



JACQUELINE CARDOSO FERREIRA

**AMBIÊNCIA E CONSUMO DE ENERGIA EM
GALPÕES *DARK HOUSE* PARA CRIAÇÃO DE
FRANGOS DE CORTE: USO DE DIFERENTES
TIPOLOGIAS E MATERIAIS DE
FECHAMENTO LATERAL**

LAVRAS – MG

2017

JACQUELINE CARDOSO FERREIRA

**AMBIÊNCIA E CONSUMO DE ENERGIA EM GALPÕES *DARK*
HOUSE PARA CRIAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: USO DE
DIFERENTES TIPOLOGIAS E MATERIAIS DE FECHAMENTO LATERAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos

Coorientadores

Prof. Dra. Sílvia Costa Ferreira
Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior
Prof. Dr. Joaquim Paulo da Silva
Prof. Dr. Lucas H. Pedrozo Abreu

LAVRAS – MG

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Ferreira, Jacqueline Cardoso.

Ambiência e consumo de energia em galpões *Dark house* para criação de frangos de corte: uso de diferentes tipologias e materiais de fechamento lateral / Jacqueline Cardoso Ferreira. - 2017.

70 p. : il.

Orientador(a): Alessandro Torres Campos.

Coorientador(a): Sílvia Costa Ferreira, Tadayuki Yanagi Junior, Joaquim Paulo da Silva.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Qualidade do ar. 2. Ambiência. 3. Construções Rurais. I. Campos, Alessandro Torres. II. Ferreira, Sílvia Costa. III. Junior, Tadayuki Yanagi. IV. da Silva, Joaquim Paulo. V. Título.

JACQUELINE CARDOSO FERREIRA

AMBIÊNCIA E CONSUMO DE ENERGIA EM GALPÕES *DARK HOUSE* PARA CRIAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: USO DE DIFERENTES TIPOLOGIAS E MATERIAIS DE FECHAMENTO LATERAL

ENVIRONMENT AND ENERGY CONSUMPTION IN *DARK HOUSE* GALPHES FOR THE CREATION OF CUTTING BROILER: USE OF DIFFERENT TYPES OF SIDE CLOSURE MATERIALS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 07 de abril de 2017.

Prof. Dr. Joaquim Paulo da Silva	UFLA
Profa. Dra. Sílvia Costa Ferreira	UFLA
Profa. Dra. Daiane Cecchin	UFF

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos
Orientador

LAVRAS – MG

2017

A Deus
A meus pais, Paulino e Neusa, pelo carinho e apoio nessa caminhada,
por serem meu maior exemplo de vida,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

DEUS, obrigada por tornar possível mais essa etapa.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Engenharia, pela oportunidade de realização do mestrado e ao Programa de Pós-Graduação, em especial à secretária Hellen, pela paciência, gentileza e todo auxílio.

Ao CNPq, pelo suporte financeiro e bolsa de estudos concedida.

Ao Prof. Alessandro, pela orientação, pelos ensinamentos e acima de tudo por acreditar no meu trabalho, ajudar inigualavelmente nos desafios que encontrei durante esses dois anos de curso e pela amizade.

Às pessoas maravilhosas que conheci e tive oportunidade de conviver, Profa. Sílvia Ferreira e Prof. Joaquim Silva, por me mostrarem o otimismo e alegria diante das diversidades.

Ao Prof. Tadayuki e Prof. Lucas, pelas gentilezas, orientações, sugestões, ensinamentos fundamentais para a construção desse trabalho.

À Profa. Daiane por aceitar o convite e acrescentar seus conhecimentos em minha formação.

À Agroavicultura Ferreira e Chagas LTDA, ao proprietário Marcelo, ao veterinário Henrique, ao técnico Marcos e aos granjeiros Joice, Jaison e Carlos, por abrir as portas, acompanhar e ajudar o desenvolvimento deste trabalho e por todo apoio despendido.

Ao Sr. Antônio, pelo companheirismo e preocupação em ajudar a nos deslocar e, principalmente, em cuidar das graduandas durante minha ausência.

Aos meus pais, por se desdobrarem e irem comigo a campo, por serem parte fundamental desses resultados. Às minhas irmãs por me fortalecerem com suas palavras de apoio, motivação e confiança. Aos meus sobrinhos e cunhados, por sempre estarem por perto quando nos desafios da vida...

Às graduandas maravilhosas Giane, Carol, Adriana e Luisa, pela ajuda na coleta dos dados experimentais, pela convivência mesmo que temporária, pela disposição força e vontade, sem vocês não teria conseguido.

Aos amigos Paula, Rodrigo, Welligton, Pietros, Mari, Fernanda, Tartarini, Regina que fizeram a diferença, pela convivência, risos e companheirismo sem igual.

Ao Pedro pela ajuda na reta final.

Às minhas inigualáveis amigas e irmãs Fabiana Pacheco, Jennifer, Shely, Cristina, Fabiana Abreu, Hanna e Cássia, que acompanharam mais de perto essa fase, por me ouvirem sempre, pelas palavras de apoio, pelos momentos de distração, por me mostrarem sempre minhas raízes.

À família Lomonte, pessoas especiais que participaram no desenvolvimento inicial deste trabalho.

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

Deixo a vocês o meu muitíssimo obrigado!

“Jogue-me aos lobos e voltarei liderando a matilha”

Provérbio

RESUMO

Os objetivos do presente trabalho foram a avaliação do ambiente térmico, da qualidade do ar, avaliação do consumo de energia e da eficiência produtiva em dois galpões *Dark House* com vedação lateral feita por diferentes materiais. A coleta de dados foi realizada em nove pontos equidistantes, em dois galpões comerciais da Granja Agroavicultura Ferreira e Chagas, no município de Prados, MG. Os galpões possuem vedação lateral de materiais diferentes e foram identificados em GFC (galpão com vedação lateral de fibrocimento) e GIP (galpão com vedação de Iso Painel). As variáveis ambientais, temperatura, umidade e velocidade do ar foram subsídios para os cálculos de índices que predizem o conforto no ambiente de criação para frangos de corte: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura do Globo e Umidade (ITGU) e Entalpia (H). Foram feitas medições das concentrações instantâneas de amônia (NH_3) e dióxido de carbono (CO_2) ao nível das aves na última semana de crescimento, fase onde níveis altos de concentração desses gases afetam diretamente a produtividade. O consumo de energia de todo o lote foi mesurado com auxílio de equipamento acoplado na entrada da caixa de distribuição de energia em cada galpão. Calculou-se a eficiência produtiva com bases nos dados de peso médio semanal e consumo de ração e a produtividade obtida através do kg de carne produzida. Observou-se que o galpão GFC manteve a variável temperatura acima da recomendada como ideal para a última semana. A umidade relativa do ar no galpão GIP se mostrou abaixo da recomendada para última semana. Embora tenham ocorrido variações entre a temperatura e umidade relativa, todos os índices calculados para os dois galpões se encontram dentro das faixas ideais de desenvolvimento recomendadas pela literatura na última semana. Os níveis dos gases amônia e dióxido de carbono presentes dentro das instalações foram baixos, indicando adequada renovação do ar dentro dos galpões. Um baixo fator de potência foi observado no galpão GFC, indicando a presença de muitos motores com distribuição irregular de carga. O galpão GIP apresentou maior fator de potência, porém ainda abaixo do fator normatizado. O consumo de energia elétrica foi maior para o galpão GFC. Apesar de os dois galpões se mostrarem dentro das faixas de conforto ideais para a sexta semana, foi possível observar que a massa de carne produzida (kg m^{-2}) foi maior para o galpão GIP.

Palavras-chaves: Qualidade do ar. Ambiência. Construções Rurais. Instalações para aves. Consumo de energia.

ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate the thermal environment, air quality, energy consumption and efficiency evaluation in two Dark House sheds with lateral sealing made by different materials. Data was collected at nine equidistant points in two commercial warehouses of Granja Agroavicultura Ferreira e Chagas, in the municipality of Prados, MG. The sheds have lateral sealing of different materials, and were identified in GFC (shed with fiber cement side seal) and GIP (siding with Iso Panel seal). The variables environment, temperature, humidity and air velocity were subsidies for calculations of indexes that predict comfort in the breeding environment for broiler chickens: Temperature and Humidity Index (ITU), Globe Temperature and Humidity Index (ITGU), and Enthalpy (H). Measurements of the instantaneous concentrations of ammonia (NH₃) and carbon dioxide (CO₂) at bird level were taken in the last week of growth, where high concentrations of these gases directly affected yield. The energy consumption of the whole batch was measured with the aid of equipment coupled to the entrance of the energy distribution box in each shed. Production efficiency was calculated based on the data of average weekly weight and feed consumption, and productivity was obtained through the kg of meat produced. It was observed that the GFC shed kept the temperature variable above that recommended as ideal for the last week. Relative air humidity in the GIP shed proved to be below that recommended for the last week. Although variations have occurred between temperature and relative humidity, all the indices calculated for the two sheds are within the ideal developmental ranges recommended by the literature for last week. The levels of ammonia and carbon dioxide present within the facilities were low, indicating adequate air renewal within the handling sheds with the bed used. A low power factor was observed in the GFC shed, indicating the presence of many motors with irregular load distribution. The GIP shed had a higher power factor, but still below the normalized factor. Electricity consumption was higher for the GFC. Despite the fact that the two sheds were within the comfort zones for the sixth week, it was possible to observe that the mass of meat produced (kg m⁻²) was higher for the GIP shed. This can be due to the batch being divided between males and females, and these were housed on the side where higher temperature and low humidity occur, indicating that there was no comfort uniformity in the GFC shed.

Keywords: Air quality. Environment. Rural buildings. Poultry facilities. Energy consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Vista externa (a) e interna (b) do galpão com fechamento lateral composto por telhas de fibrocimento e madeirite (GFC).....	39
Figura 2 -	Vista externa (a) e interna (b) do galpão com fechamento lateral composto por isopainel (GIP).....	40
Figura 3 -	Planta baixa e distribuição dos pontos no Galpão de Fibrocimento (GFC) e no Galpão de Isopainel (GIP) com os respectivos pontos de coleta das variáveis ambientais.....	41
Figura 4 -	Variação espacial da Temperatura de Bulbo Seco (°C) para o galpão GFC (a) e para o galpão GIP (b) alojando frangos na sexta semana de vida.....	47
Figura 5 -	Gráfico boxplot com intervalo de confiança da mediana (IC = 95%) para a tbs (°C) em galpões <i>Dark House</i> , com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Paineis (GIP) em função do período do dia, durante a sexta semana de crescimento.....	48
Figura 6 -	Gráfico boxplot com intervalo de confiança da mediana (IC = 95%) para a UR (%) em galpões <i>Dark House</i> , com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Paineis (GIP) em função do período do dia, durante a sexta semana de crescimento.....	50
Figura 7 -	Variação espacial da Umidade Relativa (%) para o galpão GFC (a) e para o GIP (b) alojando frangos na sexta semana de vida.....	52
Figura 8 -	Variação espacial do Índice de Temperatura de Globo e Umidade para o galpão GFC (a) e para o galpão GIP (b) alojando frangos na sexta semana de vida.....	53
Figura 9 -	Gráfico boxplot com intervalo de confiança da mediana (IC = 95%) para ITGU em galpões <i>Dark House</i> , com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Paineis (GIP) em função do período do dia na sexta semana de crescimento.....	54
Figura 10 -	Variação espacial do Índice de Temperatura e Umidade para o galpão GFC (a) e para o galpão GIP (b) alojando frangos na sexta semana de vida.....	55
Figura 11 -	Gráfico boxplot com intervalo de confiança da mediana (IC = 95%) para ITU em galpões <i>Dark House</i> , com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Paineis (GIP) em função do período do dia, durante a sexta semana de crescimento.....	56

Figura 12 -	Variação espacial da Entalpia para o galpão GFC (a) e para o galpão GIP (b) alojando frangos na sexta semana de vida...	57
Figura 13 -	Gráfico boxplot com intervalo de confiança da mediana (IC = 95%) para a Entalpia em galpões <i>Dark House</i> , com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Painei (GIP) em função do período do dia, durante a sexta semana de crescimento.....	58
Figura 14 -	Distribuição de NH ₃ em diferentes galpões <i>Dark House</i> , com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Painei (GIP).....	59
Figura 14 -	Distribuição de CO ₂ em diferentes galpões <i>Dark House</i> , com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Painei (GIP).....	60
Figura 16 -	Valores médios do fator de potência por semana de crescimentos das aves em galpões <i>Dark House</i> , com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Painei (GIP).....	61
Figura 17 -	Consumo total de Energia para um lote criação de aves com 42 dias em galpões <i>Dark House</i> , com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Painei (GIP).....	62
Figura 18 -	Produção final em kg ave ⁻¹ em diferentes galpões <i>Dark House</i> , com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Painei (GIP).....	64
Figura 19 -	Ganho de peso das aves por semana em um ciclo de 42 dias para diferentes galpões <i>Dark House</i> com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Painei (GIP).....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias dos índices (ITU, ITGU e H) e variáveis ambientais (t _{bs} e UR) para a sexta semana de crescimento nas instalações GFC e GIP.....	45
Tabela 2 - Correlação de Pearson e o P-valor das interações entre as variáveis ambientais e índices em galpões <i>Dark House</i> na sexta semana de criação, onde o ITGU é o Índice de Temperatura do Globo e Umidade, ITU é o Índice de Temperatura e Umidade, e t _{bs} é a temperatura de bulbo seco.	49
Tabela 3 - Níveis de ventilação programados no painel de controle para os dois galpões <i>Dark House</i>	51
Tabela 4 - Mediana (intervalo interquartil) para as concentrações dos gases NH ₃ e CO ₂	59
Tabela 5 - Índices de eficiência energética para galpões <i>Dark House</i> , com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Paineis (GIP) para um lote de 42 dias.....	63
Tabela 6 - Variáveis produtivas para um lote de 42 dias em galpões <i>Dark House</i> , com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Paineis (GIP).....	63

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	14
1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Sistemas de criação de frangos de corte	17
2.1.1	Sistema convencional	17
2.1.2	Sistema <i>Dark House</i>	18
2.2	Ambiências termo-lumínica e aérea nas instalações	19
2.2.1	Avaliação do ambiente térmico	20
2.2.2	Ambiência lumínica	21
2.2.3	Qualidade do ar	22
2.3	Consumo da energia elétrica	24
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	26
	REFERÊNCIAS	27
	SEGUNDA PARTE – ARTIGO	31
	ARTIGO 1 – AVALIAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO E AÉREO EM DIFERENTES INSTALAÇÕES DARK HOUSE NA SEXTA SEMANA DE CRESCIMENTO E CONSUMO DE ENERGIA E DESEMPENHO DAS AVES	32

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A avicultura nacional tem se mostrado expressiva ao longo dos anos, levando o Brasil a alcançar a posição de segundo maior produtor e primeiro exportador de carne de frango (Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA, 2016). Para alcançar essa expressividade é importante o investimento em tecnologias nos sistemas de criação e no aperfeiçoamento genético dos animais, que garantam alta produtividade associada ao bem-estar animal.

Neste âmbito, as instalações e equipamentos desempenham importante papel na obtenção de elevados níveis de produtividade e sanidade animal. A eficiência dos sistemas é alcançada com controle das variáveis que influenciam diretamente no desenvolvimento das aves como a temperatura, umidade relativa do ar e o tempo de exposição à luminosidade natural.

O sistema de criação em *Dark House* proporciona o isolamento das condições ambientais externas desfavoráveis. O resfriamento interno é obtido através de um painel evaporativo instalado em uma das extremidades do aviário, e na direção oposta um conjunto de exaustores proporciona a troca de ar. As aves são submetidas ao controle de intensidade luminosa, temperatura e umidade relativa que, combinados, irão mantê-las tranquilas, resultando num menor gasto de energia para o seu desenvolvimento.

A tipologia construtiva pode ser encontrada com algumas variações, que vão desde a construção de um ambiente fechado por paredes de alvenaria até o uso de cortinas de polietileno que variam em relação às cores (cinza, azul, e outras).

Dados que caracterizem estes sistemas de confinamento quanto ao consumo de energia, eficiência na redução da carga térmica incidente, manutenção do conforto térmico, mensuração dos níveis de iluminância e produção de gases constituem-se subsídios fundamentais ao planejamento,

desenvolvimento, estabelecimento e concretização do uso deste sistema de confinamento nas condições brasileiras, inclusive adequação de instalações existentes.

Dado o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as condições ambientais, em termos térmicos e aéreos, de dois sistemas *Dark House* que possuem material de fechamento lateral diferentes. Se tratando de sistemas com vários equipamentos e que, portanto, demanda um maior consumo de energia foi avaliado o consumo e o fator de potência desses sistemas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste referencial teórico serão abordados os seguintes temas: sistemas de criação de aves, ambiente térmico, qualidade do ar e consumo de energia em galpões avícolas.

2.1 Sistemas de criação de frangos de corte

Há pouco mais de vinte anos a avicultura de corte, segundo Abreu e Abreu (2011), vem se aperfeiçoando e investindo constantemente em inovações tecnológicas para melhor produtividade e bem-estar animal, permitindo dessa forma novos conceitos em sistemas de criação.

Segundo Tinôco (2001), não existe um tipo de instalação avícola ideal para combater o estresse por calor ou frio que possa ser adotado em todas as regiões do mundo, uma vez que cada região climática proporciona um arranjo para o conforto térmico.

Quando se decide pela implantação de um novo aviário, os profissionais devem estar atentos a pontos balizadores que norteiam a escolha do sistema, como o conhecimento da fisiologia da ave, o diagnóstico bioclimático da microrregião de produção, a aplicação dos conceitos de ambiência e um detalhamento da tipificação dos sistemas (ABREU; ABREU, 2011).

2.1.1 Sistema convencional

O sistema convencional é caracterizado em sua forma mais simplificada, comedouros tubulares para fornecimento de ração, bebedouro pendular (o que não permite uma boa distribuição de água para todas as aves) e ausência de forração (ABREU; ABREU, 2011).

Esse sistema de criação de frangos, portanto, não dispõe de um sistema tecnológico de controle artificial da temperatura e umidade, sendo estes efetuados principalmente pelo manejo das cortinas externas dos aviários ou pelo acionamento de ventiladores dispostos em seu interior.

Sendo assim, constitui-se em um sistema que requer maior mão de obra por parte do avicultor, precisando estar sempre atento à necessidade das aves por um ambiente mais propício e adequado ao seu desempenho.

2.1.2 Sistema *Dark House*

O sistema *Dark House* é caracterizado por possuir comedouro automático, bebedouro nipple, exaustores em pressão negativa, sistema de resfriamento por *pad cooling*, presença de forro, controle da intensidade de luz e presença ou não de defletores (ABREU; ABREU, 2011).

Devido ao grande número de equipamentos que esse sistema demanda é indicada a instalação de um gerador de energia, a fim de evitar quedas ou picos de energia, aumentando assim a confiabilidade no funcionamento do sistema.

Conforme Gallo (2009), na década de 1980 os norte-americanos começaram a utilizar o sistema *Dark House* na busca por melhores resultados zootécnicos. Segundo este autor, o Brasil introduziu essa tecnologia em 2004, quando a Globoaves decidiu aderir ao *Dark House* e, assim, milhões de aves foram criadas e abatidas nesse sistema.

Juntamente com o sistema de iluminação, o *Dark House* demanda maior eficiência do sistema de pressão negativa, garantindo condições internas independentes do exterior; com isso há uma tendência de substituir a vedação lateral de cortinas por paredes (ABREU; ABREU, 2011). Essa alternativa garante também a obtenção do ambiente escuro com controle eficiente da iluminação artificial. Por vezes autores empregam termos ligados a esses

materiais para designação do galpão como, por exemplo, *Blue House* onde o fechamento lateral é por cortina azul, *Solid Wall* onde o fechamento lateral é feito por parede sólida, entre outros (CURI et al., 2014; CARVALHO et al., 2012).

No sistema *Dark House*, contrário ao sistema convencional de criação de frangos de corte, todos os parâmetros relevantes ao crescimento e desenvolvimento dos animais, como a temperatura, umidade, ventilação, alimentação, são controlados eletronicamente por painéis de comando, permitindo que se estabeleça um ambiente interno com as condições ideais para o desenvolvimento das aves. O sistema permite maior densidade das aves por metro quadrado, menor conversão alimentar e redução na mortalidade de aves.

Carvalho et al. (2011), ao avaliarem a eficiência de ventilação e qualidade do ar em diferentes tipos de aviários (*Blue House I e II*, *Dark House* e convencional), obtiveram como resultado um melhor isolamento térmico no *Dark House*. Por fim, Costa (2008) concluiu que o sucesso desse tipo de aviário é resultado do correto dimensionamento do sistema de ventilação e iluminação.

2.2 Ambiências termo-lumínica e aérea nas instalações

O conforto térmico no interior das instalações avícolas é fator importante, já que as condições climáticas inadequadas afetam a produção de frangos de corte. O excesso de frio e o excesso de calor, comum em nossa condição de país tropical, revertem em menor produtividade das aves (MOURA, 2001).

O processo de homeotermia nas aves é influenciado por diversos fatores como a temperatura, umidade relativa, iluminância, radiação, entre outros (AMARAL et al., 2011). Para Sampaio (2004), a melhor avaliação do ambiente térmico de uma instalação é por meio do emprego de índices de conforto.

De acordo com Amaral (2009), a importância dos estudos do ambiente na produção avícola está relacionada também à influência deste na ingestão de alimento pelas aves, no entanto a interação de diversos fatores ambientais, tais como, os fatores térmicos, o nível de ruído e a intensidade de iluminação não têm sido adequadamente avaliados.

Uma das grandes causas de perdas produtivas em aviários são as variações extremas de temperatura (SALGADO; NÄÄS, 2010). Estes autores, ao avaliarem vários municípios no Estado de São Paulo, indicaram os de maior vulnerabilidade térmica e o impacto que essas mudanças extremas produziam nos galpões.

Saraz et al. (2011) concluíram em estudo que galpões com ventilação em pressão negativa e nebulização interna apresentaram um melhor balanço de energia e melhorias no conforto térmico para as aves, deixando as temperaturas internas dentro da faixa preconizada.

Silva et al. (2013), avaliando um sistema de ventilação negativa e nebulização, observaram que as variáveis ambientais (umidade relativa do ar, temperatura ambiente, temperatura de cama e velocidade do ar) possuem grande dependência espacial e ausência de uniformidade ao longo do aviário.

As condições ambientais ideais no sistema *Dark House* devem ser uniformes ao longo do galpão, no entanto novos estudos sobre tecnologias e estratégias de manejo devem ser considerados (Silva et al., 2013).

2.2.1 Avaliação do ambiente térmico

De acordo com vários autores (MEDEIROS et al., 2005; FURTADO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2006), o conforto térmico das aves pode ser avaliado pelo índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU). Esse índice foi desenvolvido baseado no índice de temperatura e umidade (ITU), mas

utiliza a temperatura de globo negro em substituição à temperatura de bulbo seco.

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) incorpora em uma única variável a temperatura absoluta do ar (T_{bs}), a umidade relativa, velocidade do ar e radiação solar na forma de temperatura de globo negro (T_{gn}).

Altos valores dos índices levam a inibição do desenvolvimento produtivo das aves, contudo as limitações climáticas podem ser amenizadas a partir de um projeto de instalação adequada em conjunto com sistema de climatização com controle preciso dos fatores que interferem no processo de criação.

Levando em conta parâmetros como temperatura de globo negro e umidade, Santos et al. (2009) analisaram o sistema de ventilação de um aviário composto por túneis e concluíram que os valores de ITGU encontrados indicam um ambiente termicamente confortável no interior do sistema.

2.2.2 Ambiência lumínica

A iluminação é um dos principais fatores ambientais que afeta a produção de animais e o seu manejo na indústria avícola tem sido usado com sucesso para aumentar a quantidade de ovos produzidos e a produção de aves pesadas (BAÊTA; SOUZA, 2010).

A luz é importante em diversas funções corporais e características animais, pois controla os ritmos biológicos como funções alimentares, reprodutivas, concentração de hormônios, atividades enzimáticas e processos metabólicos, dentre outros (BAÊTA; SOUZA, 2010).

Moraes et al. (2009) reforçam que o programa de luz utilizado é um fator decisivo para o adequado manejo das aves, contribuindo para obtenção de

melhores resultados zootécnicos na saúde das aves e também para o desempenho econômico da atividade.

Segundo Downs et al. (2006), as aves mantidas em intensidade luminosa reduzida (5 Lux m^{-2}) convertem melhor a ração consumida em peso vivo quando comparadas às expostas a 20 Lux m^{-2} .

Em conformidade, Baêta e Souza (2010) consideram o fotoperíodo, que são as horas de luz oferecidas às aves, o mais importante sincronizador alimentar nos animais. Para Alvino, Archer e Mench (2009), o uso desses fotoperíodos moderados permite às aves ter um período de escuro para descansar, melhorando o seu desempenho e o bem-estar, pois aumentam as horas de sono e reduzem o estresse fisiológico.

Além do fotoperíodo, que está relacionado ao tempo de exposição da ave à luz, outros aspectos luminotécnicos como intensidade de luz, fonte de luz, frequência, comprimento de onda, distribuição espectral e distribuição espacial das lâmpadas no galpão também afetam os resultados finais em termos de quantidade e qualidade de produção (BUYSE; SIMONS, 1996; LEWIS; MORRIS, 1998).

Portanto, os sistemas de iluminação para a produção de animais devem ser corretamente dimensionados. Também devem ser utilizados equipamentos energeticamente eficientes para oferecer melhores condições de manejo com menor custo e, conseqüentemente, aperfeiçoar a produção.

2.2.3 Qualidade do ar

A qualidade do ar em ambientes de produção animal vem sendo referenciada como ponto de interesse em estudos de sistema de controle ambiental, focando tanto a saúde dos animais, que vivem em total confinamento

quanto a dos trabalhadores que permanecem nesse ambiente de trabalho (NÄÄS et al., 2007).

Os animais em regime de confinamento liberam diretamente para o ar: calor, umidade, dióxido de carbono proveniente do consumo de oxigênio, gases da digestão e poeira. Indiretamente outros produtos provenientes dos excrementos são liberados para o ar, tais como: calor, umidade, gases da digestão aeróbia e anaeróbia de dejetos (dióxido de carbono, amônia e sulfeto de hidrogênio) (SILVEIRA et al., 2009).

As trocas de ar inadequadas aumentam as concentrações de partículas de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e amônia (NH₃) no interior das instalações, diminuindo as concentrações de oxigênio (O₂) e favorecendo a incidência de problemas nos animais (ALENCAR et al., 2004; OWADA et al., 2007). Os poluentes aéreos, quando alteram as características ideais do ar, favorecem o aumento da susceptibilidade a doenças respiratórias e prejuízos no processo produtivo (ALENCAR et al., 2004; NÄÄS et al., 2007).

As taxas de emissão de gases variam amplamente entre diferentes instalações e dentro da mesma instalação. Zhang (2002) completou que, independente do sistema adotado, há normalmente a formação de diversos gases no interior das instalações, podendo ser nocivos e até letais, dependendo de suas concentrações.

Estudo realizado no verão da Califórnia, EUA, Miles et al. (2013) estimaram emissões de NH₃. Os resultados obtidos mostraram que o menor teor de emissão de NH₃ foi encontrado nos comedouros (13 a 20%) e podem ser esperados mais da metade das emissões totais (54 a 55%) perto de bebedouros. Concluíram que a criação de modelos para minimizar essa variável deve ser implantada, e sugeriram a instalação de caixas de areias próximas aos locais de maiores emissões.

Santos et al. (2009) realizaram estudo avaliando a qualidade do ar na produção de frangos usando dois sistemas de ventilação (sistema de ventilação lateral e sistema de ventilação em túnel) e observaram que ambos obtiveram valores médios de concentração de NH₃, CO e CO₂ adequados, quando comparados com valores de referências para o bem-estar dos animais e dos trabalhadores.

A ambiência no interior do aviário deve ser analisada tanto em nível de parâmetro de conforto animal, conforto dos colaboradores, como em nível de emissões de gases na atmosfera uma vez que está relacionada à ventilação e umidade do ar no interior do aviário.

2.3 Consumo da energia elétrica

A energia elétrica utilizada nos galpões para alimentação, iluminação e, principalmente, manutenção do conforto térmico animal tem extrema importância dentro de uma quantificação dos custos de produção e sua relação custo/benefício, no que diz respeito ao consumo de energia elétrica (BUENO; ROSSI, 2006).

As instalações para criação de aves em sistemas *Dark House* utilizam equipamentos indicadores dos índices climáticos, representando um meio significativo de racionalizar a energia elétrica empregada na manutenção da zona de conforto térmico dos animais, podendo gerar economia de até 50% em relação ao sistema sem sua utilização (SARUBBI et al., 2010).

Bueno e Rossi (2006), ao compararem diferentes tecnologias de climatização para aviários, perceberam que o fator de potência durante análise de cinco lotes, permaneceu abaixo do valor de 0,92, normatizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica. Ressaltam ainda que essa característica evidencia

o uso de motores de pequena potência levando ao aproveitamento inadequado de energia destinada aos equipamentos instalados.

O eficiente dimensionamento e regulação dos equipamentos do sistema *Dark House* refletirão no consumo de energia, bem como o tipo de material de fechamento usado nesses aviários. A baixa variação climática provocada pela boa vedação dos materiais de vedação resultará em um consumo de energia menor, no que se refere a trocas de calor do ambiente interno para o externo.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Um dos grandes desafios da avicultura de corte é proporcionar um ambiente adequado ao desenvolvimento das aves da primeira até a última semana de vida. Essa situação pode ser difícil de alcançar se não for considerado o microclima onde os animais são criados.

Os sistemas *Dark House* procuram atingir as condições de conforto ideais para as aves e dispõem de dispositivos que controlam a intensidade de luz e as variáveis ambientais dentro do galpão. Para que a instalação tenha um adequado funcionamento do sistema de pressão negativa é necessário que haja uma eficiente vedação de suas laterais.

Em busca de eficiência na vedação do aviário *Dark House*, as cortinas nas laterais são substituídas por paredes. Essa alternativa deve ser investigada, a fim de obter um material eficiente para as trocas entre as variáveis externas e internas no aviário.

Outra característica que deve ser observada é o consumo de energia devido a grande procura por equipamentos elétricos e para garantir que não ocorram quedas no fornecimento de energia e comprometimento na produção, é indispensável à instalação de um gerador elétrico.

No Brasil existem poucos trabalhos com sistemas *Dark House* encontrados na literatura. Nota-se a necessidade de estudos aprofundados no assunto a fim de demonstrar quais materiais de vedação apresentam melhor eficiência nos sistemas.

REFERÊNCIAS

ABREU, V. M. N.; ABREU, Paulo Giovanni de. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.2, p.1-14, 2011.

ALENCAR, M. C. B. et al. Respiratory risks in broiler production workers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.6, n.1, p.23-29, 2004.

ALVINO, G. M.; ARCHER, G.S.; MENCH, J.A. Behavioural time budgets of broiler chickens reared in varying light intensities. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v.118, n.1, p.54-61, Jan 2009.

AMARAL, A. G. **Avaliação e caracterização espacial do ambiente termoacústico e de iluminância na produção de frangos de corte sexados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Lavras, 50p. 2009.

AMARAL, A.G. et al. Efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 3, p. 649-658, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual**, 2016. Disponível em www.abpa-br.com.br. Acesso em 02 de jul 2017.

BAÊTA, F.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG: UFV, 269p. 2010.

BUENO, L. G. ROSSI, L. A. Comparação entre tecnologias de climatização para criação de frangos quanto a energia, ambiência e produtividade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.497-504, 2006.

BUYSE, J.; SIMONS, P.C.N. Effect of intermitente lighting, ligh intensity and source on the performance and welfare of broilers. **World's Poultry Science Journal**, Washington, v.52, n.1, p.121-130, 1996.

CARVALHO, T. M.R. de et al. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.4, p.351-361, 2011.

COSTA, R. B. Dark House: mais barato que o convencional. Avicultura Industrial. <http://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/dark-house-mais-barato-que-o-convencional/20080305-133508-3686>, 2008. Acesso: 05/01/2017

CURI, T. M. R. C. et al. Geoestatística para a avaliação do controle ambiental do sistema de ventilação em instalações comerciais para frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.6, p.1062-1074, 2014.

DOWNS, K.M. et al. The effects of photoperiod length, light intensity, and feed energy on growth responses and meat yield of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**. Oxford, v.15, p.406-416, 2006.

FURTADO, D. A. et al. Efeitos de diferentes sistemas de acondicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.484-489, 2006.

GALLO, B. B. Dark House: manejo x desempenho frente ao sistema tradicional. **In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA**, 10, 2009, Chapecó, SC. Anais do X Simpósio Brasil Sul de Avicultura e I Brasil Sul Poultry Fair. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 140p., 2009.

LEWIS, P.D.; MORRIS, T.R. Responses of domestic poltry to various light sources. **World's Poultry Science Journal**, Washington, v.54, n.1, p.7-25, Abr 1998.

MEDEIROS, C. M. et al. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n.4, p. 277-286, out/Nov. 2005.

MILES, D.M. et al. Broiler litter ammonia emissions near sidewalls, feeders, and waterers. **Poultry Science**, Oxford, v. 92, n. 7, p. 1693-1698, 2013.

MORAES, D.T. et al. Efeitos dos programas de luz sobre o desempenho, rendimento de abate, aspectos econômicos e resposta imunológica em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v.60, n.1, p.201-208, 2009.

MOURA, D. J. de. Ambiência da Produção de aves de corte. In: SILVA, I. J. O. da. (Org.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Jaboticabal: FUNEP, v.2, p. 75-149, 2001.

NÄÄS, I. A. et al. Ambiência aérea em alojamento de frangos de corte: poeira e gases. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p. 326-334, 2007.

OLIVEIRA, R. F. M. et al. 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**, Viçosa, v.35, n.3, p. 797-803, 2006

OWADA, A. N. et al. Estimating broiler welfare as function of ammonia concentration and light level inside housing. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.611-618, 2007.

SALGADO, D.D; NÄÄS, I.A. Avaliação de risco à produção de frango de corte do estado de São Paulo em função da temperatura ambiente. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.367-376, 2010.

SAMPAIO, C. A. P. **Caracterização dos ambientes térmicos, aéreo e acústico em sistemas de produção de suínos nas fases de creche e terminação.** 2004. 130p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiente) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2004.

SANTOS, P.A. dos. et al. Ventilação em modos túnel e lateral em galpões avícolas e seus efeitos no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho das aves. **Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 2, 2009.

SARAZ, A.O.J. et al. Modeling and experimental validation to estimate the energy balance for a poultry house with misting cooling. **Dyna**, Medellin, n.78, v.170, p.167-174, 2011.

SARUBBI, J. et al. Utilização de energia elétrica em diferentes sistemas de aquecimento para leitões desmamados. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, p.1003-1011, 2010.

SILVA, E.G.D. et al. Variabilidade espacial das características ambientais e peso de frangos de corte em galpão de ventilação negativa. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.1, p.132-141, 2013.

SILVEIRA, N. A. et al. Ambiente aérea em maternidade e creche de suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.3, p. 348-357, 2009.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 12, n.1, p. 17-23, 2001.

ZHANG, G. et al. Emission of ammonia and other contaminant gases from naturally ventilated dairy cattle buildings. **Biosystems Engineering**, Oxford, v.92, n.3, p. 355–364, 2002.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

ARTIGO 1

**AMBIENTE TÉRMICO E AÉREO EM DIFERENTES INSTALAÇÕES
DARK HOUSE NA SEXTA SEMANA DE CRESCIMENTO DAS AVES**

Artigo preparado de acordo com a revista Engenharia Agrícola.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as condições ambientais em duas instalações para frangos de corte do tipo *Dark House*, com diferenças quanto ao material de fechamento lateral, durante a última semana de criação das aves. Um dos galpões possuía fechamento por telhas de fibrocimento e madeirite (GFC), e o outro galpão possuía fechamento de Iso Paineel (GIP). Foram feitas medições de variáveis do ambiente térmico-lumínico e gases em nove pontos distribuídos ao longo dos galpões. Os consumos de energia dos galpões foram obtidos através da instalação de equipamento Fluke, modelo 435, na entrada do fornecimento de energia para cada galpão. As variáveis térmicas foram utilizadas para calcular o índice de temperatura e umidade (ITU), o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e a entalpia (H). Os dados obtidos para os índices indicaram que os dois galpões apresentaram níveis de conforto adequados para a última semana de crescimento das aves. O maior consumo de energia foi obtido para o galpão com parede lateral de fibrocimento (GFC), onde também foi observado um baixo fator de potência, indicando o uso de motores abaixo da potência nominal. As aves presentes no galpão com parede de Iso Paineel (GIP) obtiveram aumento considerável na massa para a última semana, resultando assim maior produção de kg de carne m⁻².

Palavras-chave: Ambiência. Conforto térmico. Construções rurais. Qualidade do ar em galpões avícolas. Instalações para aves. Consumo de energia.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the environmental conditions in two facilities for broilers of the Dark House type, with differences regarding lateral closure material during the last week of poultry farming. One of the sheds was closed by fibrocement and wood-cement tiles (GFC) and the other shed had Iso Panel closure (GIP). Measurements of thermal-light environment variables were made, besides gases, in nine points distributed throughout the sheds. The energy consumption of the sheds was obtained through the installation of Fluke equipment, model 435, at the entrance of the power supply for each shed. The thermal variables were used to calculate the temperature and humidity index (ITU), the black globe temperature and humidity index (ITGU) and the enthalpy (H). The data obtained for the indices indicated that the two sheds presented adequate comfort levels for the last week of broiler growth. The highest energy consumption was obtained for the fiber cement sidewall shed (GFC), where a low power factor was also observed, indicating the use of motors below nominal power. The broiler present in the shed with Iso Panel (GIP) obtained a considerable increase in the weight of the broilers for the last week, thus returning a higher production of kg of m⁻² meat.

Keywords: Ambience. Thermal comfort. Rural constructions. Air quality in poultry houses. Installations for broiler. Energy consumption.

1 INTRODUÇÃO

A avicultura nacional é um dos setores mais expressivos do agronegócio brasileiro. Com uma produção anual de 43,25 kg hab⁻¹ ano⁻¹ (Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA, 2016), o Brasil se destaca como segundo maior produtor de carne do gênero.

Um dos desafios da avicultura brasileira é adequar suas instalações de acordo com o clima da região. Para Tinôco (2001) não existe um tipo de instalação avícola que seja ideal no combate ao estresse por calor ou frio que possa ser adotado em todas as regiões do mundo, porque cada região climática impõe uma exigência própria de arranjos com vistas ao conforto térmico.

No cenário climático brasileiro há regiões próximas à linha do equador, onde a temperatura é mais alta e mais estável ao longo do ano, diferentemente do que ocorre nas regiões mais ao sul, onde as temperaturas são menores (MOURA, 2001).

Segundo Abreu e Abreu (2011), é preciso explorar melhor todas as possibilidades existentes na busca de aperfeiçoamento dos sistemas de criação de aves, independentemente do grau de tecnologia aplicado.

A produção intensiva, visando o bem-estar animal, pode ser obtida por meio de instalações do tipo *Dark House*. Esse sistema de criação proporciona um isolamento das condições ambientais externas desfavoráveis, mantendo as aves mais calmas. O resfriamento interno é obtido por meio de painéis evaporativos instalados em uma das extremidades do aviário e, na direção oposta, um conjunto de exaustores proporciona a troca de ar (pressão negativa).

No sistema *Dark House* destaca-se que a pressão negativa requer bastante atenção. Para que esses aviários funcionem eficientemente, existe a necessidade que estes estejam bem isolados e vedados. O isolamento faz com que as condições internas do aviário sejam totalmente independentes do exterior,

ou seja, não deixa que o frio ou calor, o sol, o vento, do ambiente externo interfira no ambiente interno (ABREU e ABREU, 2011). Ainda, segundo esses autores, existe a tendência de substituição das cortinas por paredes, tornando mais eficiente o sistema de vedação do aviário.

Entre os fatores ambientais existentes nas instalações, Barbosa Filho et al. (2009) ressaltam que os fatores térmicos são os que afetam diretamente as aves, comprometendo a função vital de manutenção da homeotermia. A termorregulação é o conjunto de estratégias utilizadas pelas aves e mamíferos para a regulação da temperatura corpórea, fundamental para a adaptação e manutenção de espécies animais em diferentes habitats (SOUZA; BATISTA, 2012).

Abreu e Abreu (2011) consideram que o ambiente confortável ocorre quando a produção de calor decorrente do metabolismo pode ser perdida para o meio, sem que ocorra qualquer estresse às aves. O ambiente em que os animais são submetidos, então, foi definido por Yanagi Júnior (2006) como a soma dos impactos dos meios biológicos e físicos circundantes sobre os animais, influenciando diretamente sobre seus índices produtivos.

Em resposta a esses fatores ambientais foram desenvolvidos índices de conforto térmico que visam englobá-los em um único parâmetro, procurando identificar zonas de conforto, onde as aves produzem melhores respostas em relação ao ambiente a que estão submetidas.

Segundo Abreu e Abreu (2011), a qualidade do ar em ambientes de produção animal é outro ponto de interesse em estudos de sistema de controle ambiental para a saúde dos animais. Os problemas de qualidade do ar em aviários são produtos diretos de baixas taxas de ventilação (CORKERY et al., 2013).

O gás dióxido de carbono (CO_2) tem duas principais fontes dentro dos aviários, os aquecedores na fase inicial e a própria ave, na fase final

(KNIZOTOVÁ; BROUCEK; MIHINA, 2010). Os níveis de amônia (NH_3) aumentam com a elevação da temperatura e da umidade relativa do ar, proporcionando condições ideais para desenvolvimento microbiano (CORKERY et al., 2013).

O sistema *Dark House* é caracterizado pelo uso de elevado número de equipamentos empregados na climatização, iluminação e automação do fornecimento da alimentação, produzindo um impacto no consumo de energia elétrica e, para garantir o fornecimento contínuo, é ideal a instalação de geradores de energia.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os fatores ambientais em duas instalações para frangos de corte do tipo *Dark House*, caracterizando os índices de conforto. Esses sistemas possuem diferenças quanto ao material de fechamento lateral e foi avaliado na última semana de criação das aves em que a necessidade de funcionamento correto de todos os equipamentos é essencial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em uma granja comercial de frangos de corte, Agroavicultura Ferreira e Chagas LTDA, situada a 21°03'13" de latitude Sul, 44°05'24" de longitude Oeste e altitude média de 1050m, no município de Prados/MG, no período de março a abril de 2016.

O clima da região, de acordo com a classificação Köppen, é subtropical moderado úmido (Cwb), também chamado tropical de altitude, com temperatura média nos meses mais quentes e frios de 22 e 15°C, respectivamente (SILVA et al., 2004).

O sistema de criação é composto por dois galpões tipo *Dark House* com orientação cartográfica Leste-Oeste. O resfriamento é obtido por meio de painéis evaporativos de celulose instalados em uma extremidade do galpão e 16 exaustores com potência de 1,0 cv, na outra. A ventilação mínima é realizada por meio de 38 *inlets* laterais, manufaturados em chapas galvanizadas que se abrem por diferença de pressão. A cobertura dos galões é constituída por telhas de fibrocimento de seis milímetros de espessura com inclinação de 15% e forro na altura do pé direito feito com lona preta. O sistema de aquecimento é constituído por duas fornalhas a lenha, onde o ar aquecido é conduzido por dutos principais de chapas galvanizadas, complementados por dutos secundários de lonil. O material de cama sobreposta utilizado foi serragem, não sendo feita sua reutilização.

Os galpões abrigam aves da linhagem Coob 500, com densidade final de 39 kg m⁻² e ciclo de produção médio de 42 dias. Os registros dos dados de ambiente foram feitos entre os 35 e 42 dias de idade. O peso médio inicial das aves foi de 45,5g. O programa de luz adotado durante todo o período experimental foi o contínuo (24 horas de luz artificial), sendo 25 lux do 1° ao 25° dia, seguidos de 5 lux até o final do lote.

O primeiro galpão (GFC) possui fechamento lateral composto por telhas de fibrocimento e madeirite, pintadas na cor preta na face interna ao galpão, instaladas sobre uma mureta de concreto de 0,40m de altura, dimensões de 150 x 18 x 2,80m (comprimento x largura x pé-direito) (Figura 1 - a). A iluminação é feita com 89 lâmpadas de LED com temperatura de cor branca de 7000K e 8,6W de potência média cada (Figura 1 - b).

Figura 7 - Vista externa (a) e interna (b) do galpão com fechamento lateral composto por telhas de fibrocimento e madeirite (GFC).



Fonte: Da autora.

O segundo galpão (GIP) possui fechamento lateral composto por painéis de Iso Pannel pintados na cor branca, sobre uma mureta de concreto de 0,40m de altura, dimensões de 150 x 17 x 2,80m (comprimento x largura x pé-direito) (Figura 2 - a) e iluminação com 152 lâmpadas de LED com temperatura de cor branca de 7000K e 8,6W de potência média cada (Figura 2 - b).

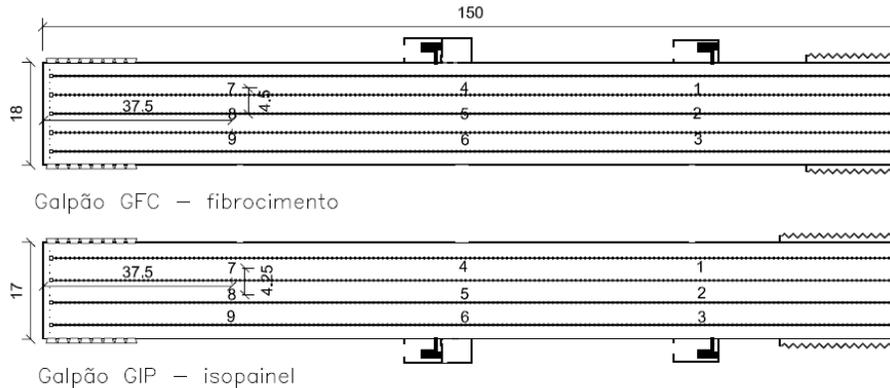
Figura 8 - Vista externa (a) e interna (b) do galpão com fechamento lateral composto por isopanel (GIP).



Fonte: Da autora.

Foram avaliados os índices ambientais nos galpões com diferenças construtivas. Para a coleta das variáveis componentes de cada índice estudado foram utilizados, em cada galpão, *dataloggers* portáteis da marca Hobo®, modelo U12-013, distribuídos em nove pontos, conforme ilustrado na Figura 3. Com precisão de $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$ para temperatura e $\pm 2,5\%$ para umidade relativa, cada *datalogger* conta com dois canais externos, em um dos quais se acoplou o sensor de temperatura externo, inserido em globo negro, com diâmetro de 15 cm pintado externamente com tinta preta fosca. No sentido transversal do galpão e na região central, três *dataloggers* receberam um sensor de velocidade do ar da marca Accusense®, que registra valores de 0,15 a 10m s^{-1} , com precisão de $\pm 0,05\text{m s}^{-1}$. Os *dataloggers* foram programados para coletarem os dados a cada 15 minutos, durante 24 horas. Os instrumentos de avaliação do ambiente térmico foram posicionados aproximadamente 30cm em relação ao piso (altura das aves).

Figura 9 - Planta baixa e distribuição dos pontos no Galpão de Fibrocimento (GFC) e no Galpão de Isopainel (GIP) com os respectivos pontos de coleta das variáveis ambientais.



PLANTA BAIXA - GRANJA DARK HOUSE

esc 1:100
un:metros

Fonte: Da autora.

Com os dados coletados de temperatura de bulbo seco (tbs), umidade relativa (UR), velocidade do ar (Var) e temperatura de globo negro (tgn) determinou-se a temperatura de ponto de orvalho (tpo), o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), o Índice de conforto Entalpia (h) e o Índice de Temperatura do Globo e Umidade (ITGU).

O índice ITU foi obtido por meio da equação proposta por Thom (1958):

$$ITU = tbs + 0,36 tpo + 41,2 \quad (1)$$

em que:

tbs = Temperatura de bulbo seco (°C)

tpo = Temperatura de ponto de Orvalho (°C)

O ITGU é um índice que quantifica, indiretamente, os efeitos da velocidade do ar e da radiação e foi obtido pela equação proposta por Buffington et al. (1981):

$$\text{ITGU} = \text{tgn} + 0,36 \text{ tpo} - 330,08 \quad (2)$$

em que:

tgn = temperatura de globo negro (K);

tpo = temperatura do ponto de orvalho (K).

O índice de conforto térmico Entalpia (h) do ambiente foi obtido de acordo com a equação proposta por Albright (1990):

$$H = 1,006 \text{ tbs} + W (2501 + 1,805 \text{ tbs}) \quad (3)$$

em que:

H = entalpia (kJ kg de ar seco⁻¹);

tbs = temperatura de bulbo seco (°C);

W = razão de mistura (kg vapor d'água kg ar seco⁻¹);

$$W = (0,622 \text{ ea})$$

$$(\text{Patm} - \text{ea})$$

em que:

ea = pressão atual de vapor d'água (kPa);

Patm = pressão atmosférica (kPa).

O ambiente aéreo foi avaliado pela concentração dos gases presentes nas instalações, coletados em cada galpão na altura das aves, em nove pontos equidistantes (distribuídos conforme ilustrado na Figura 3), nos horários de 8, 12 e 16 horas, sendo que ao final da coleta do último ponto retornava-se ao primeiro, realizando, assim, uma repetição.

Para mensurar o nível de dióxido de carbono presente nas instalações foi utilizado o sensor da marca Testo[®], modelo 535, de princípio infravermelho, com resolução de 1ppm e acurácia de ± 50 ppm, que detecta a concentração instantânea numa faixa de medição de 0 a 10.000ppm.

As concentrações de NH₃, presentes nas instalações, foram mesuradas pelo equipamento ToxiRAE Pro com sensores eletroquímicos, da marca RAE Systems[®], com resolução de 1ppm e acurácia de ± 1 ppm, que detecta a concentração instantânea numa faixa de medição de 0 a 100ppm.

Para avaliação do consumo de energia elétrica foi instalado um medidor de energia da marca FLUKE, modelo 435, com precisão de tensão de 0,1% V_{nom}, na entrada da caixa de distribuição de circuitos em cada galpão. Os registros ocorreram a cada 15 minutos durante 24 horas, durante todo o ciclo de criação.

Os dados relativos ao ambiente térmico foram submetidos à análise de variância, levando-se em consideração um delineamento com medidas repetidas no tempo, com horários bloqueados e os dias aferidos com parcelas subdivididas no tempo. As médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 95% de significância.

Foram comparadas, ainda, dentro dos diferentes períodos do dia divididos em manhã (06 às 12hs), tarde (13 às 18hs), noite (19 às 24hs) e madrugada (01 às 05hs). As comparações entre os galpões foram realizadas por meio de gráficos boxplot, com observação do intervalo de confiança para a mediana (IC = 95%).

Os dados ainda foram correlacionados entre as variáveis ambientais, empregando-se para isso a correlação de Pearson entre as mesmas variáveis observadas nos galpões, levando-se em consideração o grau de correlação e a significância da interação. As variáveis do ambiente térmico, mensuradas nos nove pontos distintos no interior dos galpões, foram analisadas por meio de ferramenta geostatística, com método de interpolação dos pontos baseado no inverso do quadrado da distância euclidiana entre os pontos e foram compostos gráficos de superfície com o auxílio do *software* Surfer 12 para análise visual dos dados.

Devido às variáveis do ambiente aéreo tratarem de dados que não se enquadram nos preceitos básicos requeridos para a análise de variância, optou-se pela análise não paramétrica de Kruskal-Wallis para os dados relativos às concentrações dos gases dióxido de carbono e amônia nos diferentes galpões. Essa ferramenta é aplicada levando-se em consideração o ranqueamento entre as medianas dos tratamentos. Por fim, as concentrações dos gases dentro de cada um dos horários de coleta (08, 12 e 16hs) foram comparadas entre os galpões estudados por meio da composição de gráficos boxplot com o intervalo de confiança para as medianas (IC = 95%).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as médias dos dados coletados relativos ao ambiente térmico, considerando como fonte de variação os pontos coletados. Verificou-se que as variáveis e os índices ambientais, nos dois galpões, apresentaram médias com diferença significativa na sexta semana ($P < 0,01$, teste Scott-Knott). O galpão GFC (fechamento lateral composto por telhas de fibrocimento e madeirite) apresentou as maiores médias para os índices calculados e para a temperatura. O galpão GIP apresentou maior média apenas para a umidade relativa. Observou-se também que todas as variáveis apresentaram um baixo coeficiente de variação, indicando uma boa homogeneidade na coleta dos dados.

Tabela 7- Médias dos índices (ITU, ITGU e H) e variáveis ambientais (tbs e UR) para a sexta semana de crescimento nas instalações GFC e GIP.

Tratamento	Índices e Variáveis Ambientais				
	ITGU s/u	ITU s/u	H (kJ kg de ar seco ⁻¹)	tbs (°C)	UR (%)
GFC	72,69 a	71,09 a	59,11 a	23,21 a	71,78 a
GIP	70,53 b	68,94 b	55,99 b	21,66 b	75,22 b
CV (%)	1,74	1,37	2,49	3,80	5,46
Média	71,61	70,01	57,55	22,43	73,50

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,01$).

Fonte: Da autora.

A temperatura é uma variável com grande interferência sobre as aves, principalmente na última semana de vida. A temperatura média obtida no galpão GIP (21,6°C) foi a que mais se aproximou do recomendado pelos autores Abreu e Abreu (2011). Esses autores afirmam a importância dos aviários manterem as

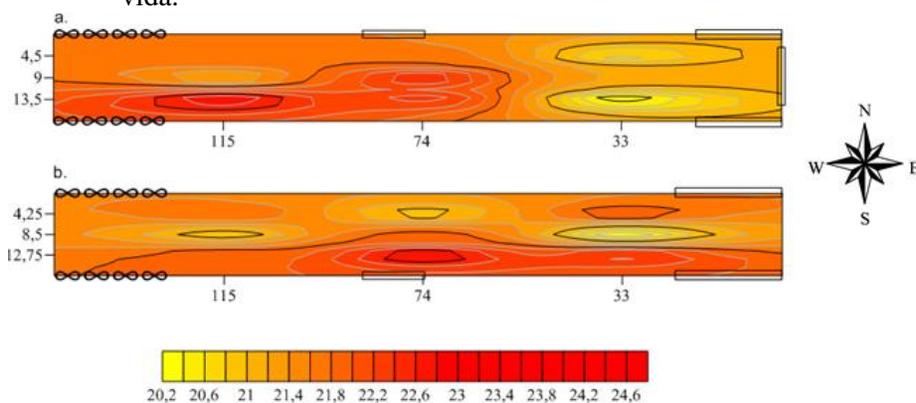
temperaturas ambientais próximas a 20°C na sexta semana de crescimento das aves.

Ao submeter as aves a dietas e níveis diferentes de temperatura ambiente, Oba et al. (2012) obtiveram menor ganho de peso e aumento de carcaça, para as aves mantidas sob temperaturas elevadas, semelhante ao obtido pelo estudo de Boiago et al. (2013). Por sua vez, Olanrewaju et al. (2010) observaram que as aves expostas a altas temperaturas apresentam taxas respiratórias mais elevadas, num esforço para dissipar o calor por evaporação. Avaliando o ambiente térmico em galpões para aves, com cama nova e reutilizada, Baracho et al. (2013) encontraram temperaturas variando entre 27,4 a 28°C. O mesmo foi observado por Silva et al. (2013), ao avaliarem a variabilidade das características térmicas dos galpões com pressão negativa. Essas temperaturas obtidas por certos autores, com valores acima do recomendado, demonstram a dificuldade em se manter níveis adequados de conforto térmico no interior dos aviários brasileiros.

A temperatura para o galpão GFC apresentou valores elevados a partir da região central e no sentido da extremidade com a presença dos exaustores. Essa característica também foi observada por Silva et al. (2013), que relataram aves com maior massa na região do galpão oposta aos exaustores, onde a temperatura era mantida mais baixa.

O galpão GIP, por sua vez, apresentou regiões com temperaturas elevadas no ponto central, se espalhando em sentido longitudinal (Figura 4). Pela análise espacial da Figura 4 observou-se que as distribuições das médias de temperatura em relação aos pontos foram heterogêneas para as duas instalações, sendo que no GFC as médias mais baixas se concentraram próximas ao painel evaporativo e no GIP as médias mais baixas em pontos intercalados.

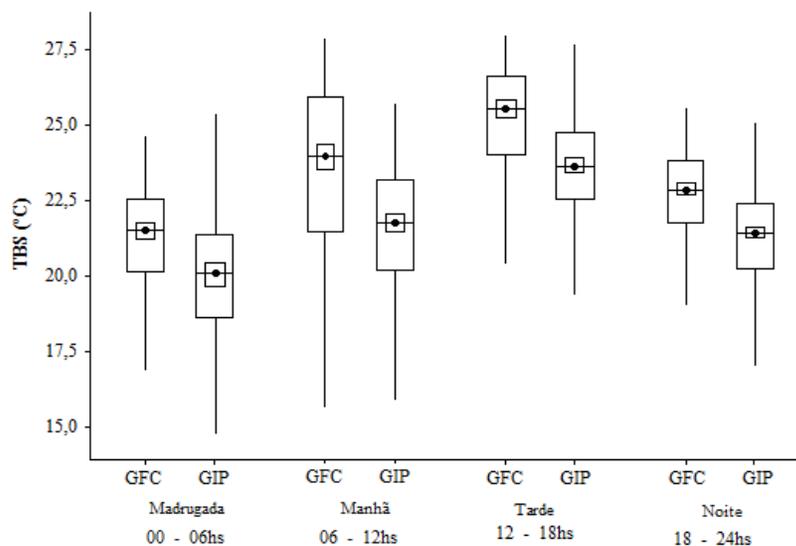
Figura 10 - Variação espacial da Temperatura de Bulbo Seco ($^{\circ}\text{C}$) para o galpão GFC (a) e para o galpão GIP (b) alojando frangos na sexta semana de vida.



Fonte: Da autora.

Separando os dados coletados por períodos (Figura 5), verificou-se que o galpão GFC apresentou a T_{bs} ($^{\circ}\text{C}$) superior ao galpão GIP em todos os períodos avaliados (IC=95%), sendo que este último apresentou menor amplitude térmica. O intervalo de maior temperatura ocorreu à tarde para os dois galpões, apresentando médias de $25,5^{\circ}\text{C}$ e $23,7^{\circ}\text{C}$, para GFC e GIP, respectivamente. O Galpão GFC apresentou média elevada em relação ao recomendado também para o período da manhã, entre 06 às 12hs. Isso possivelmente é decorrente da influência do material de fechamento lateral na manutenção da temperatura interior no galpão durante todo o dia.

Figura 11 - Gráfico boxplot com intervalo de confiança da mediana (IC = 95%) para a tbs (°C) em galpões *Dark House*, com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Panel (GIP) em função do período do dia, durante a sexta semana de crescimento.



Fonte: Da autora.

A Tabela 2 apresenta a correlação entre as variáveis coletadas e os índices calculados. Observou-se que a temperatura tem uma alta relação com os índices ITGU (97%) e ITU (97%) e, apesar de baixa, em relação aos anteriores, também está ligada a H (64%). A relação inversa com a umidade relativa já é esperada.

Tabela 8 - Correlação de Pearson e o P-valor das interações entre as variáveis ambientais e índices em galpões *Dark House* na sexta semana de criação, onde o ITGU é o Índice de Temperatura do Globo e Umidade, ITU é o Índice de Temperatura e Umidade, e t_{bs} é a temperatura de bulbo seco.

	ITGU	ITU	Entalpia	Tbs (°C)
ITU	0,997 P<0,01			
Entalpia	0,771 P<0,01	0,790 P<0,01		
Tbs (°C)	0,979 P<0,01	0,976 P<0,01	0,640 P<0,01	
UR (%)	-0,651 P<0,01	-0,631 P<0,01	-0,027 n.s.	-0,783 P<0,01

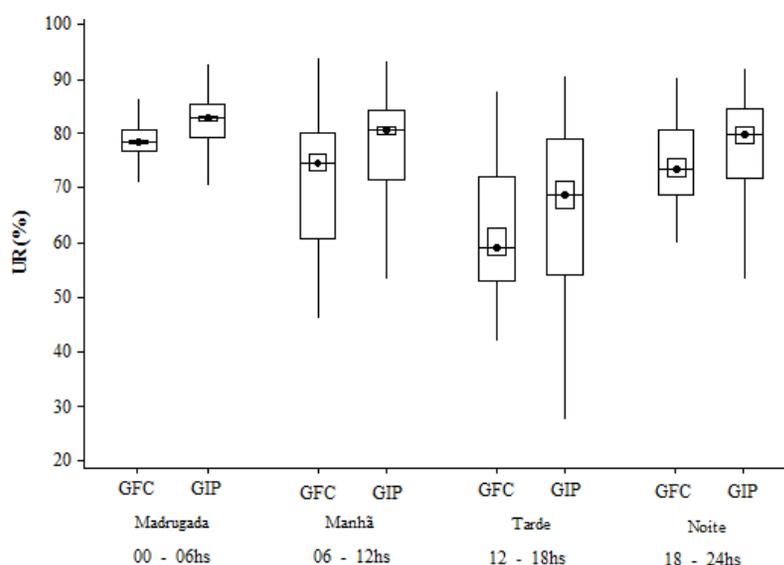
Um ambiente úmido pode proporcionar o aparecimento de fungos, portanto, essa variável também influenciará significativamente na sexta semana de vida das aves. Em relação à umidade relativa do ar, os dois galpões apresentaram diferença significativa (TABELA 1), sendo que o galpão GFC obteve um valor de umidade relativa do ar mais próximo do recomendado de até 70% (ABREU e ABREU, 2011; COBB- Vantress, 2013).

Segundo Baêta e Souza (2010), a umidade relativa do ar exerce grande influência no bem-estar e na produtividade do animal, sendo que se for muito baixa, causa doenças no aparelho respiratório e se for alta e associada a altas temperaturas do ar, dificulta a dissipação de calor por processos evaporativos nas aves.

Por meio da Figura 6 observa-se que o galpão GIP apresentou umidade relativa superior ao GFC em todos os períodos avaliados (IC=95%). A menor variação da UR ocorreu no período de 00 às 6hs, descrita como madrugada, seguida pela tarde (12 às 18hs), manhã (06 às 12hs) e uma maior variação no

período da noite (18 às 24hs). O galpão GIP apresentou umidade relativa com grandeza mediana de 82,8, 80,0 e 79,8, para madrugada, manhã e noite, respectivamente. Valores próximos a estes foram obtidos às 06hs por Furtado et al. (2006), ao avaliarem galpões com diferentes sistemas de acondicionamento, sendo que para estes autores são valores impróprios para manutenção do conforto das aves.

Figura 12 - Gráfico boxplot com intervalo de confiança da mediana (IC = 95%) para a UR (%) em galpões *Dark House*, com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Panel (GIP) em função do período do dia, durante a sexta semana de crescimento.



Fonte: Da autora.

Assim como a variável temperatura, a umidade relativa apresentou espacialização irregular para os dois galpões em relação aos pontos (Figura 7). O GFC apresentou valores mais baixos, principalmente na região próxima aos exaustores. Já o GIP apresentou maior disparidade em toda extensão do galpão, apresentando uma ilha menos úmida próxima aos exaustores. Essa ocorrência

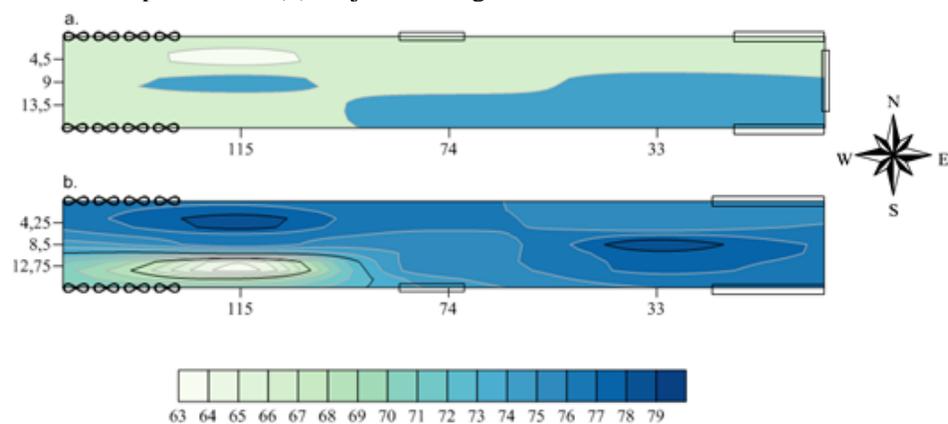
pode ser relativa aos níveis de programação dos exaustores, ou seja, o número de exaustores acionados de um lado do galpão difere do outro (Tabela 3). Na sexta semana de crescimento os galpões operavam com o mínimo de 5 exaustores ligados e um máximo de 15 exaustores (entre nível 9 e 19).

Tabela 9 - Níveis de ventilação programados no painel de controle para os dois galpões *Dark House*.

PROGRAMA DE NÍVEL DE VENTILAÇÃO		
NÍVEL	EXAUSTORES LIGADOS	TEMPO DE FUNCIONAMENTO
1	0	0
2	2	1 min ligado - 4min desligado
3	2	1,5 min ligado - 3,5 desligado
4	2	2 min ligado - 3 min desligado
5	2	4 min ligado - 1 min desligado
6	2	direto
7	3	direto
8	4	direto
9	5	direto
10	6	direto
11	7	direto
12	8	direto
13	9	direto
14	10	direto
15	11	direto
16	12	direto
17	13	direto
18	14	direto
19	15	direto
20	16	Direto

Fonte: Da autora.

Figura 13 - Variação espacial da Umidade Relativa (%) para o galpão GFC (a) e para o GIP (b) alojando frangos na sexta semana de vida.

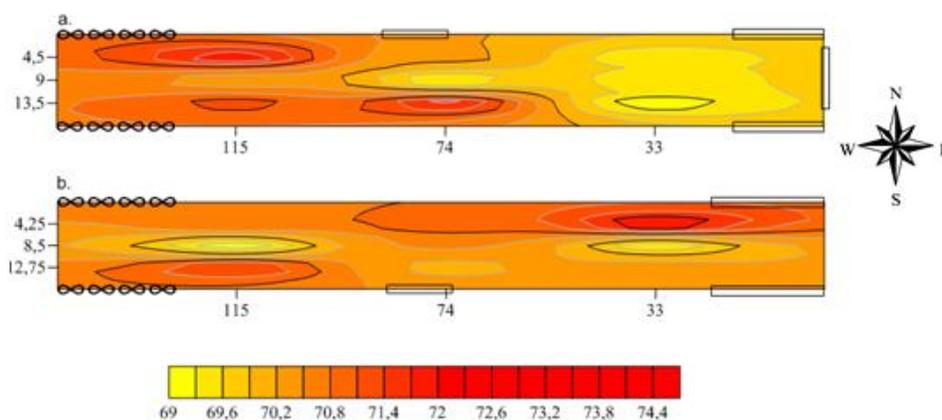


Fonte: Da autora.

Em relação aos índices de conforto térmico (ITGU, ITU e H), o galpão GIP, que recebe fechamento lateral de Iso Pannel, apresentou as menores médias em relação aos pontos de coleta. Apesar da diferença significativa entre os dois galpões, ambos mostraram resultados dentro da faixa de conforto recomendada para ITGU (65-77) e ITU (64 -74) na sexta semana de criação, segundo Medeiros et al. (2005) e Nascimento et al. (2011).

O ITGU apresentou média de 72,69 e 70,53 para os galpões GFC e GIP, respectivamente. Avaliando a distribuição espacial, o índice ITGU ocorreu de forma irregular, formando-se ilhas com valores elevados, onde para o galpão GFC os menores valores demonstraram maior adensamento próximos aos painéis evaporativos, e para o galpão GIP os menores valores se encontram na região central do galpão e sentido do comprimento (Figura 8).

Figura 14 - Variação espacial do Índice de Temperatura de Globo e Umidade para o galpão GFC (a) e para o galpão GIP (b) alojando frangos na sexta semana de vida.

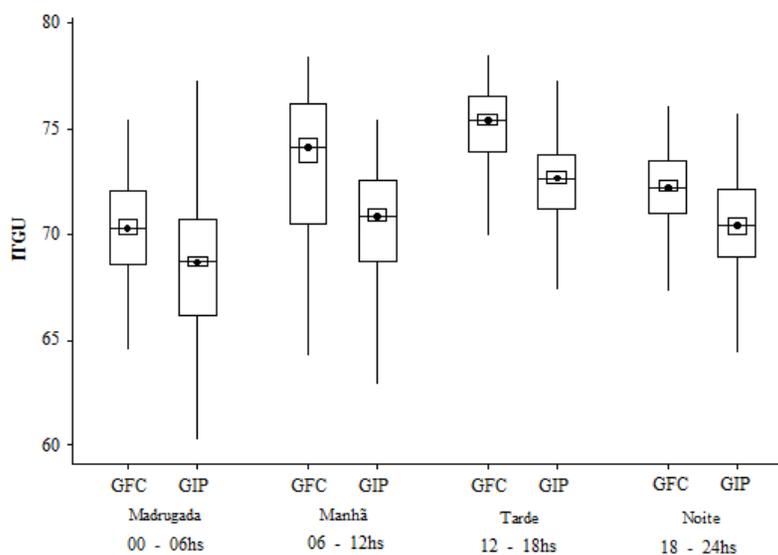


Fonte: Da autora.

Em relação aos períodos, verifica-se que o galpão GFC apresentou o ITGU superior ao galpão GIP em todos os períodos avaliados (IC=95%; Figura 9). Nos períodos mais quentes (10 - 16hs), em que vários autores encontraram valores acima do desejável (FURTADO et al., 2006; LAVOR et al., 2008; ROCHA et al., 2010), observou-se neste trabalho que os dois galpões mantiveram os valores de ITGU dentro das faixas estabelecidas como de conforto.

O ITGU correlaciona-se diretamente com os outros índices ITU e H, e recebe influência direta da temperatura (Tabela 2).

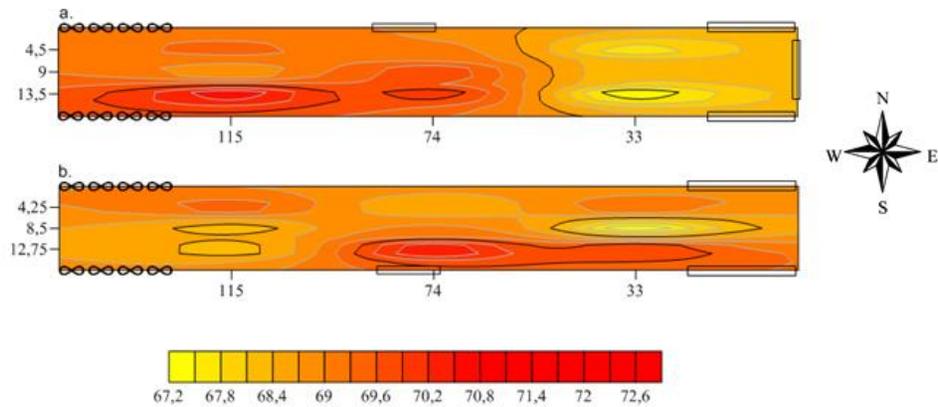
Figura 15 - Gráfico boxplot com intervalo de confiança da mediana (IC = 95%) para ITGU em galpões *Dark House*, com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Panel (GIP) em função do período do dia na sexta semana de crescimento.



Fonte: Da autora.

O índice ITU apresentou médias de 71,09 e 68,94 para o galpão GFC e GIP, respectivamente. Pela Figura 10 observou-se que as ilhas com valores elevados ocorreram de forma distinta entre os dois galpões.

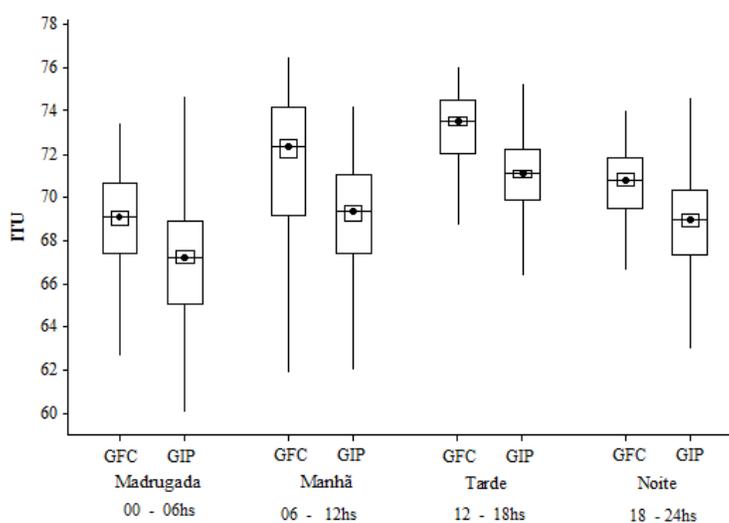
Figura 16 - Variação espacial do Índice de Temperatura e Umidade para o galpão GFC (a) e para o galpão GIP (b) alojando frangos na sexta semana de vida.



Fonte: Da autora.

Em relação aos períodos avaliados, verificou-se que o galpão GFC apresentou valores de ITU superior ao galpão GIP (IC=95%; Figura 11).

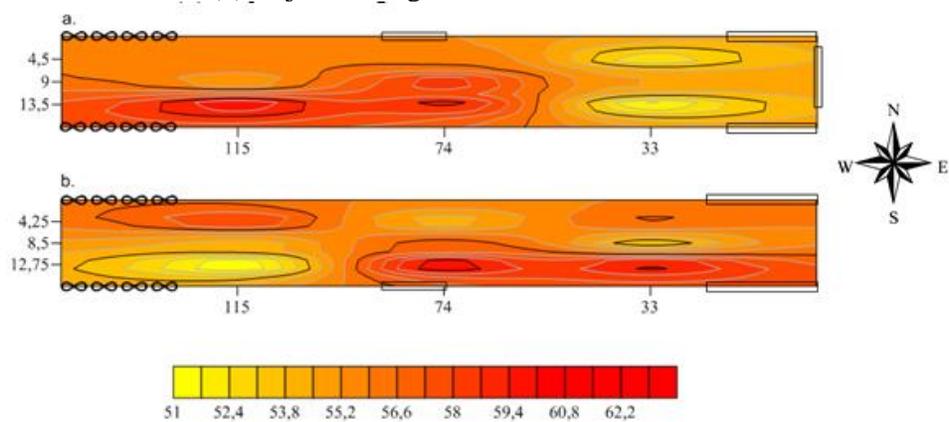
Figura 17 - Gráfico boxplot com intervalo de confiança da mediana (IC = 95%) para ITU em galpões *Dark House*, com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Paineis (GIP) em função do período do dia, durante a sexta semana de crescimento.



Fonte: Da autora.

A Entalpia expressa a quantidade de energia contida em uma mistura de ar seco e vapor d'água, desta forma influenciando as trocas térmicas entre o animal e o meio (NAZARENO et al., 2012). Os valores médios encontrados para esse índice foram de 59,11 para o galpão GFC e 55,99 para o galpão GIP. Conforme a classificação das tabelas de entalpia (BARBOSA FILHO et al., 2007), o valor encontrado no interior do galpão GFC está dentro da faixa de conforto para a quinta semana de crescimento das aves (56,3 a 64,6), já o galpão GIP apresentou seu valor próximo ao limite inferior do recomendado pelos autores. Assim como as outras variáveis, a entalpia demonstrou comportamento bastante heterogêneo, com presença de valores baixos em regiões opostas entre os dois galpões.

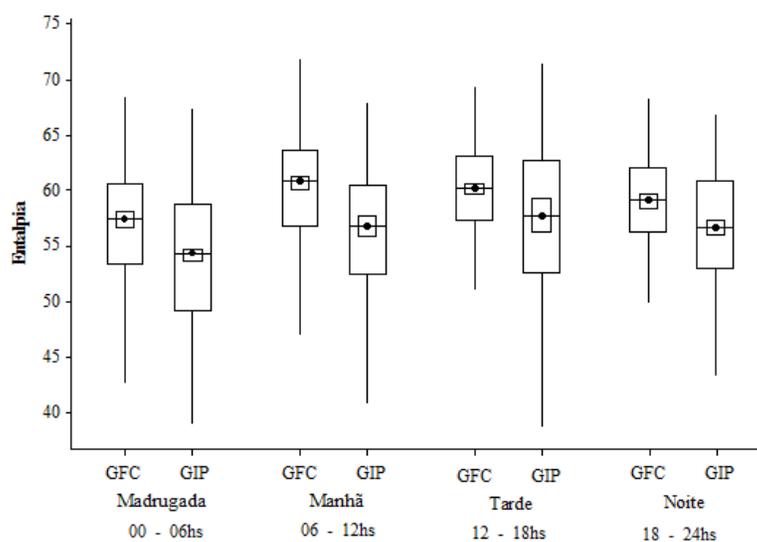
Figura 18 - Variação espacial da Entalpia para o galpão GFC (a) e para o galpão GIP (b) alojando frangos na sexta semana de vida.



Fonte: Da autora.

Para todos os períodos avaliados, a Entalpia apresentou valores dentro do recomendado para o galpão GFC. Para o galpão GIP, a madrugada foi o período que apresentou os valores de mediana abaixo do recomendado (54,3; Figura 13).

Figura 19 - Gráfico boxplot com intervalo de confiança da mediana (IC = 95%) para a Entalpia em galpões *Dark House*, com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Pannel (GIP) em função do período do dia, durante a sexta semana de crescimento.



Fonte: Da autora.

A variação das concentrações de gases em locais fechados é influenciada por variáveis climáticas, como velocidade do vento, temperatura e umidade relativa (CORKERY et al., 2013). Nos galpões foram avaliadas as presenças dos gases NH_3 e CO_2 e os valores encontrados estão dispostos na Tabela 4, onde se observou diferença significativa entre eles. O galpão GFC apresentou maior mediana para o gás CO_2 e menor para NH_3 . Os valores observados dentro dos galpões para NH_3 não atingiram a faixa considerada prejudicial para saúde e desenvolvimento das aves, de 20ppm (NÄÄS et al., 2007).

Tabela 10 - Mediana (intervalo interquartil) para as concentrações dos gases NH_3 e CO_2 .

Tratamento	CO_2	NH_3
	ppm	ppm
Galpão 1	700,0 (327,0) a	2,00 (5,00) b
Galpão 2	666,0 (254,0) b	3,00 (6,00) a

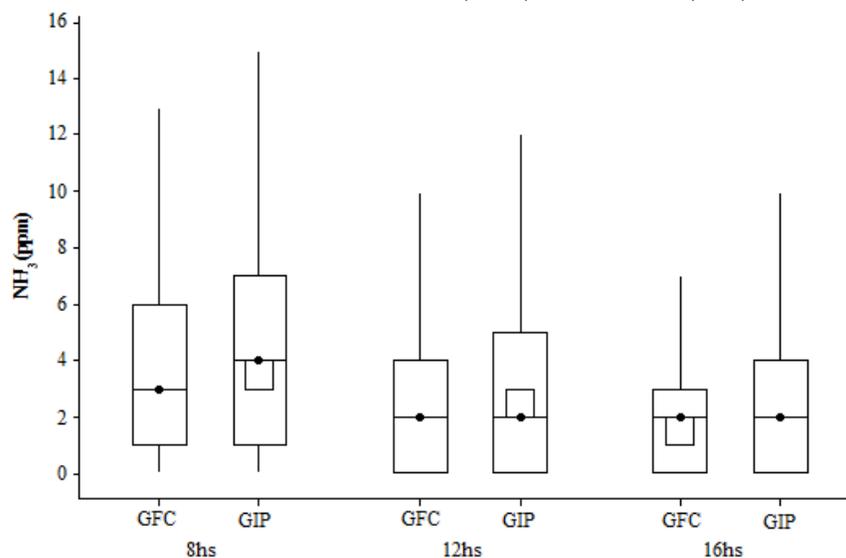
Medianas seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

Fonte: Da autora.

Os valores obtidos para NH_3 , nos galpões GFC e GIP, estão de acordo com o encontrado por outros autores avaliando sistemas diferentes (FURTADO et al., 2010; MENEGALI et al., 2012; NÄÄS et al., 2007).

Avaliando a dispersão nos horários coletados, houve diferença significativa entre os galpões, sendo que o galpão GIP apresentou maior amplitude entre seus valores (Figura 14).

Figura 20 - Distribuição de NH_3 em diferentes galpões *Dark House*, com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Paineis (GIP).



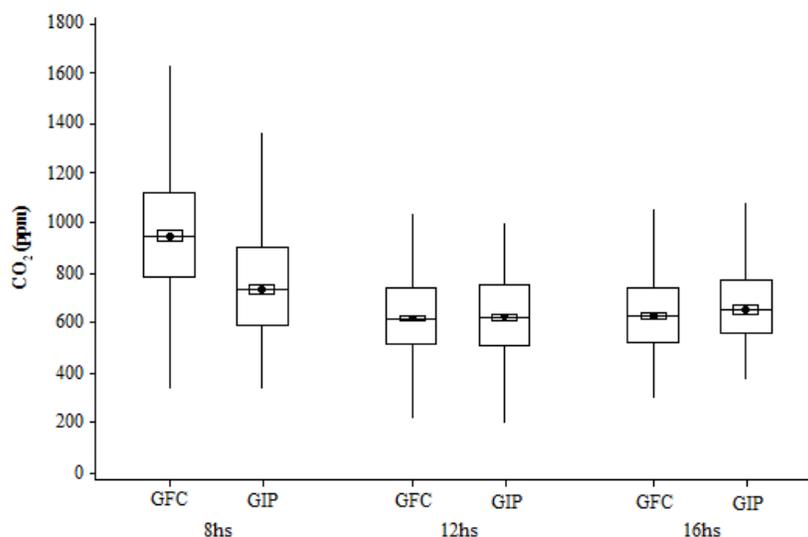
Fonte: Da autora.

Em relação ao gás CO₂, a menor mediana ocorreu no galpão GIP. Observou-se que os valores presentes na Tabela 4 para o gás CO₂ estão abaixo do valor referenciado como prejudicial ao desenvolvimento das aves, de 3000ppm (KNÍŽATOVÁ; BROUČEK; MIHINA, 2010). Valores próximos a esses foram também obtidos por Lourençoni et al. (2015).

As maiores variações na presença dos gases ocorreram às oito horas, indicando que no período da madrugada existe pouca troca ar dentro dos galpões. Pelo comportamento horário, às 12 e às 16 horas os galpões não mostraram diferença significativa entre eles para presença de CO₂ (Figura 15).

Os valores obtidos são considerados ideais para o desenvolvimento das aves e são respostas à boa renovação de ar dentro dos galpões e ao manejo adequado da cama de serragem. (CARVALHO et al., 2011; KNÍŽATOVÁ; BROUČEK; MIHINA, 2010)

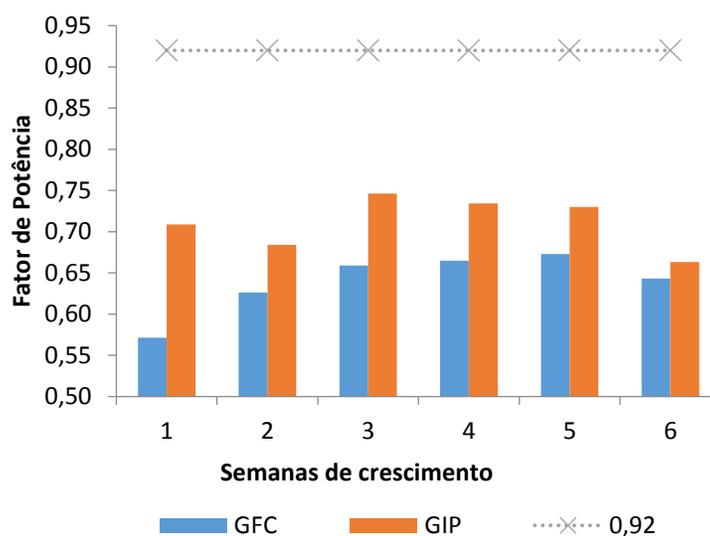
Figura 21 - Distribuição de CO₂ em diferentes galpões *Dark House*, com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Painel (GIP)



Fonte: Da autora.

Na Figura 16 é demonstrado o fator de potência médio por semana dos equipamentos instalados nos galpões GFC e GIP. Foi observado que os dois galpões apresentam valores muito abaixo da norma da Agência Nacional de Energia Elétrica (0,92). O mesmo foi observado por Bueno & Rossi (2006), que considerou essa característica decorrente dos motores de pequena potência e indicativo de pouco aproveitamento da energia destinada aos equipamentos instalados em cada galpão. A instalação de capacitores é uma alternativa para corrigir o fator de potência consumido pelos equipamentos.

Figura 22 - Valores médios do fator de potência por semana de crescimentos das aves em galpões *Dark House*, com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Painel (GIP).

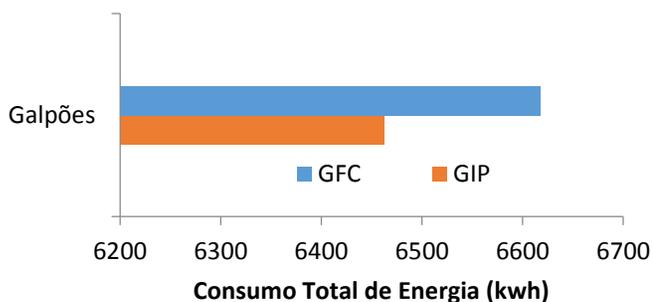


Fonte: Da autora.

É possível inferir que a obtenção de maior valor do fator de potência para o galpão GIP tenha ocorrido devido à melhor distribuição das potências dos motores instalados.

O consumo total de energia é demonstrado na Figura 17 para os galpões GFC e GIP. Observou-se que o galpão GIP, apesar de apresentar maior fator de potência, consumiu menos energia para este lote de aves. Esse fato pode indicar que os sistemas instalados no galpão GIP, para proporcionar condições de conforto às aves, estão melhores distribuídos em relação à carga de energia necessária. No entanto, para a confirmação dessa assertiva seriam necessários outros tipos de coleta de dados.

Figura 23 - Consumo total de Energia para um lote criação de aves com 42 dias em galpões *Dark House*, com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Paineis (GIP).



Fonte: Da autora.

Na Tabela 5 observam-se os valores dos principais índices de eficiência energética encontrados para GFC e GIP. Foi possível observar que o consumo de kWh ave^{-1} foi sutilmente menor para o galpão GFC, podendo-se afirmar que este foi mais eficiente. Turco, Ferreira e Furlan (2002) obtiveram valores médios de 0,189 kWh para galpões convencionais durante o verão. Porém, quando se considera o kg de carne produzida, apesar de pequena diferença, o galpão GIP demonstra menor consumo. Em análise semelhante, Bueno e Rossi (2006) levam em consideração o maior valor agregado ao final de cada lote, devido a densidade.

Tabela 11 – Índices de eficiência energética para galpões *Dark House*, com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Paineis (GIP) para um lote de 42 dias.

Variáveis	GFC	GIP
Consumo de energia (kwh)	6.618	6.462
kwh ave ⁻¹	0,169	0,175
kwh kg ⁻¹	0,0663	0,0623
Custo total (R\$)	2.939,91	2.871,34

Fonte: Da autora.

As variáveis produtivas estão demonstradas na Tabela 6, tanto para o galpão GFC como para o galpão GIP. É possível observar que o galpão GFC, que consumiu maior quantidade de energia, produziu menos kg de carne ao final do lote. Para esse mesmo galpão, as aves se mostraram menos eficientes, ou seja, tiveram baixa capacidade de converter a ração consumida em peso vivo. Notou-se maior consumo de ração e a conversão alimentar em relação às aves do galpão GIP.

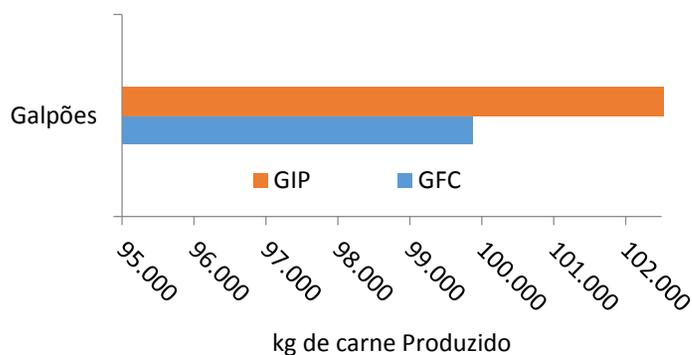
Tabela 12 - Variáveis produtivas para um lote de 42 dias em galpões *Dark House*, com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Paineis (GIP).

Variáveis	GFC	GIP
Ganho de peso médio (g)	2.500,4	2.763,5
Consumo de ração kg ave ⁻¹	4,92	4,65
Conversão Alimentar	1,97	1,68
Eficiência Alimentar	0,51	0,59
Quantidade (kg) carne produzido	99.873	103.652

Fonte: Da autora.

De forma gráfica, a produção está representada na Figura 18. O desenvolvimento das aves, para os dois galpões, não apresentou o mesmo comportamento.

Figura 24 - Produção final em kg ave^{-1} em diferentes galpões *Dark House*, com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Paineis (GIP).

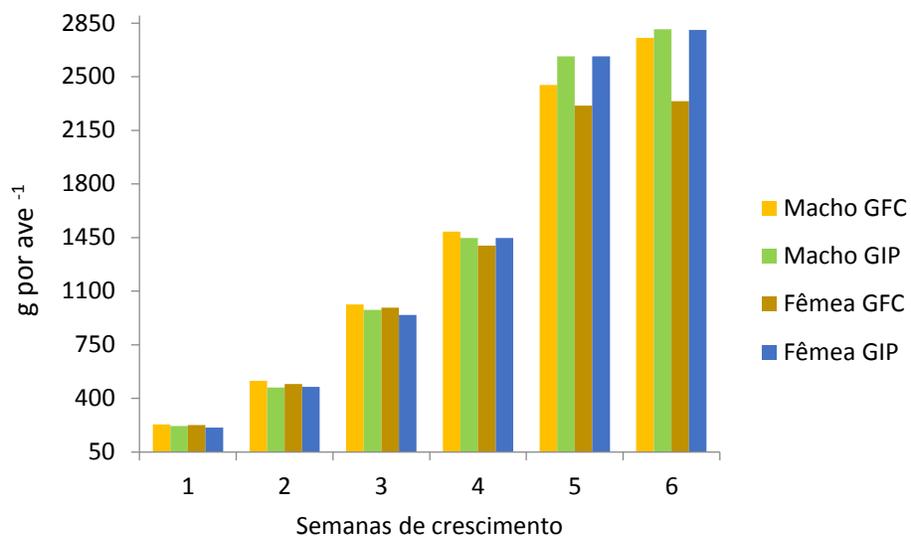


Fonte: Da autora.

Observa-se, pela Figura 19, que até a quarta semana de vida os machos do galpão GFC obtiveram maior peso, seguido pelas fêmeas até a terceira semana no mesmo galpão.

Para as duas últimas semanas de crescimento, observou-se inversão na evolução no desenvolvimento das fêmeas, sendo que aquelas criadas no galpão GIP, além de terem seu ganho de peso aumentado, equipararam-se aos machos do mesmo galpão.

Figura 25 - Ganho de peso das aves por semana em um ciclo de 42 dias para diferentes galpões *Dark House* com fechamento em fibrocimento (GFC) e Iso Pannel (GIP).



Fonte: Da autora

4 CONCLUSÕES

Os aviários *Dark House* mostraram-se eficientes em manter as variáveis ambientais dentro de limites aceitáveis para situações que proporcionem conforto às aves. Todos os índices calculados para os dois galpões estavam dentro da faixa de conforto para as aves.

A presença dos gases NH_3 e CO_2 avaliados não atingem níveis prejudiciais às aves, indicando que a troca de ar dentro do aviário foi suficiente para promover renovação.

Os dois galpões empregam motores de indução, que estão operando abaixo de sua capacidade nominal.

O consumo de energia no galpão GIP foi menor que no galpão GFC, porém a quantidade em quilo de carne produzida foi maior, demonstrando, nesse caso, melhor eficiência das aves em converter o kg de ração em peso.

Poucos são os trabalhos com sistemas *Dark House* no Brasil. Os estudos são variáveis de acordo com a região onde os sistemas encontram-se instalados. Portanto, são necessários estudos mais aprofundados no assunto a fim de demonstrar quais materiais de vedação apresentam melhor eficiência e produtividade.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de Mestrado à autora.

REFERÊNCIAS

ABREU, V.M.N.; ABREU, P.G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, p.1-14, 2011.

ALBRIGHT, L. D. **Environment control for animals and plants**. Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 1990. 453p. (ASAE, 4).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual**, 2016. Disponível em www.abpa-br.com.br. Acesso em 02 de fev 2017.

BAÊTA, F.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269p.

BARACHO, M.S. et al. Ambiente interno em galpões de frango de corte com cama nova e reutilizada. **Revista Agrarian**, Dourados, v.6, n.22, p.473-478, 2013.

BARBOSA FILHO, J.A.D. et al. Mudanças e uso das Tabelas de Entalpia. Piracicaba, 2007. Disponível em <<http://www.nupea.esalq.usp.br>> Acesso em 09 de jan. 2017.

_____. Transporte de frangos: caracterização do microclima na carga durante o inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2442-2446, 2009.

BOIAGO, M.M. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.65, n.1, p.241-247, 2013.

- BUENO, L; ROSSI, L.A. Comparação entre tecnologias de climatização para criação de frangos quanto a energia, ambiência e produtividade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.497-504, 2006.
- BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
- COBB- Vantress. 2013. **Broiler Management Guide**. Arkansas: Cobb-Vantress USA, 73p. 2013.
- CORKERY, G., et al. Monitoring Environmental Parameters in Poultry Production Facilities. In: Computer Aided Process Engineering, CAPE Forum 2013, Graz University of Technology, 2013. p.7-10.
- FURTADO, D. A. et al. Efeitos de diferentes sistemas de acondicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2. p.484-489, 2006.
- _____. Índices de conforto térmico e concentração de gases em galpões avícolas no semiárido paraibano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.6, p. 993-1002, 2010.
- KNÍŽATOVÁ, M.; BROUČEK, J.; MIHINA, Š. Seasonal differences in levels of carbon dioxide and ammonia in broiler housing. **Slovak J. Anim. Sci**, v.43, n.2, p.105-112, 2010.
- LOURENÇONI, D. et al. Ambiente acústico e aéreo em galpão comercial para poedeiras *Dekalb Brown* cercados por tela PEAD. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.9, p.882-886, 2015.

LAVOR, C.T.; FERNANDES, A.A.O.; SOUZA, F.M Efeito de materiais isolantes térmicos em aviários no desempenho de frango de corte. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.39, n.2, p.308-306, 2008.

MEDEIROS, C.M. et al. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n.4, p. 277-286, 2005.

MENEGALI, I. et al. Influence of diferente systems of minimum ventilation on air quality in broiler houses. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.6, p.1024-1033, 2012.

MOURA, D. J. de. Ambiência da Produção de aves de corte. In: SILVA, I. J. O. da. (Org.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Jaboticabal: FUNEP, v.2, p. 75-149, 2001.

NÄÄS, I. A. et al. Ambiência aérea em alojamento de frangos de corte: poeira e gases. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.326-335, 2007.

NASCIMENTO, G. R. et al. Índice fuzzy de conforto térmico para frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n 2, p. 219- 229, 2011.

NAZARENO, A. C. et al. Caracterização bioclimática de sistemas ao ar livre e confinado para a criação de matrizes suínas gestantes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 314-319, 2012.

OBA, A. et al. Características produtivas e imunológicas de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com corno, criadas sob diferentes condições de ambiente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1186-1192, 2012.

OLANREWAJU, H.A. et al. Effect of ambiente temepature and light intensity on physiological reactions of heavy broiler chickens. **Poultry Science**, v.89, n.12, p.2668-2677, 2010.

ROCHA, H.P et al. Índices bioclimáticos e produtivos em diferentes galpões avícolas no semiárido paraibano. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.12, p.1130-1136, 2010.

SILVA, A. C. et al. Solos do topo da Serra São José (Minas Gerais) e suas relações com o paleoclima no Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.455-466, 2004.

SILVA, E.G. et al. Variabilidade espacial das características ambientais e peso de frangos de corte em galpão de ventilação negativa. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.1, p.132-141, 2013.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, n.3, p.06- 10, 2012.

THOM, E. C. Cooling degree: day air conditioning heating, and ventilating. **Transactions of the Society of Heating American**, Oxford, v. 55, n. 7, p. 65-72, 1958.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 12, n.1, p. 17-23, 2001.

TURCO, J.E.P.; FERREIRA, L.F.S.A.; FURLAN, R.L. Consumo e custo de energia elétrica em equipamentos utilizados em galpão de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.519-522, 2002.

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: 3/04/2016.