relação ao bem-estar, a HFAC (2006) e a Directive 2007/43/EC (2007) estabelecem que a concentração de NH_3 e CO_2 para a produção de frangos de corte não deve ser superior a 20 e 3.000 ppm, respectivamente. De acordo com as regras, os valores de concentração dos gases estudados nesta pesquisa, conforme a Tabela 9, não foram comprometedores. Da mesma forma, considerando o tempo de exposição dos trabalhadores, de acordo com a NR 15 (1990) e Wathes (1999) não foi constatado, entre os horários observados, níveis de concentração considerados prejudiciais.

Com base nos valores médios da concentração de NH_3, de CO e de CO_2, foram ajustadas as equações de regressão em função dos horários, que estão representadas na Tabela 10, e as Figuras 4, 5 e 6 ilustram a representação gráfica do comportamento desses gases com base nas equações. Como se observa nas figuras, os modelos que apresentaram melhor ajuste para os dois sistemas de aquecimento foi o quadrático, com exceção do CO para o SAG, em que não se verificou efeito dos horários, com valor de $\hat{Y} = 0{,}2143$.

Tabela 10 – Equações ajustadas dos valores de concentração de NH_3, CO e CO_2, em função dos horários (H) de observação, nos sistemas de aquecimento a gás (SAG) e à lenha (SAL), com os respectivos coeficientes de determinação (R^2)

Sistemas	Equações	R^2
	A. Amônia – NH_3 (ppm)	
SAG	$\hat{Y} = 44{,}3554 - 5{,}55329^{**}H + 0{,}196338^{**}H^2$	0,99
SAL	$\hat{Y} = 24{,}1332 - 2{,}89026^{**}H + 0{,}106479^{**}H^2$	0,98
	B. Monóxido de carbono - CO (ppm)	
SAG	$\hat{Y} = 0{,}2143$	-
SAL	$\hat{Y} = 70{,}7581 - 10{,}5206^{**}H + 0{,}390006^{**}H^2$	0,99
	C. Dióxido de carbono – CO_2 (ppm)	
SAG	$\hat{Y} = 2.607{,}79 - 328{,}215^{**}H + 12{,}3083^{**}H^2$	0,99
SAL	$\hat{Y} = 2.129{,}64 - 258{,}803^{**}H + 9{,}6296^{**}H^2$	0,99

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

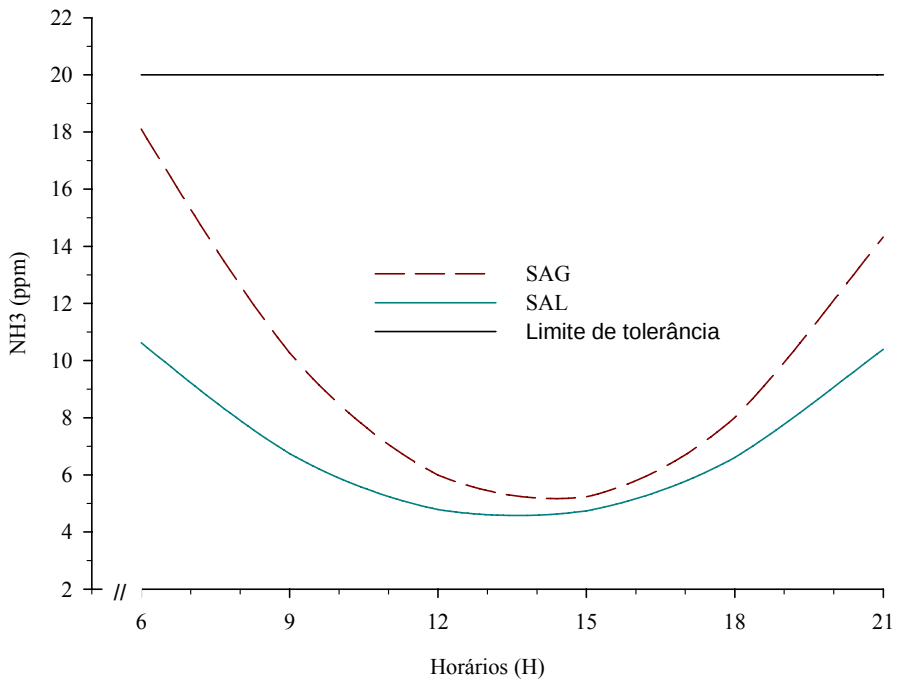

Figura 4 – Valores estimados dos níveis de concentração de NH_3, em cada galpão e por tipo de aquecimento, em função dos horários.

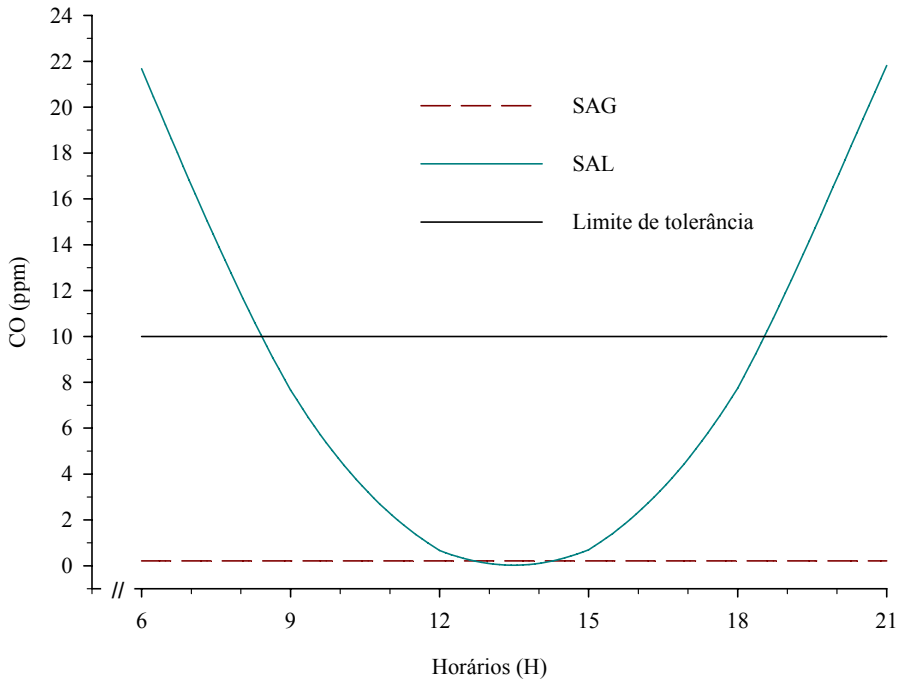

Figura 5 – Valores médio e estimativo dos níveis de concentração de CO em cada galpão e por tipo de aquecimento, em função dos horários.

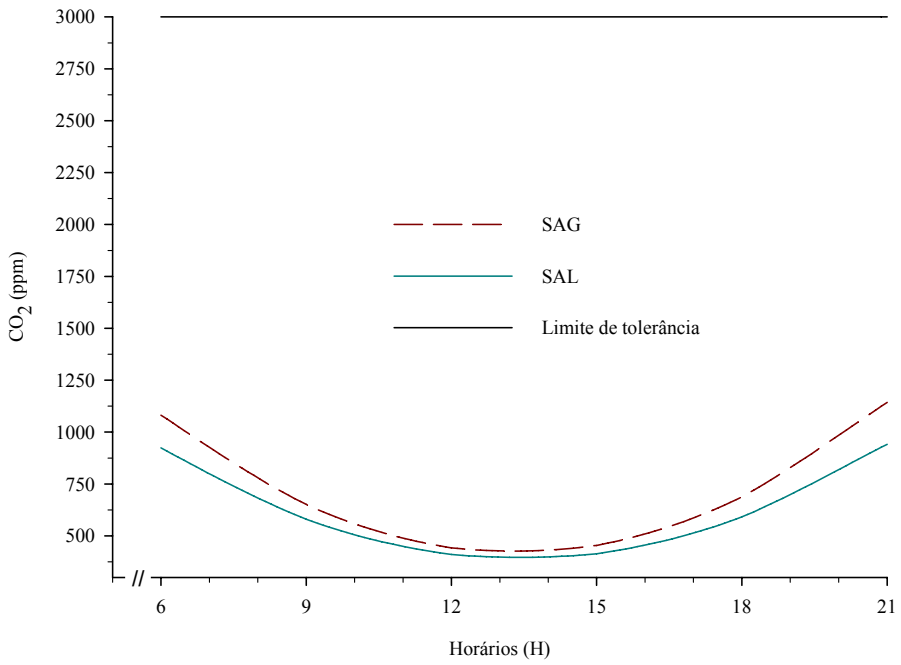

Figura 6 – Valores estimativos dos níveis de concentração de CO_2 em cada galpão e por tipo de aquecimento, em função dos horários.

Observa-se, pela Figura 4, que os valores mínimos de NH_3 estimados nos sistemas de aquecimento (SAG e SAL) foram, respectivamente, de 5,1 e 4,5 ppm, nos horários de 14,1 e 13,6 h. Na Figura 5, para o CO, a produção foi praticamente nula no SAG, e às 13,5 h estimou-se 0 ppm para o SAL. Do mesmo modo, na Figura 6, os mínimos de CO_2 foram de 419,7 ppm para o SAG e 390,8 ppm para o SAL, nos horários de 13,3 e 13,4 h, respectivamente.

A variação entre os horários noturnos e diurnos, notada nas curvas estimadas de concentrações dos três gases em estudo, pode estar associada à necessidade de renovação do ar, implementando, para isso, a ventilação e o manejo das cortinas durante o dia. Durante a noite, melhor foi a vedação dos galpões, bem como a ocorrência de funcionamento mais intenso dos sistemas de aquecimento. No caso da queima da lenha, maior foi a produção de CO, pelas razões citadas anteriormente.

Em relação à produção de NH_3 e CO_2, os menores valores estimados pela curva correspondente ao SAL em relação ao SAG podem ter ocorrido em razão da maior temperatura interna, que possibilitou menores umidades relativas e, conseqüentemente, reduziu o processo de decomposição da cama pela ação microbiana.

3.3.3. Avaliação do desempenho das aves

Os valores médios dos índices de desempenho observados entre 7 e 17 dias de idade das aves, como o consumo de ração, o peso vivo, o ganho de peso, a conversão alimentar, a taxa de mortalidade e o índice de eficiência produtiva, correspondentes ao sistema de aquecimento a gás e à lenha, estão resumidos na Tabela 11.

Tabela 11 – Valores médios de consumo de ração (CR), de peso vivo (PV), de ganho de peso no período (GP), de conversão alimentar (CA), de taxa de mortalidade (TM), de índice de eficiência produtiva (IEP) e número de aves vivas observados nos sistemas de aquecimento a gás (SAG) e à lenha (SAL) entre 7 e 17 dias de idade das aves

Valores médios de desempenho	**SAG**		**SAL**	
	7 dias	**17 dias**	**7dias**	**17dias**
CR no período ($kg.ave^{-1}$)	0,691		0,694	
PV ($kg.ave^{-1}$)	0,162	0,583	0,162	0,587
GP no período de 10 dias ($kg.ave^{-1}$)	0,421		0,425	
CA no período de 10 dias	1,64		1,63	
TM (%)	0,864	1,148	0,733	1,491
TM no período de 10 dias (%)	0,284		0,758	
IEP no período de 10 dias	256		259	
Número de aves vivas(1)	8724	8699	8735	8669
GP (kg) dos lotes no período (2)	3662		3684	

(1) obtido descontando a TM aos 7 e aos 17 dias de idade das aves e tendo como base 8.800 aves alojadas de 1 dia.
(2) Obtido pela multiplicação do GP no período pelo número de aves vivas aos 17 dias.

De acordo com a Tabela 11, de uma forma geral, houve um melhor desempenho das aves alojadas no SAL em relação ao SAG. O GP foi 0,95% maior e a CA, 0,61% menor, indicando que houve menor consumo de ração por quilo de carne produzida, e o IEP 1,17% maior indicou que o manejo, em geral, foi melhor.

Essas vantagens relativas podem ter ocorrido por influências de um ambiente que proporcionou melhor conforto térmico e qualidade do ar, conforme discussão anterior em relação ao ITGU, e dos gases NH_3 e CO_2.

3.3.4. Custos dos combustíveis utilizados nos sistemas de aquecimento

Neste experimento, as duas fontes de combustível utilizadas na fase de aquecimento foram o gás liquefeito de petróleo e à lenha. Os dados médios de consumo de cada sistema, com os respectivos valores e o ganho de peso das aves, durante os 10 dias do experimento, com as aves nas idades de 7 e 17 dias, estão representados na Tabela 12.

Tabela 12 – Custo por kg de carne de frango produzido em função dos combustíveis utilizados nos sistemas de aquecimento a gás (SAG) e à lenha (SAL)

Sistemas	Consumo(1)	V. U(2)	CT(3)	GP(4)	C.kg(5)
SAG	258 kg	2,00	516	3662	0,141
SAL	9,8 m^3	35,00	343	3684	0,093

(1) Consumo médio de gás e de lenha no período de 10 dias foi obtido conforme o item 2.8, Material e Métodos.
(2) Valor unitário do kg de gás e do m^3 de lenha em setembro de 2005, em R$.
(3) Custo dos combustíveis durante 10 dias, em R$.
(4) Ganho de peso de carne em 10 dias, em kg, obtido conforme resultado da Tabela 11 para GP dos lotes.
(5) Custo do combustível em cada kg de carne produzida em 10 dias.

A lenha utilizada como combustível no SAL apresentou economia da ordem de 34% em relação ao gás liquefeito de petróleo utilizado no SAG, para produzir um kg de carne no período de aquecimento. Essa economia foi praticamente a mesma conseguida por criadores do Estado de São Paulo, que, comparando os custos dos mesmos combustíveis, conseguiram valores econômicos da ordem de 33% com o uso da lenha (Revista Avicultura Industrial – AI 23/05/2004).

Esses resultados indicaram que é atrativa a utilização da lenha como combustível, pois pode proporcionar menor valor na composição final do custo de produção do frango. Ressalta-se que, além de o gás liquefeito de petróleo proporcionar maior custo, ele é derivado de petróleo e de um combustível de fonte de energia não renovável, o que pode contribuir para a má qualidade do meio ambiente.

3.3.5. Umidade da cama na fase de aquecimento

A umidade, a temperatura e a qualidade do ar no interior de um galpão avícola podem ser afetadas pela qualidade da cama. De acordo com Paganini (2004), camas pouco profundas ou compostas por materiais inadequados permitem condutividade térmica entre o piso e o ar ambiente, tornando difícil a manutenção de

uma temperatura adequada às aves. Quando compostas por material com baixo poder de retenção de umidade e conseqüente liberação da umidade excedente para o ar, essas camas emplastram com facilidade. Ainda de acordo com esse autor, no inverno, na tentativa de manter mais alta a temperatura, é comum diminuir muito a ventilação, o que leva ao excesso de umidade e de amônia (NH_3) no interior do galpão.

Ao determinar a umidade da cama neste experimento, objetivou-se avaliar se essa umidade observada em cada sistema de aquecimento esteve de acordo com os resultados já pesquisados. Os valores coletados nos dois tratamentos (SAG e SAL), durante o período entre 7 e 17 dias de idade das aves, estão representados na Tabela 13.

Tabela 13 – Umidade da cama, em %, observada nos sistemas de aquecimento com fornalhas tendo como combustível o GLP e a lenha

Idade das Aves (dias)	Umidade (%)	
	SAG	**SAL**
9	23	25
16	28	28

Os valores encontrados estiveram de acordo com aqueles sugeridos por Almeida (1986), ou seja, a cama deve ser manejada de forma que sua umidade fique entre 20% e 35%. Os valores de final de aquecimento (28%) em ambos os sistemas de aquecimentos foram próximos dos 27,5% obtidos por Vigoderis (2006), em galpões com aquecimento por fornalha do tipo indireto de aquecimento do ar.

3.4. CONCLUSÕES

Com os resultados do experimento realizado no período de 15 a 25 de agosto de 2005 com aves entre 7 e 17 dias de idade, cujos dados climáticos do ambiente externo apresentaram temperatura média de 19 ºC, médias das máximas de 24 ºC, das mínimas de 14 ºC e umidade relativa média de 80%, pôde-se chegar às seguintes conclusões:

- O galpão equipado com o sistema de aquecimento à lenha proporcionou melhor ambiente térmico para as aves, quando comparado com o galpão equipado com o sistema de aquecimento a gás.

- Nos dias em que ocorreram menores temperaturas externas, as três cortinas utilizadas não conseguiram reduzir as trocas térmicas com o ambiente externo, dessa forma, não garantindo o conforto térmico às aves em 100% do tempo.

- As concentrações de amônia, de dióxido de carbono e de monóxido de carbono, mensuradas no interior dos galpões equipados com os dois sistema de aquecimento, estiveram dentro de limites adequados à saúde das aves e dos trabalhadores; à exceção do CO detectado no período noturno, no sistema de aquecimento à lenha, que ultrapassou em cerca de 100% o limite recomendado para aves.

- O sistema de aquecimento por fornalha à lenha foi 34% mais econômico quando comparado com o de aquecimento por fornalha a gás.

- Os dois sistemas de aquecimentos estudados não afetaram negativamente a umidade da cama aviária.

- Comparando os dois sistemas de aquecimento, as aves alojadas no galpão equipado com o sistema de aquecimento à lenha apresentaram desempenho produtivo melhor, com ganho de peso 0,95% maior e conversão alimentar 0,61% menor.

3.5. APÊNDICE DO EXPERIMENTO 1

Figura 1A – Vista dos galpões experimentais.

Figura 2A – Fornalha tendo como combustível à lenha.

Figura 3A – Fornalha adaptada, tendo como combustível o gás liquefeito de petróleo.

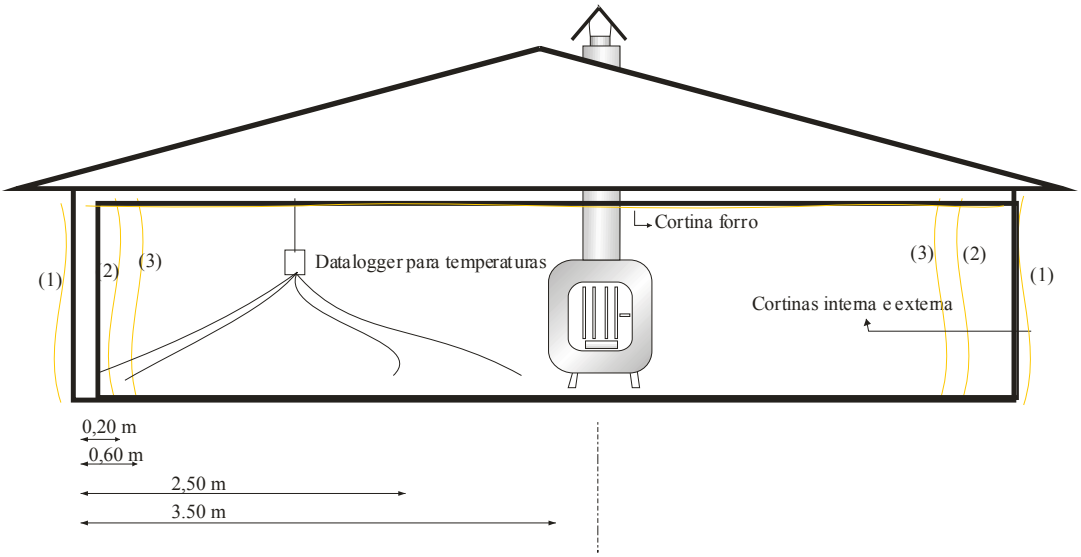

Figura 4A – Esquema transversal do galpão equipado com três cortinas e instalação dos sensores de temperatura.

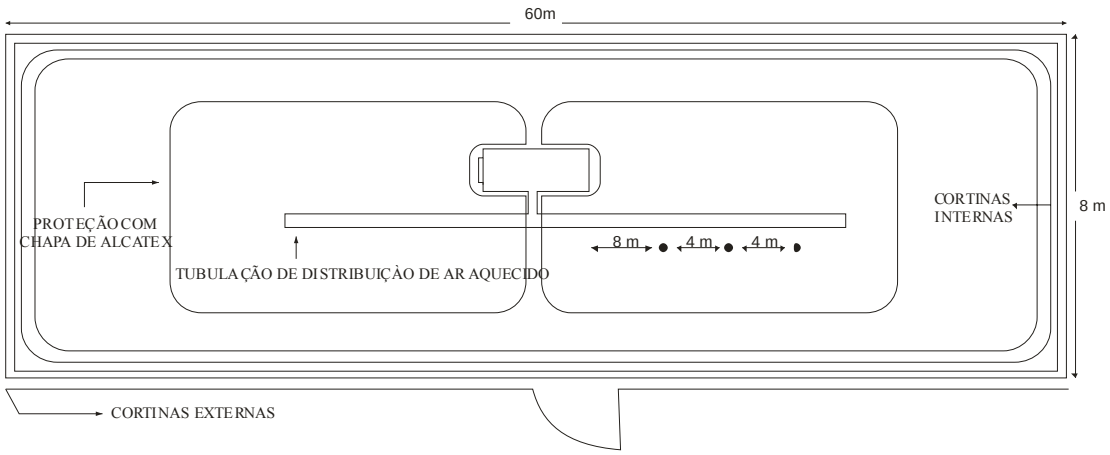

Figura 5A – Esquema da disposição dos instrumentos para coleta de dados.

Tabela 1A – Resumo da análise de variância referente ao efeito dos sistemas de aquecimento e dos horários de observação em relação a temperatura do ar (Ta), umidade relativa (UR) e índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)

Fonte de Variação	G. L.	Q.M.		G. L.	Q. M.
		Ta	UR		ITGU
Dias (blocos)	9	17,8091	739,2619	9	22,1464
Sistemas (S)	1	253,1304 **	4.386,1300 **	1	53,8873 **
Erro (a)	9	3,6119	34,2635	9	2,4208
Horários (H)	24	4,1702 **	801,2393 **	5	3,8319 ns
S x H	24	0,7288 ns	24,2001ns	5	0,9458 ns
Resíduo	432	1,3870	20,6666	90	1,7394
C.V. (%) da parcela		7,34	10,37		2,11
C.V. (%) da subparcela		4,55	8,05		1,79

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; n.s. não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 2A – Valores médios de temperatura e umidade relativa e os respectivos desvios-padrão observados em função dos horários nos sistemas de aquecimento a gás (SAG) e à lenha (SAL) e no ambiente externo

	Ta (ºC)			UR		
Horários	SAG	Sal	Externa	SAG	SAL	Externa
0	25,1±1,5	26,7±1,7	15,0±0,7	64±7	56±7	94±12
1	24,9±1,9	26,5±1,7	14,8±0,4	64±8	58±5	94±10
2	25,3±1,2	26,2±1,6	14,7±0,5	62±5	58±5	94±9
3	25,5±0,8	26,7±2,1	14,4±0,6	61±5	57±5	95±8
4	25,1±1,3	26,4±1,4	14,4±0,8	64±6	57±4	96± 7
5	24,8±1,8	26,1±1,6	14,2±0,8	67±6	58±5	98±5
6	24,9±1,5	26,2±1,7	14,0±1,0	66±5	58±3	98±6
7	24,5±1,6	26,5±1,2	14,5±1,1	66±6	59±4	97±8
8	24,7±1,0	26,1±0,8	16,2±1,0	66±5	56±4	93±11
9	25,1±0,4	26,1±1,6	17,9±1,2	61±6	55±2	81±9
10	24,5±1,9	26,2±1,5	19,2±1,6	58±5	52±6	72±11
11	25,3±1,6	26,7±1,3	20,4±1,9	54±8	49±6	65±12
12	25,8±1,3	26,9±0,9	21,5±1,7	48±7	46±6	58±11
13	25,8±1,5	27,9±1,0	22,1±1,6	47±7	43±5	55±9
14	26,1±1,3	27,6±1,0	22,9±1,5	45±7	42±5	51±9
15	25,6±1,5	27,3±0,7	22,6±2,1	47±9	44±8	53±12
16	25,4±0,8	26,6±0,8	21,6±2,6	49±7	46±7	56±15
17	25,1±1,1	26,7±1,2	20,5±2,1	53±9	50±7	62±16
18	25,3±0,8	27,7±1,1	18,0±1,6	59±9	51±5	71±15
19	25,3±0,7	26,7±1,0	17,0±1,5	61±5	54±5	78±13
20	25,8±1,0	26,8±0,9	16,4±1,3	62±6	55±5	83±12
21	25,1±1,2	25,8±1,4	15,7±0,9	65±5	60±4	87±11
22	25,0±0,9	26,6±0,9	15,5±1,3	64±6	56±2	90±13
23	24,8±1,3	25,7±1,2	15,3±0,7	65±6	58±5	92±12
24	24,8±1,3	26,4±1,9	15,1±0,9	66±7	58±6	81±6

Obs.: cada média calculada foi obtida a partir de 10 observações.

Tabela 3A – Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e os respectivos desvios-padrão observados em função dos horários nos sistemas de aquecimento a gás (SAG) e à lenha (SAL) e no ambiente externo

Sistemas	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
SAG	73,0±1,8	72,8±2,6	73,1±1,7	73,7±1,9	72,8±1,5	73,1±2,3
SAL	73,8±1,4	74,2±2,3	74,4±2,0	75,2±1,7	73,8±1,0	75,1±1,7
Externo	69,2±4,1	75,8±4,1	76,0±2,6	77,0±2,8	72,6±4,3	62,3±1,7

Obs.: cada média calculada foi obtida a partir de 10 observações.

Tabela 4A – Resumo da análise de variância referente ao efeito das cortinas e dos horários de observação em relação à temperatura do ar (Ta)

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios
		Ta
Blocos	2	58,5194
Posições (P)	3	497,9679 **
Erro (a)	6	9,4259
Horas (H)	24	9,7570 **
P x H	72	2,3255 n.s
Resíduo	192	1,9493
C.V. (%) da parcela		12,9
C.V. (%) da subparcela		5,9

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; n.s não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 5A – Valores médios de temperatura e os respectivos desvios-padrão, observados em função dos horários, correspondentes a quatro posições dentro dos galpões e do ambiente externo

Horários	Externa	Cortina 1	Cortina 2	Cortina 3	Centro
0	15,1±0,2	18,6±0,2	24,5±2,8	26,1±4,0	26,4±3,9
1	14,7±0,6	17,8±0,6	23,1±3,3	25,2±3,7	25,6±3,6
2	14,5±0,8	18,5±1,1	23,7±1,2	25,7±1,6	26,3±1,8
3	14,3±0,6	18,4±0,1	24,2±2,0	26,5±2,6	26,9±2,4
4	14,5±0,8	18,5±1,0	24,5±1,6	26,8±2,2	27,1±2,1
5	14,3±0,6	18,0±1,0	23,3±1,3	25,3±2,1	25,8±1,9
6	14,2±0,8	18,4±1,4	23,6±1,5	25,7±2,8	26,2±2,4
7	15,0±0,2	18,5±2,4	23,8±1,3	25,5±2,3	26,1±2,5
8	16,1±0,9	18,8±1,4	23,4±1,5	23,8±1,4	24,3±1,3
9	17,4±1,2	20,4±2,8	23,9±1,6	24,0±1,3	24,7±1,4
10	17,8±1,1	21,0±1,9	24,1±2,0	24,3±1,5	24,7±1,2
11	18,8±1,2	21,7±1,1	25,0±0,7	25,1±0,1	25,5±0,3
12	20,2±1,1	22,4±1,7	25,2±1,2	25,8±0,8	26,1±1,0
13	21,3±0,7	23,2±0,7	25,9±0,9	26,2±0,6	26,7±0,7
14	21,8±0,6	23,4±0,9	25,8±0,2	25,8±0,7	26,3±0,6
15	21,5±1,8	22,7±1,6	25,4±1,9	25,6±0,9	26,0±0,8
16	19,7±3,2	22,2±0,5	25,0±1,1	25,0±0,9	25,5±0,9
17	19,0±2,0	21,8±0,7	25,4±0,5	26,1±0,4	26,9±0,6
18	17,0±1,3	20,4±1,1	24,4±0,3	25,0±0,5	25,8±1,2
19	16,3±1,1	19,9±1,8	23,6±0,4	24,4±0,7	25,0±1,2
20	15,9±0,8	19,6±1,2	23,3±1,0	24,2±1,1	25,0±1,1
21	15,5±0,4	19,4±0,9	22,8±1,4	24,0±1,1	24,5±1,0
22	15,4±0,2	19,4±1,0	23,9±1,5	25,1±1,0	26,0±0,7
23	15,2±0,4	18,3±0,9	22,5±2,0	23,3±1,6	23,8±1,3
24	15,1±0,2	18,9±0,6	23,7±3,0	24,3±2,8	25,0±2,7

Obs.: cada média calculada foi obtida a partir de três observações.

Tabela 6A – Resumo da análise de variância referente ao efeito dos sistemas de aquecimento e dos horários de observação em relação à amônia (NH_3), ao dióxido de carbono (CO_2) e ao monóxido de carbono (CO)

Fonte de Variação	G.L.	Q. M.	G.L	Q. M.	
		NH_3		CO_2	CO
Dias (blocos)	10	32,0940	6	50.474,10	109,40
Sistemas (S)	1	327,5082 **	1	193.287,50 **	2.275,87 **
Erro (a)	10	11,2693	6	13.985,96	102,08
Horários (H)	3	381,0768 **	3	1.236.964 **	396,64 **
S x H	3	48,1794 **	3	21.341,26 ns	380,11 **
Resíduo	60	9,6572	36	38.245,09	45,85
C.V. (%) da parcela		33,39		15,29	153,33
C.V. (%) da subparcela		30,90		25,3	102,6

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; n.s não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 7A – Valores médios das concentrações de amônia, monóxido de carbono e dióxido de carbono e os respectivos desvios-padrão correspondentes ao sistema de aquecimento a gás (SAG) e ao sistema de aquecimento à lenha (SAL)

	Horários			
Sistemas	**06:00**	**09:00**	**15:00**	**21:00**
	A. Amônia – NH_3 (ppm)			
SAG	18,4±5,2	9,8±3,6	5,5±2,2	14,2±4,1
SAL	10,3±3,9	7,3±1,5	4,4±0,9	10,5±4,5
Obs.: cada média calculada foi obtida a partir de 11 observações				
	B. Monóxido de carbono – CO (ppm)			
SAG	0,3±0,5	0,3±0,5	0,0±0,0	0,3±0,5
SAL	21,6±10,4	7,9±5,0	0,6±0,5	21,9±18,8
Obs.: cada média calculada foi obtida a partir de 7 observações				
	C. Dióxido de carbono – CO_2 (ppm)			
SAG	1080±295	653±196	452±106	1144±209
SAL	936±227	556±138	430±66	937±197
Obs.: cada média calculada foi obtida a partir de sete observações				

Tabela 9A – Valores diários e médias do período experimental das temperaturas máxima (Máx) e mínima (Mín) e amplitude térmica (A) registradas no sistema de aquecimento a gás (SAG) e à lenha (SAL) e no ambiente externo (Amb Ext)

Data	**SAG**			**SAL**			**Amb. Ext.**		
	Máx.	**Mín.**	**A**	**Máx.**	**Mín.**	**A**	**Máx.**	**Mín.**	**A**
15/8/2005	30	25	5	28	26	2	25	13	12
16/8/2005	30	25	5	29	23	5	24	13	11
17/8/2005	28	20	8	29	22	7	22	14	8
18/8/2005	29	24	5	30	22	8	21	14	7
19/8/2005	30	22	8	29	23	7	23	14	9
20/8/2005	29	20	9	29	22	7	22	17	5
21/8/2005	28	20	8	29	21	8	23	12	11
22/8/2005	29	22	7	28	21	7	22	16	6
23/8/2005	28	23	5	29	23	6	26	11	15
24/8/2005	31	21	10	30	23	7	28	14	14
25/8/2005	29	21	8	30	21	9	29	13	16
Médias	**29**	**22**	**7**	**29**	**22**	**7**	**24**	**14**	**10**

4. EXPERIMENTO 2

EFEITO DE DOIS SISTEMAS DE VENTILAÇÃO POSITIVA NA QUALIDADE DO AR, CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE NA FASE DE CRESCIMENTO

4.1. INTRODUÇÃO

No atual nível de desenvolvimento da avicultura brasileira, principalmente nas criações com alta densidade, faz-se necessária a instalação adequada dos sistemas de ventilação, objetivando o conforto ambiental das aves, sobretudo relativo ao ambiente térmico e à qualidade do ar.

Quanto ao conforto térmico, um ambiente é considerado confortável quando não ocorre nenhum desperdício de energia por parte do animal, seja para compensar o frio, seja para acionar seu sistema de dissipação do excesso de calor corporal. Nessas condições, a faixa de temperatura na qual as aves apresentam máximo desempenho é conhecida como zona de conforto térmico (TINÔCO, 2001; FERREIRA, 2005).

Apenas a temperatura do ar (Ta) ambiente não é suficiente para caracterizar as condições térmicas ambientais, outros elementos são também importantes, como a umidade relativa (UR), a velocidade do vento (V) e a carga térmica radiante (CTR).

De acordo com Baêta e Souza (1997) e Tinôco (2004), um ambiente é considerado confortável, para produção de frango de corte nas fase adulta quando apresenta temperaturas na faixa de 15 ºC a 26 ºC e UR entre 50% e 70%.

Utiliza-se também para caracterizar o ambiente térmico o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), que reúne os efeitos combinados de temperatura, umidade, radiação e velocidade do ar. Medeiros et al. (2005) verificaram que ITGU entre 69 e 77 apresenta maior produtividade e melhores parâmetros zootécnicos. Também observaram bons resultados com os elementos ambientais Ta, UR e V, na produção de frangos de corte na fases de crescimento e final ao redor de 26 ºC, 55% e 1,5 $m.s^{-1}$, respectivamente.

Existem basicamente duas formas de promover artificialmente a movimentação do ar no interior dos aviários: por pressão negativa e por pressão positiva. No primeiro sistema, o ar é succionado por exaustores de dentro para fora, criando um vácuo parcial no interior da construção, succionando, desse modo, o ar externo. Já no sistema com pressão positiva o ar externo é forçado, por meio de

ventiladores, a entrar na construção, criando um gradiente de pressão de fora para dentro. Esse sistema é o mais comum nos aviários de construção aberta, podendo ser de dois tipos: em modo túnel ou lateral (MIDWEST PLAN SERVICE, 1990; BAETA; SOUZA, 1997; ABREU; ABREU, 2000; TINÔCO, 2004).

Em relação à qualidade do ar, além de ser fonte de oxigênio para o metabolismo de qualquer espécie animal, é ótimo veículo de dissipação do excedente de calor, do vapor d'água, dos gases provenientes dos animais e da decomposição dos dejetos, da poeira liberada pela cama e outros. De acordo com Macari e Furlan (2001), todos esses fatores agem poluindo e alterando as características normais do ar, tendo como conseqüências aumento na suscetibilidade de doenças respiratórias, resultando, conseqüentemente, em prejuízos ao processo produtivo.

Além do gás amônia (NH_3), outros poluentes gasosos significativos em instalações para animais, segundo Curtis (1983), é o dióxido de carbônico (CO_2), o monóxido de carbono (CO), o metano (CH_4) e o gás sulfídrico (H_2S). No caso das instalações para frangos de corte, a NH_3, o CO_2 e o CO são os gases que mais contribuem para a má qualidade do ar.

Freqüentemente, NH_3 é tido como o gás poluente tóxico mais encontrado em altas concentrações no interior das instalações zootécnicas, sendo sua formação atribuída à decomposição microbiana do ácido úrico dos excrementos (MACARI; FURLAN, 2001). Esse gás pode ser detectado por humanos a partir de uma concentração de 10 ppm ou menos. Por ser menos denso que o ar, o NH_3 movimenta-se com muita facilidade pela instalação (CURTIS, 1983).

O CO_2 é um gás inodoro presente no ar atmosférico a uma concentração média de 350 ppm. Nas granjas, é produzido pelos próprios animais e pela queima de combustíveis em sistemas de aquecimento e, em maior quantidade, pela decomposição dos dejetos. Lima et al. (2004) citaram que nas granjas de frangos sua concentração já é da ordem de 900 ppm, variando conforme o uso da ventilação. Para Alencar et al. (2002), a concentração de 600 a 4.000 ppm não tem afetado as aves e trabalhadores.

O monóxido de carbono (CO) é um gás venenoso e inodoro que está presente nos galpões, principalmente na época fria, nas primeiras semanas de alojamento das aves. Sua presença na fase adulta das aves é praticamente nula, salvo numa diminuição da temperatura por período prolongado, quando, então, haverá a necessidade de colocar em funcionamento os aquecedores.

Considerando o bem-estar animal, a HFAC (2006) estabeleceu para a exposição contínua de frangos de corte que a concentração de NH_3 deve ser inferior a 10 ppm e não exceder 25 ppm; CO deve ser inferior a 10 ppm e não exceder 50 ppm; e o CO_2 deve ser inferior a 3.000 ppm e não exceder 5.000 ppm. Da mesma forma, a DIRECTIVE 2007/43/EC (2007), que trata de regras mínimas para a proteção dos frangos de corte na comunidade européia, estabelece que a concentração de NH_3 e CO_2 não deve ser superior a 20 e 3.000 ppm, respectivamente, com as medições feitas ao nível das aves.

Em relação aos trabalhadores, a NORMA REGULAMENTADORA – NR15 (1990) recomenda o limite de tolerância de 20 ppm de NH_3, 39 de CO e 3.900 ppm de CO_2, com exposição de 48 h semanais. Do mesmo modo, Wathes (1999), com relação a esses mesmos gases, recomendou o limite de tolerância de 20 ppm para NH_3, 50 para CO e 5.000 ppm para CO_2, com exposição de 8 h diárias para humanos.

Unión Europea (2005) e a HFAC (2006) prevêem regras mínimas para o número de aves alojadas por metro quadrado (m^2) com base no peso vivo, concentrando no máximo 30 kg de peso por m^2 e podendo chegar a 38 $kg.m^{-2}$ se, comprovadamente, não houver problemas de bem-estar em relação aos limites de ventilação, temperatura, qualidade do ar, problemas nas pernas e mortalidade.

A importância de realizar avaliações dos sistemas de ventilação em aviários, está em verificar o bem estar-animal e humano dentro desse ambiente, em relação ao conforto térmico e à qualidade do ar. Tais avaliações poderão se reverter em informações para que as empresas tomem decisões para alterar o manejo, além de contribuir para o inventário nacional sobre emissão de gases relacionados ao efeito-estufa e alertar o setor sobre os efeitos desses gases na alteração do clima.

Nesse contexto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito da ventilação por sistemas em modo túnel e lateral sobre o ambiente de frangos de corte em crescimento, com base no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho produtivo das aves.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados quatro galpões de criação comercial de frangos de corte situados na área experimental da Empresa Nogueira Rivelli Alimentos, localizada no Município de Ressaquinha, microrregião de Barbacena, Minas Gerais, com 1.126 m de altitude e coordenadas geográficas de

21° 06’ S e de 43° 46’W. O clima da região, segundo a classificação de Köeppen, é do tipo Cwa, temperado úmido e com inverno seco, e a temperatura do mês mais quente é superior a 22 ºC.

4.2.1. Características arquitetônicas dos galpões

Os quatros galpões possuíam as mesmas características arquitetônicas, com 8 m de largura, 2,90 m de pé-direito e 60 m de comprimento, orientação leste-oeste, piso de concreto e 40 m entre galpões. As faces leste e oeste eram fechadas com alvenaria de blocos de concreto, na espessura de 20 cm, revestidas com argamassa, pintadas de branco e com janelas. E as faces norte e sul possuíam muretas com 20 cm de altura com alvenaria de blocos de concreto, tela de arame com malha de 2,5 cm e sistema de vedação com três cortinas de polietileno, em que a externa era fechada de baixo para cima até a altura do telhado. Os galpões também possuíam forros de polietileno, posicionados a 2,9 m de altura a partir do piso e telhado com estrutura de madeira apoiada em colunas de concreto armado formando duas águas, 20º de inclinação, beiral de 1,50 m, sem laternim e cobertura com telha de cimento-amianto.

4.2.2. Características e manejo dos sistemas de ventilação

O acondicionamento artificial dos ambientes foi composto por um sistema de ventilação positiva em modo túnel (SVT) e outro sistema de ventilação positiva lateral (SVL).

O SVT foi constituído por ventiladores axiais, de três hélices, diâmetro de 0,90 m e vazão de 300 $m^3.min^{-1}$; posicionados em duas linhas, com fluxo no sentido do comprimento do galpão, a 1,5 m do piso; e afastados 8,5 m um do outro na direção do comprimento e 3,0 m na direção da largura, 2,5 m das paredes laterais e início a 2,0 m dos oitões do galpão, totalizando 14 ventiladores, acionados por motores de indução bifásica tipo monobloco, com potência de 368 W, 1.130 rpm e 220 V (Figura 1A do Apêndice do experimento 2).

E o SVL foi constituído pelos mesmos tipos de ventiladores do SVT, posicionados a 1,50 m do piso e a cada 6,0 m um do outro, dispostos em uma das laterais do galpão, de forma que o fluxo tinha o mesmo sentido do vento predominante do local, constituindo-se de nove ventiladores (Figura 2A do Apêndice do experimento 2).

Sempre que o manejo da ventilação natural não foi suficiente para atender ao conforto térmico das aves, acionou-se o sistema de ventilação artificial. Nesse sistema, os ventiladores entravam em funcionamento quando a temperatura do ar atingia valores iguais ou superiores a 25 ºC.

4.2.3. Aves experimentais

O experimento foi conduzido com o total de 35.000 aves da marca *COBB*, de tal modo que em cada galpão foram alojadas 8.750 aves, constituídas por machos e fêmeas, com idades entre 18 e 35 dias e recebendo o mesmo manejo. Ao iniciar o experimento, as aves alojadas nos dois galpões equipados com o SVT e em outros dois equipados com o SVL tinham, respectivamente, peso vivo médio de 0,652 e 0,640 $kg.ave^{-1}$ aos 18 dias de idade.

4.2.4. Instrumentos e medições para caracterizar o ambiente térmico

A fim de caracterizar o ambiente interno por meio dos elementos ambientais constituídos pela temperatura (Ta) e pela umidade relativa (UR), foi colocado na região central de cada galpão, um datalogger da marca HOBO®, com resolução de 0,1 ºC e precisão de ±0,7 ºC, para determinação de leituras contínuas durante 24 h do dia (Figura 3A do Apêndice do experimento 2).

Foram feitas medições a cada 2 h, das 8 às 18 h, em três pontos medianos e eqüidistantes no interior dos galpões e ao nível das aves, dos seguintes elementos ambientais: temperatura de globo negro (t_{gn}), temperatura de bulbo molhado (t_{bm}) e velocidade do ar (V).

As medições de t_{gn} foram realizadas utilizando-se termômetros de vidro com sensor de mercúrio e resolução de 1 ºC, colocados no interior de globos negros com diâmetro de 150 mm, enquanto a t_{bm} foi medida com higrômetros, cujos sensores de mercúrio também tinham resolução de 1 ºC. A medição da velocidade do ar foi realizada nas proximidades de cada sensor de globo negro, por meio de um anemômetro digital de hélice com resolução de 0,1 $m.s^{-1}$.

Para a coleta de dados climáticos do ambiente externo, utilizou-se um abrigo meteorológico. Nele foram feitas as mesmas medições correspondentes às dos galpões, com sensores de mesma resolução e precisão. Um higrômetro e um

datalogger foram colocados dentro do abrigo e o termômetro de globo negro, externamente.

4.2.5. Indicadores para caracterizar o ambiente térmico

Feitas as medições e processamento dos dados, o nível de conforto térmico tanto no interior dos galpões quanto externamente foi caracterizado pela utilização dos indicadores térmicos, sendo eles a temperatura do ar (Ta), a umidade relativa (UR), o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e a carga térmica radiante (CTR).

Quanto ao ITGU, proposto por Buffington et al. (1981), ele foi calculado pela equação 1, e a CTR, segundo Esmay (1974), pode ser determinada pela equação 2.

$$ITGU = 0{,}72\ (t_{gn} + t_{bu}) + 40{,}6 \qquad (1)$$

em que:

t_{gn} = temperatura de globo negro (ºC); e

t_{bu} = temperatura de bulbo úmido (ºC).

$$CTR = \sigma\ (T_m)^4 \qquad (2)$$

em que:

σ = Constante de Stefan-Boltzmann ($5{,}67 \times 10^{-8}\ W.m^{-2}.K^{-4}$); e

T_m = temperatura média radiante, calculada pela equação (3).

$$T_m = 100.\left[2{,}51.\sqrt{V}.\left(t_{gn} - Ta\right) + \left(\frac{t_{gn}}{100}\right)^4\right]^{1/4} \qquad (3)$$

em que:

V = velocidade do ar, $m.s^{-1}$;

t_{gn} = temperatura de globo negro, K; e

Ta = temperatura de bulbo seco, K.

4.2.6. Instrumentos, medições e indicadores para caracterizar a qualidade do ar

A qualidade do ar foi caracterizada por meio das medições diárias instantâneas das concentrações dos gases amônia (NH_3), dióxido de carbono (CO_2) e

monóxido de carbono (CO). Essas concentrações estão registradas às 6, 9, 15 e 21 h, medidas ao nível das aves no período de 18 a 35 dias de idade das aves.

As concentrações de amônia foram medidas utilizando-se um detector para amônia da marca Gasman, com sensor de resolução 0,1 ppm e precisão de ± 1 ppm.

Para o registro das concentrações dos gases CO_2 e CO foi utilizado um detector multigás da marca Testo, modelo 330-1, com sensor de CO_2, de resolução de 1 ppm e precisão de ±50 ppm, enquanto o sensor de CO, resolução de 1 ppm e precisão de ±1 ppm.

4.2.7. Avaliação do desempenho dos frangos

Foram alojadas em cada galpão 8.750, sendo metade machos e metade fêmeas, no sistema misto de criação.

Para avaliação dos lotes de frangos nos dois sistemas de ventilação, foram utilizados os índices zootécnicos consumo de ração (CR), peso vivo (PV), conversão alimentar (CA), taxa de mortalidade (TM) e índice de eficiência produtiva (IEP).

O consumo de ração (CR) pelas aves nas idades entre 18 e 35 dias foi obtido com base no controle pela Empresa das datas e da quantidade de ração encaminhada para cada galpão.

O peso vivo (PV) foi obtido por meio de amostragem aleatória de 100 aves, sendo cada amostra constituída por fêmeas e machos, utilizando-se balança com resolução de 1 g, aos 18 e aos 35 dias de idade, e pela diferença, obteve-se o ganho de peso (GP) no período.

A conversão alimentar (CA) foi calculada pela razão entre o consumo de ração no período e o GP também no período (17 dias), não corrigido pela mortalidade.

Para determinar a TM, considerou-se o número de aves mortas nas idades de 18 e 35 dias, expressando tal número em termos de porcentagem, com relação ao número de pintinhos de um dia alojados (8.800). A mortalidade do período foi obtida pela diferença.

Com base na equação (4), proposta por Albino (1998), foi calculado o IEP, incorporando num único valor o GP (em kg) no período; a viabilidade (V em %); o período de 17 dias (IA); e a CA nesse período.

$$IEP = \frac{GPxV}{IAxCA} x100 \qquad (4)$$

4.2.8. Umidade da cama aviária

As camas aviárias foram confeccionadas com casca de arroz, e no período do experimento, já eram reutilizadas pela terceira vez.

As amostras das camas foram coletadas semanalmente nos quatro galpões, sendo dois equipados com o SVT e dois com o SVL, realizadas em seis pontos aleatórios. Depois de homogeneizadas, foi retirada uma amostra-padrão e enviada ao laboratório da empresa Nogueira Rivelli Alimentos para determinação dos teores de umidade pelo método da secagem em estufa por 24 horas de acordo com Kiehl (1985). Nesse método, o material da cama foi secado a 65 ºC por 24h, com complementação por mais 4h, a 103-105 ºC, até massa constante.

4.2.9. Delineamento experimental

O experimento foi montado segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os sistemas de ventilação e, nas subparcelas, os horários de medição, no delineamento em blocos casualizados com repetições correspondentes aos dias de leituras. Os dados foram examinados por meio das análises de variância e de regressão. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos de acordo com a significância dos coeficientes de regressão, no nível de 5%, empregando-se o teste "t", de Student.

Nas análises de variância das variáveis térmicas e qualidade do ar, independentemente de a interação ser ou não significativa, foi feito o desdobramento.

Quanto à análise de desempenho das aves, realizou-se análise descritiva dos valores médios dos índices zootécnicos mais importantes.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Avaliação do conforto térmico ambiental

O conforto térmico ambiental foi avaliado mediante a análise de dados coletados da temperatura do ar, da umidade relativa, do índice de temperatura de globo negro e umidade e da carga térmica radiante, em função dos horários de observação em dois sistemas de ventilação, durante o período entre 18 e 35 dias de vida das aves.

4.3.1.1. Temperatura do ar e umidade relativa

Os valores médios de temperatura do ar (Ta) e umidade relativa (UR) em função dos horários de observação, em cada sistema de ventilação, estão apresentados na Tabela 1. A análise de variância e os valores médios com os respectivos desvios-padrão estão no Apêndice do experimento 2, correspondendo às Tabelas 1A e 2A.

Tabela 1 – Valores médios de temperatura do ar (Ta) e umidade relativa (UR) observados em função dos horários nos sistemas de ventilação em modos túnel (SVT) e lateral (SVL) e no ambiente externo

Horários	Ta (ºC)			UR (%)		
	SVT	SVL	Externa	SVT	SVL	Externa
0	21,3 a	20,9 a	16,7	77 a	77 a	89
1	21,2 a	20,7 a	16,4	77 a	78 a	90
2	21,1 a	20,9 a	15,9	78 a	79 a	92
3	20,9 a	20,5 a	15,7	80 a	80 a	93
4	20,6 a	20,4 a	15,4	80 a	80 a	94
5	20,3 a	20,1 a	15,1	81 a	82 a	95
6	20,1 a	20,0 a	15,0	82 a	82 a	96
7	20,7 a	21,0 a	15,8	81 a	79 a	94
8	20,6 a	20,5 a	17,9	77 a	76 a	85
9	21,6 a	21,1 a	19,5	71 a	73 a	77
10	22,6 a	22,3 a	21,0	65 a	67 a	70
11	23,8 a	23,4 a	22,3	60 a	62 a	64
12	24,8 a	24,6 a	23,4	55 a	56 a	58
13	25,6 a	25,4 a	24,1	51 a	53 a	54
14	25,4 a	25,4 a	24,3	51 a	53 a	54
15	25,2 a	25,1 a	24,0	52 a	54 a	54
16	24,6 a	24,6 a	23,5	54 a	56 a	57
17	24,0 a	23,7 a	22,0	59 a	61 a	64
18	23,3 a	22,8 a	19,7	66 a	68 a	75
19	23,1 a	22,4 a	18,7	70 a	71 a	81
20	22,5 a	22,1 a	18,3	71 a	72 a	83
21	22,1 a	21,8 a	17,7	73 a	74 a	86
22	21,5 a	21,3 a	17,2	75 a	76 a	88
23	21,5 a	21,0 a	16,9	75 a	76 a	89
24	21,2 a	21,0 a	16,8	76 a	77 a	88

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observa-se, na Tabela 1, que não houve diferença estatística entre os sistemas SVT e SVL. Também, verificou-se que a temperatura, em geral, variou em média de 20 a 25,6 ºC em 24 h. Com base na temperatura de conforto sugerida por Baêta e Souza (1997) e Tinôco (2004), que consideram a faixa de 15 a 26 ºC ideal para as

aves em fases de crescimento e final, pode-se inferir que os dois sistemas de ventilação testados foram capazes de manter o conforto térmico às aves no período estudado, apesar de média de temperatura do ar do ambiente externo ser relativamente baixa, no período do ano avaliado.

Considerando que os ventiladores foram acionados toda vez que a temperatura do ar interno ultrapassou 25 ºC, observa-se, na Tabela 1, que isso ocorreu entre 13 e 15 h, correspondendo ao redor de 12% do tempo.

Em relação à UR, de acordo com a Tabela 1, não houve diferença estatística entre os sistemas de ventilação. A faixa de UR ideal, associada à temperatura de conforto das aves, segundo Baeta e Souza (1997) e Ronchi (2004), é de 50 a 70%. Com base nessa recomendação e com os valores da Tabela 1, os sistemas de ventilação (SVT e SVL) apresentaram durante o dia, das 10 às 19 h, UR entre 51 e 71% e Ta entre 22,3 e 25,6 ºC, sem problemas de desconforto. Porém, das 20 às 9 h, ocorreu UR entre 71 e 82%; associadas à Ta entre 20 e 21 ºC, os possíveis efeitos não têm relevância a esses níveis de temperatura.

Para analisar a relação entre os horários de observação e os valores obtidos de Ta e UR em cada sistema de ventilação e do ambiente externo, foram ajustadas as equações de regressão. A Figura 1 ilustra a representação gráfica do comportamento de Ta e UR com base nessas equações.

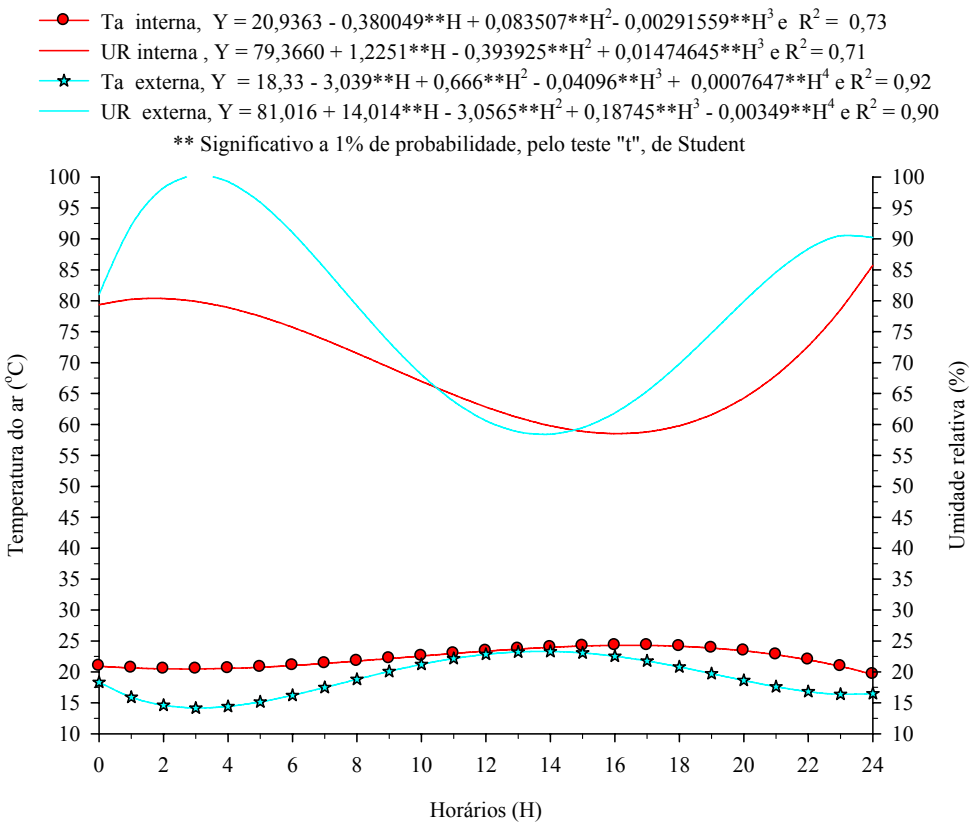

Figura 1 – Estimativas da temperatura do ar (Ta) e da umidade relativa (UR), por meio de equações ajustadas em função dos horários (H) de observação dos ambientes interno e externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Na Figura 1, observa-se a capacidade das instalações em retardar os efeitos das temperaturas mais altas ocorridas externamente, por volta das 13 h, que só foram refletir internamente ao redor das 17 h. Nesse intervalo, com essas condições se vislumbra a importância de acionar os sistemas de ventilação.

Nota-se também na Figura 1, quanto à estimativa da UR para o interior dos galpões, que os menores valores ocorreram entre 15 e 17 h, com valores mínimos ao redor de 60%. O que corresponde aos maiores valores de temperatura para esse mesmo horário, aproximadamente entre 24 e 25 ºC, corroborando que, nesses horários, há possibilidades de ter que acionar os ventiladores.

4.3.1.2. Índice de temperatura de globo negro e umidade e carga térmica de radiação

Em relação ao índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e a carga térmica de radiação (CTR), os valores médios em função dos horários de observação, em cada sistema de ventilação, estão apresentados na Tabela 2. A análise

de variância e os valores médios com os respectivos desvios-padrão estão no Apêndice do experimento 2, correspondendo as Tabelas 1A e 3A.

Tabela 2 – Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica de radiação (CTR) observados em cada sistema de ventilação e ambiente externo

Sistemas	Horários					
	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
A. Índice de temperatura de globo negro e umidade						
SVT	67,8a	69,9a	71,5a	72,5a	71,5a	70,6a
SVL	67,1a	69,2a	70,7b	71,6b	70,7b	69,7b
Externo	70,8	75,4	78,3	77,2	74,4	66,0
B. Carga térmica de radiação ($W.m^{-2}$)						
SVT	433a	459a	468a	472a	452a	448a
SVL	434a	454a	461a	469a	459a	440b
Externo	547	600	642	614	557	407

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna, nos sistemas de ventilação, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Conforme se observa na Tabela 2, nos horários de 12, 14, 16 e 18 h os valores do ITGU no sistema de ventilação em modo túnel (SVT) foram, estatisticamente, maiores do que no sistema de ventilação lateral (SVL). E nos valores de CTR, do mesmo modo, ocorreu diferença significativa apenas às 18 h.

Ainda de acordo com a Tabela 2, o ITGU variou, em média, entre 67 e 73. De forma geral, esses valores estão em conformidade com os intervalos de 69 a 77 verificados por Medeiros et al. (2005) e de 65 a 77 observados por Piasentin (1984), como indicadores de conforto para frangos de corte na fase adulta.

Em relação à CTR, observou-se que ela não contribuiu, de forma diferenciada, para a quantificação do ITGU nos dois sistemas considerados.

Para analisar o efeito dos horários de observação sobre os valores obtidos de ITGU e CTR em cada sistema de ventilação e do ambiente externo, foram ajustadas as equações de regressão dos dados observados (Tabela 3), de tal modo que a Figura 2 ilustra a representação gráfica do comportamento dessas variáveis.

Tabela 3 – Equações ajustadas dos valores do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e da carga térmica de radiação (CTR) observados em função dos horários (H) do sistema de ventilação em modo túnel (SVT), lateral (SVL) e do ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2)

Sistemas	Equações	R^2
	A. Índice de temperatura de globo negro e umidade - ITGU	
SVT	$\hat{Y} = 49{,}2108 + 3{,}21^{**}H - 0{,}112433^{**}H^2$	0,98
SVL	$\hat{Y} = 48{,}6967 + 3{,}19282^{**}H - 0{,}112768^{**}H^2$	0,99
Externo	$\hat{Y} = 16{,}9116 + 9{,}8413^{**}H - 0{,}39397^{**}H^2$	0,99
	B. Carga térmica de radiação - CTR ($W.m^{-2}$)	
SVT	$\hat{Y} = 247{,}436 + 33{,}1796^{**}H - 1{,}22746^{**}H^2$	0,98
SVL	$\hat{Y} = 256{,}707 + 31{,}506^{**}H - 1{,}1815^{**}H^2$	0,98
Externo	$\hat{Y} = -271{,}381 + 151{,}645^{**}H - 6{,}30401^{**}H^2$	0,98

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

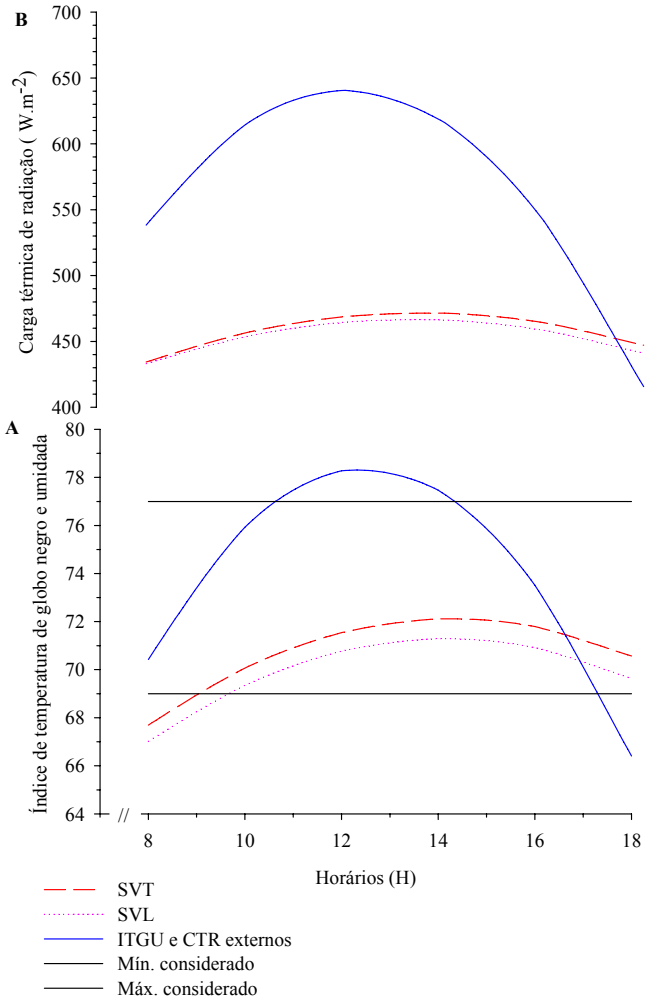

Figura 2 – Valores estimados do índice de temperatura de globo negro e umidade (A) e da carga térmica de radiação (B), em função dos horários em cada sistema de ventilação e estimativa do ambiente externo.

De acordo com a Figura 2A, o valor máximo de ITGU externo estimado de 78,4 ocorreu ao redor das 12h30. Devido ao amortecimento e retardo térmico das instalações, o ITGU máximo estimado no ambiente interno dos galpões foi de 72, por volta das 14 h. Portanto, um amortecimento de 6,4 do ITGU e retardo de 1,5 h, contribuindo para melhores condições de conforto térmico para os animais.

Para a CTR, houve comportamento semelhante ao ITGU, porém com valores relativos ainda maiores.

Em relação à CTR externa, o maior valor ocorreu às 12 h, possivelmente devido à perpendicularidade dos raios solares em relação ao plano do horizonte local, estimado em 641 $W.m^{-2}$ pela equação ajustada (Tabela 3). Relacionando esse valor com os valores estimados dos sistemas, o SVT e o SVL apresentaram redução de CTR da ordem de 26,4% e 27,2%, respectivamente.

Nas condições de realização deste experimento, por meio das variáveis Ta, ITGU e CTR, no período quente do dia, notou-se que o SVL proporcionou ambiente mais confortável para as aves do que SVT.

4.3.2. Avaliação da qualidade do ar ambiente

Os valores médios da NH_3, do CO e do CO_2, em função dos horários de observação, de cada sistema de ventilação, estão apresentados na Tabela 4. A análise de variância e os valores médios com os respectivos desvios-padrão estão no Apêndice do experimento 2, correspondentes às Tabelas 4A e 5A.

Tabela 4 – Valores médios de concentração da amônia, monóxido e dióxido de carbono observados em função dos horários de cada sistema de ventilação

Sistemas	Horários			
	6:00	**9:00**	**15:00**	**21:00**
	A. Amônia – NH_3 (ppm)			
SVT	8,8 a	5,0 a	5,3 a	10,2 a
SVL	7,9 a	4,2 a	4,4 a	8,2 b
	B. Monóxido de carbono - CO (ppm)			
SVT	0,2 a	0,4 a	0,3 a	0,4 a
SVL	0,3 a	0,4 a	0,4 a	0,4 a
	C. Dióxido de carbono – CO_2 (ppm)			
SVT	651,7 a	418,2 a	382,9 a	672,4 a
SVL	652,9 a	354,7 b	380,5 a	602,0 b

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Como se verifica na Tabela 4, comparando SVT e SVL, somente houve diferença significativa entre os valores observados de NH_3 às 21 h; não houve diferença no CO e sim diferença significativa entre os valores observados de CO_2 nos horários de 9 e 21 h. De forma geral, os menores valores de concentração foram verificados durante o dia.

Esses valores de concentração média observados no SVT e SVL estiveram, entretanto, abaixo dos limites de tolerância recomendados. De acordo Whates (1999), o recomendável é um limite máximo de 20 ppm de NH_3, 10 ppm de CO e 3.000 ppm de CO_2, para exposição contínua dos animais nas instalações.

Considerando o bem estar-animal, a HFAC (2006) e a DIRECTIVE 2007/43/EC (2007), que tratam de regras mínimas para a proteção dos frangos de corte, estabelecem que a concentração de NH_3 e CO_2 não deve ser superior a 20 ppm e 3.000 ppm, respectivamente, com as medições feitas ao nível das aves. Da mesma forma como anteriormente, o maior valor médio de concentração de NH_3 encontrado neste trabalho foi de 10,2 ppm e para CO_2, de 672 ppm, e os valores encontrados estiveram bem abaixo daqueles fixados pelas regras mínimas de bem-estar.

Em relação aos trabalhadores, a NORMA REGULAMENTADORA – NR15 (1990) recomenda o limite de tolerância de 20 ppm de NH_3, 39 de CO e 3.900 ppm de CO_2, com exposição de 48 h semanais. Do mesmo modo, Wathes (1999), para esses mesmos gases, recomendou o limite de tolerância de 20 ppm para NH_3, 50 para CO e 5.000 ppm para CO_2, com exposição de 8 h diárias para humanos. Comparando esses limites com os valores da Tabela 4, não foram constatados, dentre os horários observados, níveis de concentração considerados prejudiciais aos trabalhadores.

Quanto às baixas concentrações de CO detectadas em ambos os sistemas de ventilação, possivelmente elas se deveram à não-necessidade de acionamento de sistemas de aquecimento.

Os modelos dos valores da concentração de NH_3 e CO_2, ajustados em função das observações horárias, que apresentaram melhor ajuste, foi o quadrático (Tabela 5). A Figura 3 representa graficamente o comportamento da concentração desses dois gases em ambos os sistemas (SVT e SVL).

Tabela 5 – Equações ajustadas dos valores de concentração de NH_3 e CO_2, em função dos horários (H) de observação, nos sistemas de ventilação em modo túnel (SVT) e lateral (SVL), com os respectivos coeficientes de determinação (R^2)

Sistemas	Equações	R^2
	A. Amônia – NH_3 (ppm)	
SVT	$\hat{Y} = 18{,}6733 - 2{,}22720^{**}H + 0{,}0871956^{**}H^2$	0,96
SVL	$\hat{Y} = 16{,}6844 - 1{,}99027^{**}H + 0{,}0759038^{**}H^2$	0,93
	B. Dióxido de carbono – CO_2 (ppm)	
SVT	$\hat{Y} = 1.313{,}84 - 145{,}926^{**}H + 5{,}5072^{**}H^2$	0,98
SVL	$\hat{Y} = 1.274{,}20 - 141{,}364^{**}H + 5{,}2399^{**}H^2$	0,87

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

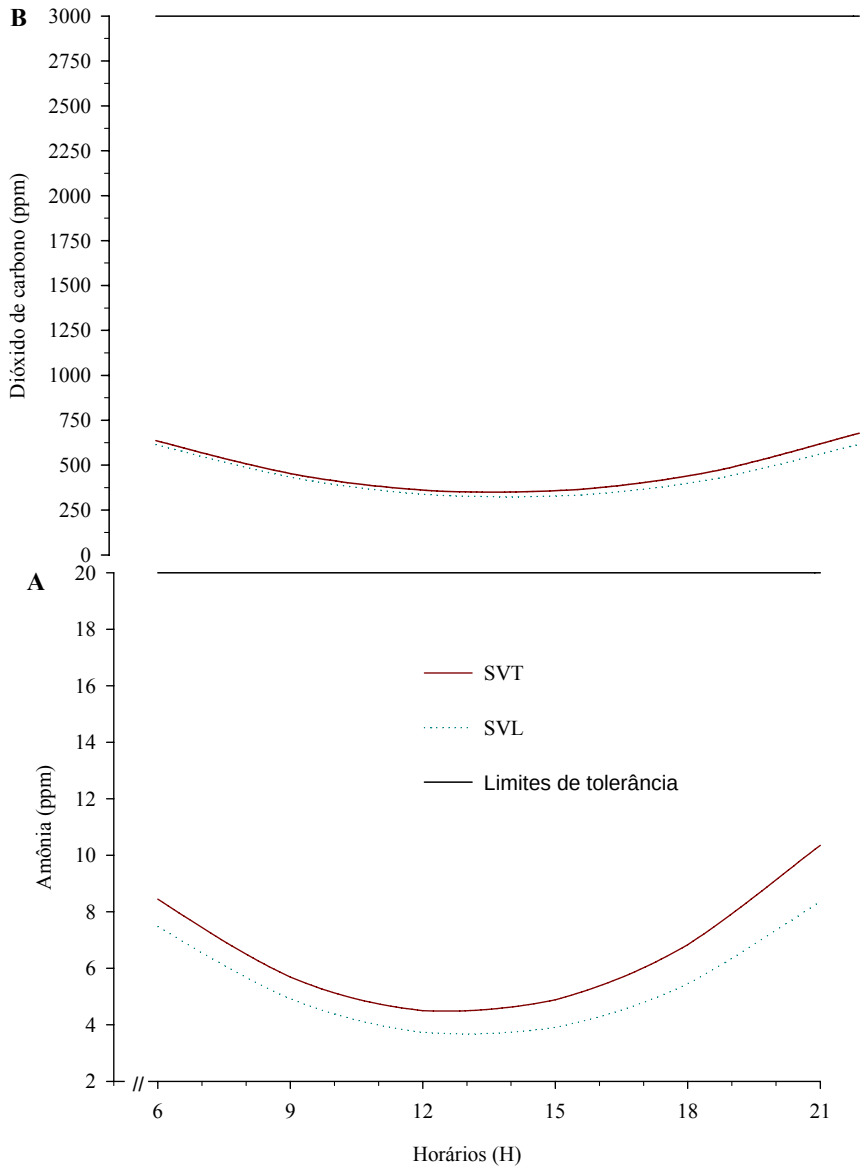

Figura 3 – Valores estimados da concentração de amônia (**A**) e dióxido de carbono (**B**) dos sistemas (SVT e SVL) de ventilação em função dos horários.

Nota-se, na Figura 3, que a variação de concentrações estimadas durante o dia e parte da noite dos gases NH_3 e CO_2 pode estar associada à ventilação e manejo das cortinas, com fechamento do galpão durante o período noturno.

Observa-se, pela Figura 3A, que os valores mínimos de NH_3 estimados nos sistemas de ventilação (SVT e SVL) foram, respectivamente, de 4,5 e 3,6 ppm, nos horários de 12,8 e 13,1 h. Do mesmo modo, na Figura 3B os mínimos de CO_2 foram de 347 e 320 ppm nos horários de 13,2 e 13,5 h. Provavelmente, nesses horários, maior era a temperatura interna, e, procurando reduzi-la, acionavam-se os ventiladores, fato que propiciava redução nas concentrações dos gases.

Em resumo, de acordo com os valores médios da concentração de NH_3, CO e CO_2 detectados nesta pesquisa e comparados com os valores de referências, pode-se inferir que a qualidade do ar dentro dos galpões avícolas avaliados foi adequada tanto para o bem-estar das aves quanto para os trabalhadores.

4.3.3. Avaliação do desempenho das aves

Os valores médios dos índices de desempenho observados no período entre 18 e 35 dias de idades das aves, como o consumo de ração, o peso vivo, a conversão alimentar, a taxa de mortalidade e o índice de eficiência produtiva, correspondentes ao sistema de ventilação em modo túnel (SVT) e ao sistema de ventilação lateral (SVL), estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores médios de consumo de ração (CR), de peso vivo (PV), de ganho de peso no período (GP), de conversão alimentar (CA), de taxa de mortalidade (TM), de índice de eficiência produtiva (IEP), número de aves vivas, densidade e produtividade observados nos sistemas de ventilação em modo túnel (SVT) e lateral (SVL) entre 18 e 35 dias de idades das aves

Valores médios de desempenho	**SVT**		**SVL**	
	18 dias	**35 dias**	**18 dias**	**35 dias**
CR no período de 17 dias (kg.ave^{-1})	2,32		2,38	
PV (kg.ave^{-1})	0,652	1,852	0,640	1,892
GP no período de 17 dias (kg.ave^{-1})	1,200		1,252	
CA no período	1,93		1,90	
TM (%)	1,159	3,102	1,53	3,649
TM no período de 17 dias (%)	1,943		2,119	
IEP no período de 17 dias	354		373	
Número de aves vivas(1)	17.297	16.957	17.232	16.861
Densidade (aves.m^{-2})	18		18	
Produtividade (kg.m^{-2})	32,7		33,2	

(1) obtido descontando a TM aos 18 e aos 35 dias de idade das aves e tendo como base 17.500 aves alojadas de 1 dia.

De acordo com a Tabela 6, cada ave do SVL consumiu mais ração do que as aves do SVT, em média um total de 6 g no período de 17 dias, o que pode ter contribuído para um ganho maior de peso, ao redor de 52 g.

De acordo com Mendes e Patrício (2004), o peso médio de frangos de corte na criação mista, para diferentes linhagens comerciais, é em média, aos 35 dias, de 1.886 g. Baseando-se nessa citação e na Tabela 6, as aves criadas no SVT apresentaram, em média, PV de 34 g menor, enquanto as aves do SVL apresentaram 6 g a mais.

Comparando os dois sistemas, as aves alojadas nos galpões equipados com o SVL apresentaram GP 4,3% maior do que as aves alojadas nos galpões equipados com o SVT.

Comparando com a mortalidade na fase de crescimento, que segundo Mendes e Patrício (2004) pode chegar à média de 0,5% por semana, o SVT apresentou 0,80% e o SVL, 0,87%, valores maiores do que aqueles esperados para ambos os sistemas e que podem estar associados às doenças.

Com base na Tabela 6, mesmo o SVL apresentando porcentual maior de mortalidade, as aves ali instaladas tiveram CA melhor e um índice de eficiência produtiva de 5,4% maior em relação ao SVT, no período do experimento (17 dias).

Finalmente, em relação à densidade de criação e à produção por unidade de área, os valores da Tabela 6 ultrapassaram o limite de 30 $kg.m^{-2}$ propostos pela HFAC (2006) e pela Unión Europea (2005). No entanto, de acordo com os dados analisados, não houve problemas térmicos e de qualidade do ar que limitassem as condições de bem-estar das aves, critérios que são considerados para uma densidade maior, segundo as entidades citadas.

4.3.4. Umidade da cama na fase de crescimento das aves

Os valores observados da umidade da cama aviária durante o período de 18 a 35 dias de idade das aves, coletados nos dois sistemas (SVT e SVL) que tiveram como material da cama a casca de arroz na terceira reutilização, estão representados na Tabela 7.

Tabela 7 – Umidade observada da cama, em %, dos sistemas de ventilação em modo túnel (SVT) e lateral (SVL)

Idade das aves (dias)	Umidade (%)	
	SVT	**SVL**
23	28,4	28,9
30	30,4	28,6

Almeida (1986) sugeriu que a cama seja manejada de forma que sua umidade fique entre 20% e 35%. Segundo esse mesmo autor, camas com umidade acima de 35% tornam-se emplastradas, acarretando situação de desconforto às aves, afetando seu desempenho zootécnico e diminuindo a resistência às doenças. De acordo com essas recomendações, os valores de umidade observados neste experimento foram adequados para as aves.

A menor umidade da cama detectada no final do período em estudo no ambiente equipado com SVL pode ter contribuído para a menor concentração de NH_3 e CO_2 apresentada nesse ambiente em relação ao SVT, conforme a Figura 3.

4.4. CONCLUSÕES

Com os resultados do experimento realizado no período de 26 de agosto a 12 de setembro de 2005, cujos dados do ambiente externo eram de temperatura média de 20 ºC, média das máximas de 26 ºC e das mínimas de 14 ºC e de umidade relativa média de 80%, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- Os dois sistemas de ventilação estudados, o de modo túnel e o de ventilação lateral, foram eficientes para manter as aves em condições de conforto térmico no interior dos galpões.

- Os níveis de concentração de amônia, de dióxido de carbono e de monóxido de carbono avaliados nos sistemas de ventilação não ofereceram riscos à saúde dos trabalhadores e das aves.

- Os dois sistemas de ventilação estudados não afetaram negativamente a umidade da cama aviária.

- Comparando os dois sistemas de ventilação, as aves alojadas nos galpões equipados com o sistema de ventilação lateral apresentaram desempenhos produtivos melhores: com ganho de peso 4,3% maior, conversão alimentar 1,55% menor e índice de eficiência produtiva de 5,4% maior.

- De acordo com as normas de bem-estar para frangos de corte, não houve influências negativas dos dois sistemas de ventilação que afetassem a densidade de alojamento das aves.

4.5. APÊNDICE DO EXPERIMENTO 2

Figura 1A – Vistas do sistema de ventilação em modo túnel (SVT).

Figura 2A – Vistas do sistema de ventilação lateral (SVL).

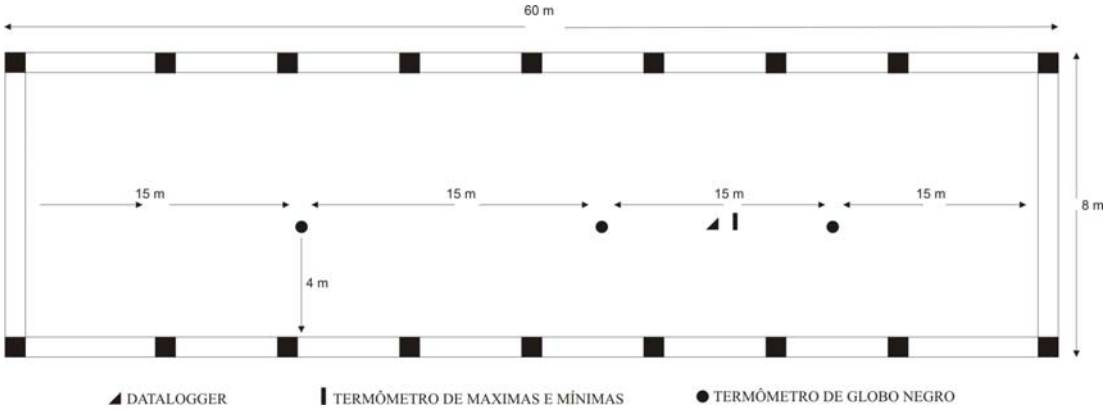

Figura 3A – Disposição dos instrumentos de medição nos sistemas de ventilação.

Tabela 1A – Resumo da análise de variância referente ao efeito dos sistemas de ventilação e dos horários de observação em relação à temperatura do ar (Ta), à umidade relativa (UR), ao índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e a carga térmica de radiação (CTR)

FV	G.L.	Q. M.		G.L.	Q.M.	
		Ta	UR		ITGU	CTR
Dias (blocos)	17	129,1801	4.022,375	17	42,5491	3.015,120
Sistemas (S)	1	15,33636*	268,0315**	1	34,3730**	944,7836**
Erro (a)	17	2,360806	21,33718	17	0,68997	109,6277
Horários (H)	24	110,3304**	3.755,554**	5	93,8254**	6.846,3480**
S x H	24	0,3572673ns	8,436915ns	5	0,10717ns	84,4951ns
Resíduo	816	1,479443	41,03044	170	1,5283	151,0483
C.V. (%) da parcela		6,91	6,60		1,18	2,30
C.V. (%) da subparcela		5,47	9,16		1,76	2,70

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; e n.s não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 2A – Valores médios de temperatura e umidade relativa e os respectivos desvios-padrão observados em função dos horários nos sistemas de ventilação em modo túnel (SVT) e lateral (SVL) e no ambiente externo

	Ta (ºC)			UR (%)		
Horários	SVT	SVL	Ext	SVT	SVL	Ext
0	21,3±1,7	20,9±1,7	16,7±1,6	77±9	77±10	89±12
1	21,2±1,6	20,7±1,6	16,4±1,6	77±9	78±9	90±11
2	21,1±1,6	20,9±1,6	15,9±1,5	78±9	79±9	92±10
3	20,9±1,7	20,5±1,8	15,7±1,1	80±9	80±9	93±8
4	20,6±1,5	20,4±1,7	15,4±1,0	80±9	80±9	94±7
5	20,3±1,5	20,1±1,6	15,1±1,1	81±8	82±8	95±6
6	20,1±1,5	20,0±1,6	15,0±0,9	82±7	82±7	96±5
7	20,7±1,3	21,0±2,0	15,8±1,3	81±7	79±8	94±8
8	20,6±1,8	20,5±2,3	17,9±2,0	77±11	76±12	85±12
9	21,6±2,1	21,1±2,4	19,5±2,8	71±12	73±13	77±16
10	22,5±2,3	22,3±2,7	21,0±3,1	65±14	67±14	70±18
11	23,8±2,5	23,4±2,7	22,3±3,3	60±13	62±13	64±17
12	24,8±2,7	24,6±2,6	23,4±3,2	55±13	56±12	58±15
13	25,6±2,5	25,4±2,6	24,1±3,0	51±12	53±12	54±15
14	25,4±2,3	25,4±2,3	24,3±2,8	51±13	53±13	54±15
15	25,2±2,0	25,0±2,3	24,0±2,8	52±13	54±13	54±15
16	24,6±2,3	24,6±2,5	23,5±3,2	54±15	56±15	57±18
17	23,9±1,9	23,7±2,1	22,0±3,2	59±15	61±14	64±19
18	23,3±2,2	22,8±2,1	19,7±2,5	66±12	68±11	75±14
19	23,1±1,9	22,4±2,0	18,7±2,0	70±10	71±10	81±12
20	22,5±2,0	22,1±2,0	18,3±1,7	71±10	72±10	83±12
21	22,1±1,8	21,8±2,0	17,7±1,7	73±10	74±10	86±12
22	21,5±1,6	21,3±1,7	17,2±1,4	75±10	76±10	88±12
23	21,5±1,6	21,0±1,6	16,9±1,6	75±9	76±9	89±12
24	21,2±1,7	21,0±1,7	16,8±1,6	76±9	77±10	88±12

Obs.: cada média calculada foi obtida a partir de 18 observações.

Tabela 3A – Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), da carga térmica de radiação (CTR) e os respectivos desvios-padrão, observados em função dos horários nos sistemas de ventilação em modo túnel (SVT) e lateral (SVL) e no ambiente externo

	Horários					
Sistemas	**08:00**	**10:00**	**12:00**	**14:00**	**16:00**	**18:00**
A. Índice de temperatura de globo negro e umidade						
SVT	67,8±1,7	69,9±2,2	71,5±2,7	72,5±2,0	71,5±1,8	70,6±1,7
SVL	67,1±2,1	69,2±2,7	70,7±2,8	71,6±2,1	70,7±1,9	69,7±2,3
Externo	70,8±5,8	75,4±6,5	78,3±5,8	77,2±4,3	74,4±5,0	66,0±2,6
B. Carga térmica de radiação ($W.m^{-2}$)						
SVT	433±9	459±34	468±22	472±17	462±20	448±14
SVL	434±14	454±19	461±23	469±19	459±20	440±15
Externo	547±107	600±118	642±107	614±99	557±98	407±48

Obs.: cada média calculada foi obtida a partir de 18 observações.

Tabela 4A – Resumo da análise de variância referente ao efeito dos sistemas de ventilação e dos horários de observação em relação a amônia (NH_3), dióxido de carbono (CO_2) e monóxido de carbono (CO)

Fontes de Variação	**G.L.**	**Quadrados Médios**		
		NH_3	**CO_2**	**CO**
Dias (blocos)	17	15,3332	27.117,84	0,2656
Sistemas (S)	1	49,9967 **	41.141,36 **	0,01562 n.s
Erro (a)	17	4,1691	9.138,17	0,11857
Horas (H)	3	200,9248 **	816.688,70 **	0,16377 n.s
S x T	3	2,7682 n.s	13.280,37 n.s	0,057292 n.s
Resíduo	102	7,4138	13.978,89	0,209797
C.V. (%) da parcela		30,22	18,58	94,45
C.V. (%) da subparcela		40,30	22,98	125,63

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; e n.s não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 5A – Valores médios das concentrações de amônia, dióxido de carbono e os respectivos desvios-padrão, observados em função dos horários nos sistemas de ventilação em modo túnel (SVT) e lateral (SVL)

	Horários			
Sistemas	**06:00**	**09:00**	**15:00**	**21:00**
	A. Amônia – NH_3 (ppm)			
SVT	8,8±3,4	5,0±2,2	5,3±2,0	10,2±3,8
SVL	7,9±3,7	4,2±1,4	4,4±2,0	8,2±3,0
	B. Dióxido de carbono – CO_2 (ppm)			
SVT	651,7±161,3	418,2±47,3	383,0±51,5	672,4±174,2
SVL	652,9±186,5	354,7±52,4	380,5±64,1	602,0±131,4

Obs.: cada média calculada foi obtida a partir de 18 observações.

Tabela 6A – Valores diários e médios do período experimental da temperatura máxima (Máx) e mínima (Mín) e amplitude térmica (A) registrados no sistema de ventilação em modo túnel (SVT) e lateral (SVL) e no ambiente externo (Amb Ext)

Data	**SVT**			**SVL**			**Amb. Ext.**		
	Máx	**Min**	**A**	**Máx**	**Min**	**A**	**Máx**	**Min**	**A**
26/8/2005	28	20	8	26	19	8	21	15	6
27/8/2005	26	20	6	25	20	6	25	12	13
28/8/2005	27	22	6	27	21	6	26	13	13
29/8/2005	29	21	8	29	20	9	28	13	15
30/8/2005	29	20	9	31	21	10	31	16	15
31/8/2005	31	22	9	32	22	10	31	22	10
1/9/2005	27	20	7	27	20	8	26	16	10
2/9/2005	26	20	6	27	21	6	27	14	13
3/9/2005	29	17	12	29	17	12	27	14	13
4/9/2005	26	19	8	27	18	9	25	16	10
5/9/2005	24	18	6	25	17	8	23	15	9
6/9/2005	26	16	10	28	16	12	26	12	14
7/9/2005	25	19	6	25	19	6	23	16	7
8/9/2005	22	18	5	22	18	4	21	14	7
9/9/2005	24	17	7	23	17	6	22	13	9
10/9/2005	26	17	9	26	16	10	24	14	10
11/9/2005	26	18	9	29	17	12	28	14	14
12/9/2005	29	22	7	29	21	8	28	14	14
Médias	**26**	**19**	**7**	**27**	**19**	**8**	**26**	**14**	**11**

5. CONCLUSÕES GERAIS

- Na fase inicial, comparando os dois sistemas de aquecimento, o galpão equipado com o sistema de aquecimento à lenha proporcionou melhor ambiente térmico para as aves; e, na fase de crescimento, os dois sistemas de ventilação, o de modo túnel e o de ventilação lateral, foram eficientes em manter as aves em condições de conforto térmico no interior dos galpões.

- As concentrações de amônia, de dióxido de carbono e de monóxido de carbono mensuradas no interior dos galpões equipados com os sistemas de aquecimento na fase inicial e com os sistemas de ventilação na fase de crescimento das aves, foram inferiores àquelas consideradas de risco à saúde das aves e dos trabalhadores; à exceção do CO detectado no período noturno, no sistema de aquecimento à lenha, que ultrapassou o limite recomendado para aves em cerca de 100%.

- Na fase inicial de vida das aves, em decorrência das trocas de calor entre o interior dos galpões e o ambiente externo, as três cortinas utilizadas não conseguiram manter temperaturas desejáveis de conforto térmico para as aves em 100% do tempo.

- O sistema de aquecimento por fornalha à lenha foi 34% mais econômico, em comparação com o sistema de aquecimento por fornalha a gás.

- A umidade da cama aviária não foi afetada, negativamente, pelos dois sistemas de aquecimentos e pelos dois sistemas de ventilação estudados.

- Na fase inicial, o desempenho produtivo das aves alojadas no galpão equipado com o sistema de aquecimento à lenha foi melhor do que o das aves alojadas no galpão equipado com o sistema de aquecimento a gás, com ganho de peso 0,95% maior e conversão alimentar 0,61% menor.

- Na fase de crescimento, as aves alojadas nos galpões equipados com o sistema de ventilação lateral tiveram melhores desempenhos do que os das aves

alojadas no galpão equipados com o sistema de ventilação em modo túnel, com ganho de peso 4,3% maior, conversão alimentar 1,55% menor e índice de eficiência produtiva de 5,4% maior.

- De acordo com as normas de bem-estar para frangos de corte, não houve influências negativas dos dois sistemas de ventilação que afetassem a densidade de alojamento das aves.

6. REFERÊNCIAS

ABEF – Associação Brasileira de Produtores e Exportadores de Frango de Corte. **Estatísticas 2007**. Disponível em: <http://www.abef.com.br/Estatisticas/>. Acesso em: em 30 maio 2007.

ABREU, P. G. **Instalações**: aquecimento a gás**.** Sistema de produção de frangos de corte ISSN 1678-8850, Versão Eletrônica Jan. 2003b. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaodeFrangodeCorte/Aquece-gas.html>. Acesso em: 17 mar. 2007.

ABREU, P. G. Modelos de aquecimento. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 4., 08 a 10 de abril de 2003. Chapecó, SC, Brasil, 2003a

ABREU, P. G. **Sistemas de aquecimento em piso, com resistência elétrica, para criação de aves**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N. **Ventilação na avicultura de corte**. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2000. 50 p.

AGROCERES. Manejo dos pintos. In: **Manual de manejo de frango de corte AGROSS** Rio Claro, SP, 2004. p. 30-36.

ALBINO, L. F. T. **Frango de corte, manual prático de manejo e produção**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 1998. 72 p.

ALENCAR M.C.B.; GONTIJO, L.A.; NÄÄS, I.A.; BARACHO, M.S.; MIRAGLIOTTA, M.Y. A saúde ocupacional na produção de frangos de corte no Brasil: será que sabemos o bastante? In: SEMINÁRIO POLUENTES AÉREOS E RUÍDOS EM INSTALAÇÕES PARA PRODUÇÃO DE ANIMAIS, 2002, Campinas. **Anais**... Campinas, SP, 2002. p. 57-62.

ALMEIDA, M. A. C. Fatores que afetam a umidade da cama. **Avicultura Industrial**, v.76; p 16-18, 1986.

ÁVILA, V. S. **Aspectos importantes a considerar na criação de frangos de corte no período frio.** Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSA, 2004. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_artigos/artigos_e1o5111t.html>. Acesso em: 17 set. 2007.

AVIMIG – ASSOCIAÇÃO DOS AVICULTORES DE MINAS GERAIS. **Insalubridade nas atividades avícolas**. Belo Horizonte, ago. 2006. 23 p.

BAÊTA, F. C. Acondicionamento térmico natural de galpões avícolas. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 3., 1998, Goiânia. **Anais**... Goiânia: 1998. p. 29-34.

BAETA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais** – Conforto animal Viçosa, MG: UFV, 1997. 246 p.

BAIÃO, N. C. Efeitos da alta densidade populacional sobre o ambiente das instalações avícolas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIENCIA E INSTALAÇÕES NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, São Paulo. **Anais**... Campinas, SP: FACTA, 1995. p. 67-75.

BARNWELL, R.; ROSSI, A. **Maximização da performance em períodos quentes.** Avicultura industrial, edição 1107/2002. Disponível em: <http://www.aviculturaindustrial.com.br/site/dinamica.asp?id=3450&tipo_tabela=cet&categoria=manejo>. Acesso em: 18 mar. 2007.

BEKER, A. et al. Graded atmospheric oxygen level effects on performance and ascite incidence in broilers. **Poultry Science,** v. 82, n. 10, p. 1550-1553, 2003.

BUFFINGTON, D. E.; COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PIT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.

CAFÉ, M. B.; ANDRADE, M. A. Intoxicações – Parte 2. In: **Avicultura industrial**. Ed. 1091, jul. 2001.

CICR. **Climatization of animal houses.** 2nd Report of Working Group. [S.l.]: International Comission of Agricultural Engineering, 1989. 108 p.

CONY, A. V.; ZOCCHE, A. T. Manejo de frango de corte. In: MENDES, A. A.; NÃÃS, I. A.; MACARI, M. (Eds.). **Produção de frangos de corte.** Campinas, SP: FACTA, 2004, p. 117-136.

COTTA, T. **Frango de corte**: criação, abate e comercialização. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. 238 p.

CUNNINGHAM, D. L. **Poultry production systems in Georgia, costs and returns**. Analysis cooperative expansion service, college of agricultural in Environmental Sciences. Athens: The University of Georgia, 1995.

CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: The Iowa State University Press, 1983. 409 p.

DIRECTIVE 2007/43/EC of 28 June 2007. Laying down minimum rules for the protection of chickens kept for meat production**. Official Journal of the European Union**. L 182/19. Disponível em: < http://eur-ex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2007/l_182/l_18220070712en00190028.pdf> Acesso em: 12 out. 2007.

DONALD, J. **Considerações básicas sobre ventilação em galpões de integração de aves**. [S.l.], 1996. 22 p. (Circular ANR 956)

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. 2. ed. West port: AVI, 1974. 325 p.

ESMAY, M.L.; DIXON, J.E. **Environmental control for agricultural buildings**. Westport: AVI, 1986. 287 p.

FERREIRA, J. H. **Posicionamento de ventiladores em galpões para frango de corte**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda fácil, 2005. 371 p.

FERREIRA, W. P. M. **Avaliação de uma fornalha a carvão vegetal para aquecimento de aviário**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 137 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FILHO, J. A. D. B.; SILVA, I. J. O. Normas de bem-estar animal aplicas a frangos de corte. **Anuário Avicultura Industrial**, São Paulo, n. 1118, p. 124-127, 2004.

FONSECA, J.M. **Efeito do sistema de ventilação em túnel no conforto ambiente e na produção de frango de corte em alta densidade.** Viçosa, MG: UFV, 1998**.** 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FREEMAN, B. M. R. The fow andits physical environment. **World Poultry Science Journal**, Ames Iowa, v. 25, p. 99-111, 1988.

FURLAN, R. L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 7., 04 a 06 de abril de 2006, Chapecó, SC. **Anais**... Chapecó, SC, Brasil.

GONZALES, E.; MACARI, M. Enfermidades metabólicas em frangos de corte. In: **Doenças das aves.** Campinas, SP: FACTA, 2000. p. 451-464.

HAFEZ, E. S. E. **Adaptation de los animales domésticos**. Barcelona, Labor, 1973. 56 p.

HFAC – HUMANE FARM ANIMAL CARE. **Padrões do HFAC para a produção de frangos de corte**. Fev. 2006. Disponível em: < http://www.certifiedhumane.com/pdfs/Std04.Broilers.3A_po..pdf >. Acesso em: 07 mar. 2007.

HINZ, T.; LINKE, S. A Comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings. Part 2: Results. **J. Agric. Engng Res.**, v. 70, p. 119-129, 1998.

HYSLOP, N. St. G. Effects of the environment on immunity to disease. In: LIVESTOCK ENVIRONMENT, I., 1974. **Proceedings**… Livestock: American Society of Agricultural Engineers, 1974. p. 383-390.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 492p. 1985.

LIMA, A. M. C.; NÃÃS, I. A.; BARACHO, M. S.; MIRAGLIOTTA, M. Y. Ambiência e bem-estar. In: MENDES, A. A.; NÃÃS, I. A.; MACARI, M. (Eds.). **Produção de frangos de corte.** Campinas, SP: FACTA, 2004, p. 37-54 p.

MACARI, M. Conforto ambiental para aves – Ponto de vista do fisiologista. In: SIMPOSIO DE AVICULTURA, 2., 1996, Goiânia. **Anais**... Goiânia, 1996. p. 57-60.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviaria aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal, SP: FUNEP/UNESP, 1994. 296 p.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; MAIORKA, A. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas MENDES, A. A.; NÃÃS, I. A.; MACARI, M. (Eds.). **Produção de frangos de corte.** Campinas, SP: FACTA, 2004. p. 137-155.

MACARI, M.; FURLAN, R.L. **Ambiência na produção de aves em clima tropical.** Piracicaba, SP: Iran José Oliveira da Silva, 2001. p. 31-87.

MACARI, M.; LUCHETTI, B. C. Fisiologia cardiovascular. In: Macari, M.; Furlan, R. I.; Gonzales, E. (Eds.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de Corte**. [S.l.]: FUNEP, 2002. p. 17-36.

MACHADO, P.S. Manejo do 1o ao 28o dias. In**: Manejo de frangos**. Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas. Campinas, SP: FACTA, 1994. p. 47-58.

MATOS, M.L. **Conforto térmico ambiente e desempenho de frangos de corte, alojados em dois níveis de alta densidade, em galpões com sistemas de ventilação em túnel e ventilação lateral.** Viçosa, MG: UFV, 2001. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte**. Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.13, n. 4, p. 277-286, Out./Dez. 2005.

MENDES, A. A.; PATRICIO, I. S. Controles, registros e avaliação do desempenho de frangos de corte. In: MENDES, A. A.; NÃÃS, I. A.; MACARI, M. (Eds.). **Produção de frangos de corte.** Campinas, SP: FACTA, 2004. p. 324-335.

MIDWEST PLAN SERVICE. **Mechanical ventilating systems for livestock housing**. Ames, Iowa: Iowa State University, 1990. 72 p.

MIRAGLIOTTA, M.Y. et al. Avaliação das condições do ambiente interno na produção comercial de frangos de corte em alta densidade In: Seminário poluentes aéreos e ruídos em instalações para produções de animais. **Anais**...Campinas, SP, Brasil, 2002.

MORAES, S.R.P. **Caracterização de sistemas de semiclimatização de ambiente, em galpões para frangos de corte, no sudoeste de Goiás**. Viçosa, MG: UFV, 2002.

148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MORAES, S.R.P.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; CECON, P.C. Conforto térmico em galpões avícolas, sob coberturas de cimento amianto e suas diferentes associações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n 1, p. 89-92, 1999.

MÜLLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. Porto Alegre: Liv. Ed. SULINA, 1982.158 p.

NAÀS, I. A. Avaliação dos sistemas de acondicionamento térmico para frangos de corte. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 4., 2000, Goiânia. **Anais**... Goiânia, 2000. p. 135-144.

NÃÃS, I. A. Categorias de poluentes do ar**.** In: WORKSHOP QUALIDADE DO AR EM INSTALAÇÕES ZOOTÉCNICAS, 1., 2004, Viçosa. **Anais** ... Viçosa, MG, 2004. CD-ROM.

NADER, A S.; BARACHO, M. S.; NÂAS, I. A ; SAMPAIO, C. A. P. Avaliação da qualidade do ar em creche de suínos. In: SEMINÁRIO: POLUENTES AÉREOS E RUÍDOS EM INSTALAÇÕES PARA PRODUÇÃO DE ANIMAIS, 2002, Campinas. **Resumos**... Campinas, SP, setembro de 2002. p 49-56.

NADKARNI, I. **PE defende melhores condições de vida para os frangos**: 09 de fev. de 2006. Parlamento Europeu. Serviço de Imprensa. Setor Português. Disponível em: <http://www.europarl.europa.eu/news/expert/infopress_page/032-5196-045-02-07-904-20060209IPR05130-14-02-2006-2006-true/default_pt.htm>. Acesso em: 07 mar. 2007.

NR 15 – NORMAS REGULAMENTADORES N° 15. Anexo nº 11 agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho (115.015-4/I_4). Revogado pela Portaria nº 3.751, de 23-11-1990. (DOU 26-11, 90).

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G.M. V.; CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 797-803, 2006.

PAGANINI, F. J. Manejo de cama. In: MENDES, A. A.; NÃÃS, I. A.; MACARI, M. (Eds.). **Produção de frangos de corte.** Campinas, SP: FACTA, 2004. p. 107-116.

PIASENTIN, J. A. **Conforto medido pelo índice de temperatura de globo negro e umidade relativa na produção de frangos de corte para dois tipos de pisos em Viçosa**. Viçosa, MG: UFV, 1984. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PROJETO DE LEI Nº 215/07. Congresso Nacional. **Código Federal de Bem-Estar Animal.** BRASIL. Brasília, 2007. 35 p.

PROTOCOLO DE KYOTO. Acordo internacional. Kyoto, Japão, Dec. 1997. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/12425.pdf >. Acesso em: 03 mar. 2007.

REVISTA AVICULTURA INDUSTRIAL. **Pintinhos aquecidos**. 23/05/2004. Disponível em: <www.aviculturaindustrial.com.br> Acesso em: 03 jun. 2006.

RIVERO, R. O. **Arquitetura e clima**: acondicionamento térmico natural. 2. ed. Porto Alegre: D. C. Luzzato, 1986. 240 p.

RONCHI, C. Principais práticas de manejo para aves recém nascidas. In: **Aveworld.** dez./jan. 2004.

ROSA, Y.B.C.J. **Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico em condições de verão, para Viçosa-MG.** Viçosa, MG: UFV, 1984. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ROSÁRIO, M. F.; SILVA, M. A.; COELHO, A. A. D.; SAVINO, V. J. M. Síndrome ascítica em frangos de corte: uma revisão sobre a fisiologia, avaliação e perspectivas**.** **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1987-1996, nov./dez., 2004.

SAINSBURY, D. W. B. Health problems in intensive animal production. In: CLARK, J. A. **Environmental aspects of housting for animal production**. Butterworths, 1981. p. 439-454.

SARUBBI J. **Avaliação da relação do ambiente de trabalho e o trabalhador na produção industrial de suínos.** Londrina, PR: Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Estadual de Londrina, 2003. 103 p.

SCHAPER, H. **A insalubridade no campo.** ©2005 - FAEMG. Disponível em: <http://www.faemg.org.br/Content.aspx?Code=3339&ParentPath=None;8;45;3092>. Acesso em: 11 mar. 2007.

SCOLARI, T. M. G, 2000. **Cuidados especiais com os frangos no período frio**. Disponível em: <http://www.embrapa.gov.br/noticias/banco_de_noticias/2000/julho/>. Acesso em: 23 abr. 2007.

SEVEGNANI, K. B.; CARO, I. W.; PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; MOURA, D. J. Zootecnia de precisão: análise de imagens no estudo do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. **Revista Brasileira de Eng. Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 115-119, 2005.

SILVA, A., NÃÃS, I. A. Equipamentos para aquecimento e refrigeração. In: MENDES, A. A.; NÃÃS, I. A.; MACARI, M. (Eds.). **Produção de frangos de corte.** Campinas, SP: FACTA, 2004. p. 85-96.

SILVA, R. B. T. R.; NÃÃS, I. A.; MOURA, D. J.; SILVEIRA, N. **Legislação da proteção e do direito dos animais**: o reflexo da proposta brasileira para a avicultura. [entre 2001 e 2005]. Disponível em: <http://www.avisite.com.br/cet/trabalhos.asp?codigo=85>. Acesso em: 07 mar. 2007.

TAKAI, H.; PEDERSEN, S.; JOHNSEN, J. O.; METZ, J. H. M.; GROOT KOERKAMP, P. W. G.; UENK, G. H.; PHILLIPS, V. R.; HOLDEN, M. R.; SNEATH, R. W.; SHORT, J. L.; WHITE, R. P.; HARTUNG, J.; SEEDORF, J.; SCHRODER, M.; LINKERT, K. H.; WATHES, C. M**.** Concentrations and Emissions of Airborne Dust in Livestock Buildings in Northern Europe**. J. Agric. Engng Res.**, v. 70, p. 59-77, 1997.

TEIXEIRA, V. H. **Construções e ambiência para aves e suínos**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2002.

TEIXEIRA, V.H. **Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco, MG**. Viçosa, MG: UFV, l983. 59 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TINÕCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista de Brasileira Ciências Avícolas,** Campinas, v. 3, n. 1, p. 1-26, abr. 2001.

TINÔCO, I. F. F. **Resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte**. Viçosa, MG: UFV, 1988. 92 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TINÔCO, I. F.F. Conforto ambiental pra aves: ponto de vista do engenheiro. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 2., 1996, Goiânia. **Anais**... Goiânia, 1996. p. 47-56.

TINÔCO, I. F.F.; RESENDE, P. L. **Produção de frango de corte em alta densidade** – Manual. Viçosa, MG: CPT, 1997. 20 p.

TINÔCO, I.F.F. A granja de frangos de corte. In: MENDES, A. A.; NÃÃS, I. A.; MACARI, M. (Eds.). **Produção de frangos de corte.** Campinas, SP: FACTA, 2004. p. 55-84.

TINÔCO, I.F.F. Ambiência e instalações para a avicultura industrial. In: ENCONTRO NACIONAL E TÉCNICOS, PESQUISADORES E EDUCADORES DE CONSTRUÇÕES RURAIS, 3., Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.1-86.

UBA – União Brasileira de Avicultura. **Avicultura enfatiza necessidade de recursos para prevenção e sanidade**, Brasília, v. 13, n. 67, nov. de 2006.

UNIÓN EUROPEA. **Protección de los pollos destinados a la producción de carne**. 30 de maio de 2005. Disponível em: <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/f82002.htm>. Acesso em: 07 mar. 2007.

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

WANG, X.; ZHANG, Y.; RISKOWSKI, G.L. Dust spatial distribution in a typical swine building. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DUST CONTROL IN ANIMAL PRODUCTION FACILITIES. **Proceedings**… Scandinavian, 1999.

WHATES, C. M. Aerial emissions from poultry production. **World Poultry Science Journal**, v. 54, p. 241-251, 1998.

WHATES, C.M. Strive for clean air in your poutry house. **World Poultry**, v. 15, n.13, p. 17-79, 1999.

YANAGI JUNIOR, T. **Inovações tecnológicas na bioclimatologia animal visando aumento da produção animal: relação bem estar animal x clima**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/ITBA/Index.htm>. Acesso em: 15 abr. 2007.

ZANOLLA, N. **Sistema de ventilação em túnel e sistema de ventilação lateral na criação de frango de corte em alta densidade**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ZANOLLA, N.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; CECON, P.R.; MORAES, S.R.P. Sistemas de ventilação em túnel e lateral na criação de frangos de corte em alta densidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 361-366, 1999.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo