

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
MESTRADO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**COBERTURAS TÉRMICAS E CONVENCIONAIS PARA AVIÁRIOS
MATRIZEIROS QUANTO À AMBIÊNCIA E CONSUMO DE ENERGIA
ELÉTRICA**

Fernando Gomes de Oliveira

ANÁPOLIS – GOIÁS
OUTUBRO DE 2013

COBERTURAS TÉRMICAS E CONVENCIONAIS PARA AVIÁRIOS MATRIZEIROS QUANTO À AMBIÊNCIA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

FERNANDO GOMES DE OLIVEIRA

Orientadora: Prof^a. DSc. Roberta Passini

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás - UEG, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas de Anápolis como parte das exigências do Programa de Pós – Graduação em Engenharia Agrícola – Engenharia de Sistemas Agroindustriais, para obtenção do título de MESTRE.

ANÁPOLIS
GOIÁS

Oliveira, Fernando Gomes.

Coberturas térmicas e convencionais para aviários matrizeiros quanto à ambiência e consumo de energia elétrica. - 2013.

61 f. il.

Orientador: Profa. DSc. Roberta Passini.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Goiás. Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2013.

Bibliografia.

1. Ambiência. 2. Conforto térmico. 3. Telhas. 4. Produção de ovos. I. Título.

**COBERTURAS TÉRMICAS E CONVENCIONAIS PARA AVIÁRIOS
MATRIZEIROS QUANTO À AMBIÊNCIA E CONSUMO DE ENERGIA
ELÉTRICA**

Por

Fernando Gomes de Oliveira

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

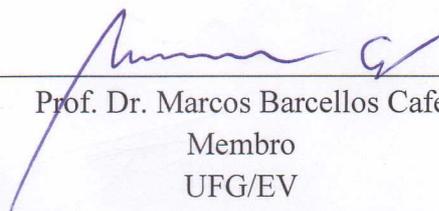
Aprovado em 30 / 10 / 2013



Profa. Dra. Roberta Passini
Orientadora
UEG/UnUCET



Prof. Dr. Elton Fialho dos Reis
Membro
UEG/UnUCET



Prof. Dr. Marcos Barcellos Café
Membro
UFG/EV

DEDICATÓRIA

À Deus, aos meus pais, Marlenir e Luiz Carlos.
Dedico com muito amor, carinho e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a Virgem Maria em nos abençoar todos os dias com muita saúde e fé na certeza de que sempre conseguiremos o que buscamos com muita força de vontade.

Aos meus pais, pela confiança e carinho depositados ao longo da minha vida.

Minhas irmãs e namorada, pelo carinho, colo, sorrisos, palavras de ânimo e coragem.

Professora Roberta Passini, pela orientação, amizade, parceria, paciência, e ainda, pelo respeito e ética profissional.

Wanessa Mesquita Godoi, bolsista do projeto, pela cooperação ativa nas análises dos dados e na condução dos experimentos em Rio Verde/GO.

Sarah, colaboradora do projeto, pela ajuda na visita técnica para as instalações dos equipamentos em Rio Verde/GO.

Aos colegas, Marcio, Pedro Henrique, Vandoir e outros, pela convivência em disciplinas em comum e trabalhos realizados.

Ao Sr. Valdeir, pela ajuda na montagem da estação meteorológica portátil.

A Coordenação do PMEA e especialmente a Eliete (PMEA) pela dedicação e presteza junto aos alunos e ao programa de mestrado.

A BRF e Fazenda Ypê em Rio Verde/GO em especial o Sr. Adelir, Marcelo e João Argenta pela disponibilização dos aviários, aves e suporte técnico local para a realização deste projeto.

A Isoeste, representada pelo Senhores Alceu e Mario Forlin, Amélio Benedetti e Sergio Bandeira pela parceria e financiamento do projeto.

A Basf, Senhores Julio Meyer e Thiago Barbosa no fornecimento da matéria prima EPS para a fabricação das telhas térmicas da Isoeste.

Enfim, a todas as pessoas que contribuíram para a conclusão do projeto.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1. AVICULTURA NO BRASIL.....	15
3.2. CONFORTO TÉRMICO ANIMAL.....	17
3.2.1. Respostas fisiológicas e comportamentais das aves.....	19
3.3. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO.....	21
3.3.1. Temperatura do ar ou temperatura de bulbo seco (Tbs).....	22
3.3.2. Umidade relativa (UR).....	23
3.3.3. Velocidade do vento (Vv).....	23
3.3.4. Temperatura de globo negro (Tgn).....	24
3.3.5. Carga térmica radiante (CTR).....	24
3.3.6. Temperatura média radiante (TMR).....	25
3.3.7. Índice de temperatura e umidade (ITU).....	26
3.3.8. Índice de temperatura e globo negro (ITGU).....	26
3.3.9. Entalpia (H).....	27
3.4. IMPORTÂNCIA DA COBERTURA EM INSTALAÇÕES AGRÍCOLAS.....	28
3.5. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM INSTALAÇÕES AVÍCOLAS.....	30
4. MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1. LOCAL E INSTALAÇÕES.....	32
4.2. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	33
4.3. COLETAS DE DADOS CLIMÁTICOS.....	34
4.4. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO.....	36
4.5. AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELETRICA.....	37
4.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6. CONCLUSÕES	53
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

LISTA DE QUADROS E TABELAS

TABELA 1 - Médias da Temperatura de globo negro (Tgn), Temperatura de bulbo seco (Tbs) e Umidade Relativa (UR), com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.....	41
TABELA 2 - Médias da Temperatura de globo negro (Tgn), Temperatura de bulbo seco (Tbs), Umidade Relativa (UR) e Entalpia (H), com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.....	43
TABELA 3 - Interações dos tratamentos entre os horários dos dias para Temperatura de Globo Negro (°C), Temperatura de bulbo seco (°C), Umidade Relativa (%), Índice de temperatura e Umidade, Índice de Temperatura de Globo e Umidade, Índice de Temperatura Efetiva (°C) e Carga Térmica Radiante ($W.m^{-2}$).....	46
TABELA 4 - Médias do consumo de energia elétrica nos diferentes galpões e para as diferentes estações do ano, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.....	51

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Estados exportadores de carne de frango em 2012 (% e ton).....	15
FIGURA 2 - Série histórica de exportações de carne de frango do Brasil, em mil ton.....	16
FIGURA 3 - Representação esquemática da zona de termoneutralidade.....	18
FIGURA 4 – Foto Satélite dos Galpões experimentais.....	33
FIGURA 5 - Croqui dos galpões com as estações de coleta de dados localizadas.....	34
FIGURA 6 - Equipamentos instalados no interior dos galpões com identificação dos três pontos de coletas de dados, estações de coleta.....	35
FIGURA 7 - Equipamento utilizado para registrar o consumo de energia elétrica.....	38
FIGURA 8 - Equipamento de medição de consumo de energia detalhado.....	38
FIGURA 9 – Valores médios da temperatura de globo negro, ao longo do dia, para os diferentes tratamentos.....	47
FIGURA 10 – Médias da temperatura de bulbo seco, ao longo do dia, para os diferentes tratamentos.....	48
FIGURA 11 – Médias do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade ao longo do dia para os diferentes tratamentos.....	49
FIGURA 12 – Valores médios da carga térmica radiante, nos horários do dia para os tratamentos.....	50

RESUMO

O Brasil é um país de clima predominantemente tropical, fato que leva os índices térmicos sejam desconfortáveis na grande maioria das instalações para produção de aves. Desta forma, o trabalho teve como objetivo avaliar o ambiente térmico, em três seções de galpões avícolas matrizeiros comerciais com diferentes coberturas em duas estações do ano. Foram utilizados dois aviários matrizeiros de produção de ovos, durante os meses de dezembro/2012 a maio/2013, situado no município de Rio Verde, Goiás. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, com arranjo fatorial de tratamentos 2x3, sendo dois modelos de galpões (térmico e convencional) e três pontos ou seções dentro de cada galpão (inicial, central e final), durante 182 dias, não consecutivos, tendo os dias como repetições. Para análise do consumo de energia em duas estações do ano, foi utilizado o mesmo delineamento, com arranjo de tratamentos 2x2, sendo dois modelos de galpões (térmico e convencional) e duas estações do ano (verão e outono), tendo 48 dias, não consecutivos, como repetições. O ambiente térmico foi avaliado através de índices de conforto térmico: Índice de Temperatura e Umidade, Índice de Temperatura Globo Negro e Umidade, Carga Térmica de Radiação e entalpia, calculada através da mensuração das variáveis ambientais: temperatura e umidade relativa do ar, temperatura de globo negro, ponto de orvalho, radiação solar e velocidade do vento. Foi avaliado o consumo de energia elétrica através de medidores individuais para cada galpão. Os dados foram analisados pelo programa SisVar 5.1., através da análise de variância, sendo o teste de Scott Knott usado para a comparação das médias, considerando um nível de significância de 1% e 5%. Os resultados mostram que houve diferença estatística entre os galpões e os pontos avaliados ($P < 0,01$). O galpão térmico apresentou os valores menores para as variáveis ambientais (T_{bs} e T_{gn}) e para os índices térmicos estudados, porém, maiores valores para a UR, em comparação ao galpão convencional. Foi observada diferença estatística para o consumo de energia elétrica entre galpões ($P < 0,05$), mas não entre as estações do ano. O galpão convencional apresentou menor consumo de energia elétrica comparado ao galpão térmico, contudo, o manejo de cortinas pode ter influenciado este resultado.

Palavras Chaves: ambiência, conforto térmico, telhas, energia elétrica.

ABSTRACT

Brazil is a country of predominantly tropical climate, a fact that leads to uncomfortable thermal indices in most installations for poultry production. Thus, the study aimed to evaluate the thermal environment in three sections of commercial broilers breeders houses with different coverages, and consumption of electricity in two seasons. Was used two broilers breeders of egg production during the months of December 2012 to May 2013, located in the municipality of Rio Verde, Goiás. The experimental design was completely randomized in split plots with factorial arrangement of treatments 2x3 to evaluate sections of the sheds, two models sheds (thermal and conventional) and three points or sections within each sheds (initial, middle and final) for 182 days, not consecutive, having the days as replicates. For analysis of energy consumption in two seasons, it was used the same design with treatments arranged 2x2, two models sheds (thermal and conventional) and two seasons (summer and autumn) having 48 days, not consecutive like repetitions. The thermal environment was assessed through thermal comfort indices: Index Temperature and Humidity, Index Temperature Black Globe Humidity, Radiation Heat Load and enthalpy, calculated by measuring the environmental variables: temperature and air relative humidity, black globe temperature, dew point, solar radiation and wind speed. Was evaluated the intake of energy through individual meters for each poultry house. The data was analyzed by SISVAR 5.1., through the analysis of variance, the Scott Knott test used to compare the means, considering a significance level of 5%. There was statistical difference between the sheds and the points assessed ($P < .05$). The shed thermic showed lower values for the environmental variables (T_{bs} and T_{gn}) and for thermal indices studied, however, showed larger values for the UR compared to conventional shed. Statistical difference was observed for consumption of electricity between sheds ($P < 0.01$), but not between seasons. The conventional shed presented lower power consumption compared sheds thermic, however, the management of curtains may be influenced this result.

Keywords: ambience, thermal comfort, roof tiles, electricity.

1. INTRODUÇÃO

A avicultura no Brasil tem grande importância no mercado internacional e nacional, em destaque o forte dinamismo produtivo e comercial da avicultura de corte, emprega mais de 3,6 milhões de pessoas, direta e indiretamente, e responde por quase 1,5% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Neste contexto, as granjas matrizeiras tem o papel fundamental de abastecimento de ovos para os incubatórios, e estes abastecerem as granjas de frango de corte (UBABEF, 2013).

Segundo a União Brasileira de Avicultura, no relatório anual de 2013, a produção de carne de frango chegou a 12,645 milhões de toneladas em 2012, em uma redução de 3,17% em relação a 2011. O Brasil manteve a posição de maior exportador mundial e de terceiro maior produtor de carne de frango, atrás dos Estados Unidos e da China. Do volume total de frangos produzido pelo país, 69% foi destinado ao consumo interno, e 31% para exportações. Com isto, o consumo per capita de carne de frango atingiu 45 quilos por pessoa. Os embarques de 3,918 milhões de toneladas em 2012 representaram uma redução de 0,6% em relação a 2011.

Conforme Abreu e Abreu (2004), os aviários implantados no Brasil apresentam forte influência da indústria de equipamentos existentes nos países de clima temperado (USA e Europa). Esse fato, associado a pouca observância nas fases de planejamento e concepção arquitetônica, por razões econômicas de curto prazo ou mesmo por desconhecimento, sem os ajustes necessários ao bioclima local, resultam em instalações que geram desconforto térmico, aumento de incidência de doenças ligadas à perda da qualidade do ar e da dependência energética.

Segundo Barbosa Filho (2004), os levantamentos preliminares mostram que a maioria dos aviários no país são climatizados com recursos naturais e/ou artificiais, normalmente mal isolados e com diversos erros de concepção, implantação e construção, resultando em um enorme índice de consumo de energia. Diante dessa constatação, não é surpresa encontrar altas taxas de mortalidade no período final de criação, depressão dos índices de produtividade (ganho de peso e conversão alimentar), bem como, o aumento dos gastos com energia elétrica nos períodos quentes do ano. O conforto animal, até a alguns anos atrás, era visto como um problema secundário. Presumia-se que o desconforto térmico seria resolvido com o uso de condicionamento artificial, sem considerar os custos e problemas de implantação de um sistema. Porém, nas últimas décadas, a preocupação com o conforto

animal vem crescendo notoriamente, principalmente quando associado às respostas fisiológicas como indicadoras do conforto animal (SILVA, 2001).

Segundo Ferreira (2005) a temperatura ambiente indicada para poedeiras e matrizes deve variar entre 15 a 28 °C, nos primeiros dias de vida a temperatura deve ficar entre 33 a 34 °C, dependendo da umidade relativa do ar, que pode variar de 40 a 80%. Salgado (2007) diz que, as matrizes pesadas fêmeas, em fase de postura, por serem maiores e com metabolismo mais intenso, são menos tolerantes ao calor do que as aves leves, portanto precisam de mais cuidado em relação ao conforto térmico.

Considerando os conceitos da bioclimatologia, as telhas e os materiais da cobertura são um dos principais fatores que influenciam a carga térmica de radiação (SILVA e SEVEGNANI, 2001). Para Nããs et al. (2001) o telhado é o elemento construtivo mais significativo em uma instalação avícola, quanto ao controle da radiação solar incidente.

Com relação ao efeito da temperatura nas aves de postura, diversos trabalhos mostram a existência de uma zona de conforto térmico, na qual é conveniente que o animal esteja. Entretanto, a determinação da zona de conforto térmico envolve o conhecimento e as interações de muitas variáveis que podem influenciar nesse processo (umidade, manejo, ventilação, instalações, etc). Atualmente, estudos são realizados no sentido de se reduzir o estresse calórico. Porém, há uma necessidade de se associar o ambiente ao potencial genético das poedeiras (Silva, 2001), além da necessidade de se avaliar diferentes materiais de cobertura e sistemas de acondicionamento térmico (BAÊTA e SOUZA, 2010; TINÔCO, 2001; SILVA, 1990; MORAES, 1999; SEVEGNANI et al, 1994).

2. OBJETIVOS

Avaliar o consumo de energia e o ambiente térmico, em três seções de galpões avícolas matrizeiros comerciais com diferentes coberturas durante o verão e outono.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. AVICULTURA NO BRASIL

A avicultura industrial brasileira é a atividade agropecuária que possui maior tecnificação. A atividade assegura ao País posição de destaque no cenário mundial. Ela está entre as mais desenvolvidas do mundo e é uma indústria que movimentava milhões, gera empregos e promove saldo positivo na balança comercial.

A produção de carne de frango chegou a 12,645 milhões de toneladas em 2012, em uma redução de 3,17% em relação a 2011. O Brasil manteve a posição de maior exportador mundial e de terceiro maior produtor de carne de frango, atrás dos Estados Unidos e da China. Do volume total de frangos produzido pelo país, 69% foi destinado ao consumo interno, e 31% para exportações. Com isto, o consumo per capita de carne de frango atingiu 45 quilos por pessoa. Os embarques de 3,918 milhões de toneladas em 2012 (UBABEF, 2013).



FIGURA 1. Estados exportadores de carne de frango em 2012 (% e ton).

FONTE: UBABEF (2013).

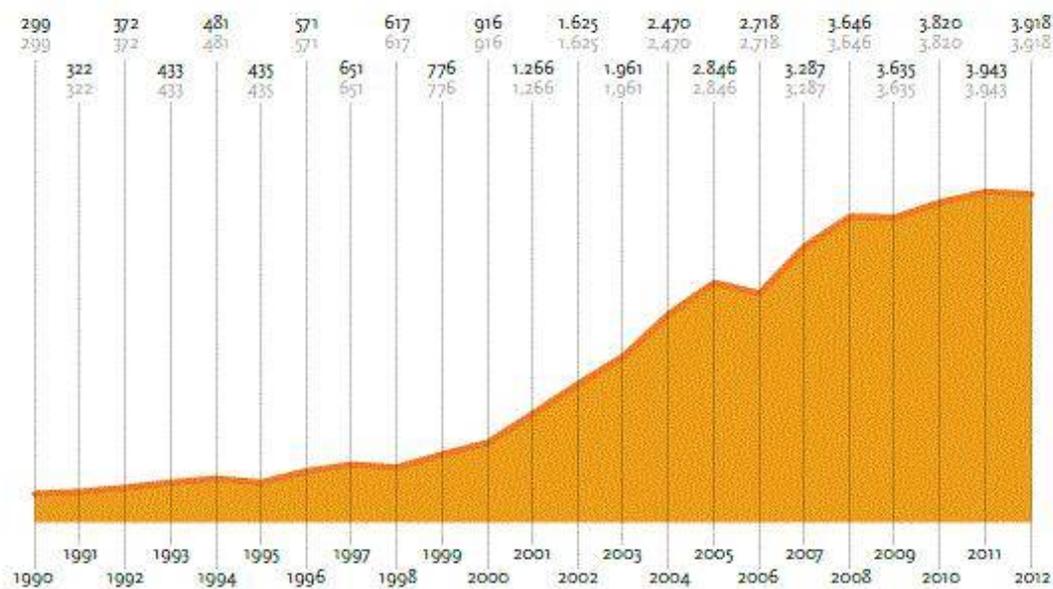


FIGURA 2. Série histórica de exportações de carne de frango do Brasil, em mil ton.

FONTE: UBABEF (2013).

Nos últimos 10 anos houve um aumento de 3546 mil toneladas de carne de frango exportada. Dentro do *mix* de produtos, as exportações de cortes somaram embarques de 2,143 milhões de toneladas (+3,7%) e receita cambial de US\$ 4,3 bilhões (-4,1%). Nos outros produtos os embarques foram de 177 mil toneladas, com uma receita de US\$ 491,7 milhões. O Oriente Médio se manteve como a principal região de destino da carne de frango brasileira, ao importar 1,396 milhões de toneladas em 2012, com pequena retração de 1,2% em relação ao ano anterior. Para a Ásia as exportações foram de 1,137 milhões de toneladas, com redução de 0,5%, crescimento em queda de 8,7%. No caso da África, o terceiro maior mercado de destino em volumes, as encomendas foram de 598 mil toneladas (+20%), crescimento de 19%. A União Europeia respondeu por compras de 448,4 mil toneladas, ou 8,2% a menos que o verificado em 2011. Para os países das Américas, o Brasil exportou 216,7 mil toneladas de carne de frango, 25,2% menor na comparação com o ano anterior. Para os países da Europa, com exceção da União Européia, os embarques foram de 118 mil toneladas, o que representa ou um aumento de 10% em relação a 2012.

3.2. CONFORTO TÉRMICO ANIMAL

O conforto animal há até alguns anos atrás, era visto como um problema secundário. Porém, na última década, a preocupação com o conforto animal conquistou um espaço de

importância na produção de aves, principalmente quando associado às respostas produtivas como indicadores do conforto animal, fazendo com que a empresa tome decisões relativas à adoção de concepções arquitetônicas e manejos inovadores, associados aos sistemas de acondicionamento natural ou artificial (TINÔCO, 2001).

Segundo Silva (2001) zona de conforto é aquela em que o animal pode expressar o seu potencial máximo produtivo e a temperatura corporal é mantida com a mínima utilização de mecanismos termorreguladores.

De acordo com Sousa (2002), para a implementação do ambiente adequado para o animal é preciso conhecimento dos fatores que definem esses parâmetros. O ambiente externo ao animal compreende os fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que interagem com ele, produzindo reações em seu comportamento e definindo o tipo de relação animal-ambiente. Dentre estes, os elementos climáticos incluem temperatura, umidade relativa, movimentação do ar e radiação e são tidos entre os mais relevantes, por exercerem ação direta e imediata sobre as respostas comportamentais, produtivas e reprodutivas dos animais (BAÊTA e SOUZA, 2010).

O ambiente térmico influencia o desempenho zootécnico, sendo um dos principais responsáveis pelas perdas produtivas nas regiões de clima tropical, que são potencialmente de elevada magnitude, pois abrangem perdas diretas e indiretas (SALGADO e NÄÄS, 2010).

Em regiões tropicais, a temperatura e a umidade do ar são dois dos principais fatores ambientais que afetam o conforto térmico das aves, sendo limitações para uma ótima produção (MACARI e FURLAN, 2001).

Conforme a Figura 1, dentro da zona de termoneutralidade existe uma zona representando o conforto térmico, faixa ótima para o desempenho e saúde animais. Anterior e posterior a ela existem as zonas de temperatura crítica inferior (h_i) e temperatura crítica superior (h_s), onde ocorrem pequenas perdas no desempenho (perdas normais de 1 a 2%), que não justificam o investimento em manejo ambiental como, por exemplo, a construção de instalações especializadas. A partir das temperaturas crítica inferior e superior, são caracterizadas as zonas de desconforto térmico animal ou estresse térmico.

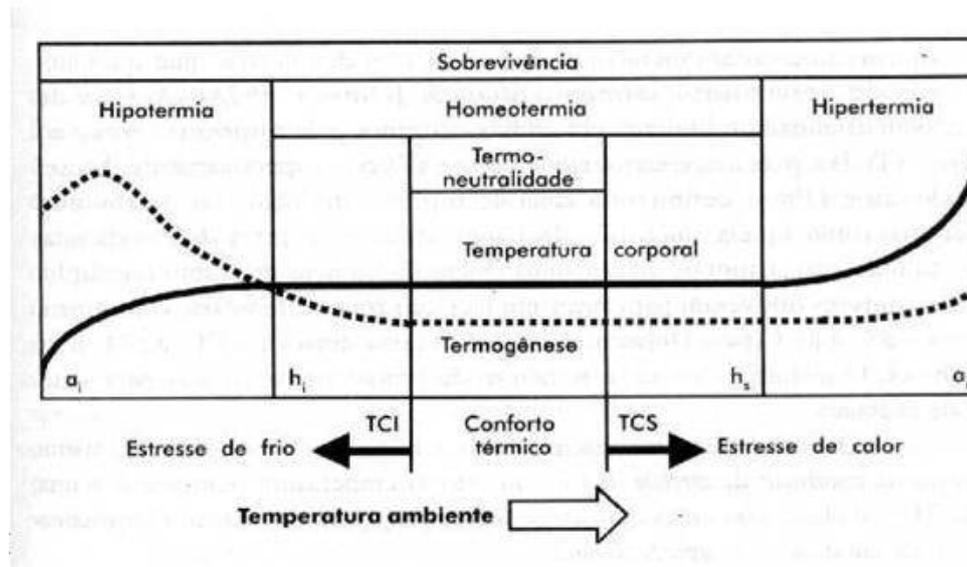


FIGURA 3. Representação esquemática da zona de termoneutralidade.

Fonte: Adaptado de BACCARI JÚNIOR (1998).

O estresse térmico nas aves pode acarretar diminuição da ingestão de alimento e das atividades físicas, além de perdas na produção, tais como diminuição na quantidade de ovos produzidos, aumento dos ovos com má formação e até o óbito das aves. As tipologias dos galpões e os materiais utilizados principalmente na cobertura são determinantes para uma condição térmica adequada com vistas à produção de aves. O calor gerado pelas aves e aquele proveniente da radiação solar, são as duas fontes principais de calor no interior dos edifícios (VITORASSO e PEREIRA, 2009).

O desconforto térmico em aves de postura provoca uma série de consequências intimamente ligadas à queda no consumo de ração, menor taxa de crescimento, maior consumo de água, aceleração do ritmo cardíaco, alteração da conversão alimentar, queda na produção de ovos e maior incidência de ovos com casca mole (TINÔCO, 2001; SILVA et al., 2005; JÁCOME et al., 2007).

Furtado et al. (2010) em seus estudos concluíram que, os aviários que apresentam índices bioclimáticos elevados, principalmente no período diurno causando situação de desconforto térmico aos animais, sofreram influencia negativa sobre o desempenho produtivo das aves mais velhas, que tiveram menor produção de ovos, contudo, não afetaram a taxa de eclosão.

De acordo com Medeiros (2001), de forma geral, a faixa de Temperatura de bulbo

seco, Umidade Relativa e Velocidade do vento, que resultam em melhor desempenho animal, ocorrem entre 21°C e 27°C; 50% e 70%, e 0,5 m.s⁻¹ a 1,5 m.s⁻¹, respectivamente.

3.2.1. Respostas fisiológicas e comportamentais das aves

As aves são animais homeotermos, ou seja, possuem a capacidade de manter a temperatura corporal dentro de uma faixa estreita de temperatura. Para que esse controle aconteça as aves utilizam mecanismos fisiológicos e comportamentais.

A temperatura corporal de uma ave oscila em torno de uma faixa de 41°C, e o controle desta temperatura se faz através das trocas de calor com o meio. Se uma ave se encontra em condições de temperatura e umidade elevadas, terá sérias dificuldades de perder ou trocar calor com o ambiente, ocasionado, assim, um aumento da temperatura corporal (SILVA, 2000).

Em altas temperaturas, as aves reagem consumindo menos ração, bebendo mais água, aumentando a frequência respiratória e experimentando diferentes posicionamentos de pernas, entre outros, conforme Baêta e Souza (2010). De acordo com o manual de manejo de frangos de corte da linhagem COBB 500, o consumo de água deve ser aproximadamente 1,6 a 2 vezes o consumo de ração por massa, mas pode variar dependendo da temperatura do ambiente, qualidade da ração e saúde das aves.

Segundo Medeiros (2001), as aves em estresse por calor ficam agitadas; se dispersam para aumentar a dissipação do calor corporal para o ambiente; têm a temperatura retal e a da pele aumentada; abrem as asas aumentando a área de dissipação de calor; diminuem o consumo de ração com o objetivo de reduzir a produção de calor metabólico; e, conseqüentemente, têm o ganho de peso prejudicado. As aves também param de se movimentar, ficando ofegantes, prostradas, e têm a frequência respiratória cada vez mais aumentada, chegando a 130 respirações.min⁻¹, com o intuito de dissipar mais calor.

Entre as respostas fisiológicas e comportamentais, compensatórias das aves, quando expostas ao calor, inclui-se a vasodilatação periférica, na tentativa de aumentar a dissipação do calor, a ave eriça as penas e intensifica a circulação periférica. A perda de calor não evaporativo pode também ocorrer com o aumento da produção de urina, se esta perda de água for compensada pelo maior consumo de água fria (BORGES et al, 2003).

A produção de calor é medida pelo consumo de oxigênio. Quanto maior o consumo de oxigênio, maior será a produção de calor. A quantidade de calor produzido pelos animais é influenciada pela fisiologia, comportamento, nível de desempenho, manejo e pela temperatura ambiente (FERREIRA, 2005).

Macari (2007) diz que aves em estresse calórico, ativam os processos evaporativos de perda de energia (evaporação respiratória) para o ambiente, processo chamado de perda de calor latente. Para tanto, haverá necessidade da presença de gotículas de água, ou sobre a pele, ou mais comumente, sobre a superfície das mucosas. Como nas aves não há sudorese, pois as mesmas não têm glândulas sudoríparas, o processo de perda de calor dependerá da perda evaporativa respiratória, por isso, quando a temperatura interna das aves aumenta, a mesma é acompanhada de aumento da frequência respiratória, retirando calor do organismo. No entanto, com aumento da atividade dos músculos respiratórios, poderá induzir alteração do pH do sangue (alcalose respiratória). Dessa forma, o estresse pelo calor estará alterando parâmetros sanguíneos relevantes, os quais podem causar a morte da ave.

As perdas por condução, convecção e radiação são chamadas de trocas sensíveis, uma vez que, para ocorrerem, elas dependem de um diferencial de temperatura entre a superfície corporal das aves e a temperatura ambiente. Consequentemente, quanto maior for essa diferença, mais eficientes serão essas trocas. Sendo assim, para aumentar as trocas de calor com o ambiente, as aves se agacham, mantém as asas afastadas do corpo, a fim de aumentar ao máximo a área de superfície corporal, e também aumentam o fluxo de calor para as regiões periféricas do corpo que não possuem cobertura de penas (crista, barbeta e pés) (MACARI e FURLAN, 2001).

Quinteiro Filho (2008) constatou menor peso relativo à carcaça de órgãos linfóides de frangos de corte de 42 dias de idade, quando submetidos a altas temperaturas, quando comparados a animais mantidos em ambiente termoneutro. A modificação do metabolismo animal é causada pela glândula tireóide, que sintetiza os hormônios triiodotironina (T3) e tiroxina (T4), responsáveis pelo controle da produção de calor e metabolismo celular dos animais, sendo o hormônio T3 mais ligado com a termogênese (perda de calor) (LIN et al., 2006; CHEN et al., 1994; DAHLKE et al. (2005). Entretanto, as concentrações desses hormônios no plasma sanguíneo dependem não somente da temperatura ambiental, mas também da linhagem das aves.

Os hormônios tireoideanos têm sido considerados os mais importantes no controle dos processos metabólicos das aves, influenciando o crescimento e a eficiência alimentar, o

consumo de oxigênio, a síntese e o metabolismo de proteínas, carboidratos e lipídeos, assim como a termogênese e a composição corporal (LAWRENCE e FOLLER, 1997).

Segundo Curtis (1983), existe uma relação inversa entre a atividade da tireóide e a temperatura ambiente em várias espécies. avaliando o efeito da temperatura nas concentrações de hormônios T3 e T4 no plasma sanguíneo de aves de corte observaram uma redução significativa nos níveis plasmáticos de T4 quando criadas sob condições de calor, aos 35 dias de vida, e em condições de alta e baixa temperatura aos 42 dias de idade.

Temperaturas ambientais elevadas podem causar várias mudanças fisiológicas adaptativas, como a modificação no tamanho dos órgãos. Oliveira Neto et al. (2000) verificou redução no peso absoluto de coração, fígado, moela, proventrículo, intestino e pulmões e no peso relativo de coração, fígado, moela e intestinos em razão do estresse de calor. Lana et al. (2000) encontraram redução de 4,4% no peso do fígado de aves mantidas em ambiente quente (32°C), em comparação às aves mantidas em ambiente termoneutro.

Siqueira (2007) relataram aumento linear da temperatura retal de frangos de corte com o aumento da temperatura ambiente (aumento de 0,03°C na temperatura retal para o aumento de 1°C na temperatura ambiente), no intervalo de temperatura testado (18,5 e 27 °C).

3.3. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

As instalações devem ser planejadas de modo a proporcionarem as melhores condições possíveis de conforto térmico aos animais. Com o objetivo de determinar níveis de conforto térmico, nas condições ambientais, diversos índices têm sido desenvolvidos. Esses índices são dependentes de vários parâmetros interrelacionados, denominados parâmetros de conforto. Dentre eles, os parâmetros ambientais mais importantes são a temperatura, a umidade relativa do ar, a velocidade dos ventos e a radiação do ambiente, a qual pode ser caracterizada pela temperatura radiante média e/ou pelas temperaturas superficiais dos elementos que circundam o ambiente (MARTA FILHO, 1993).

Os índices de conforto térmico, segundo Moura e Nããs (1993), apresentam, em uma única variável, tanto os fatores que caracterizam o ambiente térmico que circunda o animal, como o estresse que tal ambiente possa estar exercendo sobre ele. De acordo com Baêta e Souza (2010) os índices de conforto térmico são utilizados para quantificar e qualificar o desconforto térmico animal, que por sua vez, pode estar relacionado às respostas de

desempenho produtivo das aves, sendo um método de avaliação indireto e relativamente prático.

Uma classificação dos índices de conforto térmico foi proposta por Nããs (1989), de acordo com a maneira com que eles foram desenvolvidos:

- Índices biofísicos: são aqueles baseados nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos de conforto com as trocas de calor que os originam;
- Índices fisiológicos: são aqueles que se baseiam nas relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura ambiente, temperatura radiante média, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos;
- Índices subjetivos: são os que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto, experimentadas nas condições em que os elementos de conforto térmico variam.

3.3.1. Temperatura do ar ou temperatura de bulbo seco (Tbs)

Para regiões predominantemente quentes, como o estado de Goiás, a edificação deve contribuir no sentido de minimizar a diferença entre as temperaturas externas e internas das instalações.

A temperatura do ar é a principal variável do conforto térmico. A sensação de conforto baseia-se na perda de calor do corpo pelo diferencial de temperatura entre o animal e o ambiente, complementada pelos mecanismos termorreguladores. O calor é produzido pelo corpo através do metabolismo e sua perda é menor em temperaturas elevadas do que em temperaturas mais baixas (GOMES et al 2007).

Devido a sua fácil obtenção e uso, a temperatura ambiente destaca-se como um indicador das condições térmicas ambientais, além de servir como base para determinar as características climáticas regionais, através do estudo das médias durante determinado período (JENTZSCH, 2002).

O conhecimento das frequências de ocorrência de determinados níveis de temperatura do ar em uma região serve de base para determinar em que medida as características médias do clima se afastam das condições de conforto.

3.3.2. Umidade Relativa (UR)

Em climas tropicais e subtropicais, a alta intensidade de radiação incidente e os elevados valores de temperatura e umidade relativa (UR) do ar representam condições de desconforto térmico, no interior das instalações, que podem restringir o desenvolvimento e a reprodução dos animais (OLIVEIRA et al., 1995).

A zona de conforto do animal varia de acordo com a idade. Na idade de 1 a 7 dias, a conforto está entre 31°C e 33°C; para a idade de 35 a 42 dias a temperatura de conforto estaria entre 21°C e 23°C. Estes dados são válidos para UR de 65 a 70%, e nessas condições, os sistemas de regulação de temperatura do animal atuam com um menor gasto de energia, o que pode ser traduzidos em ganho de peso e conversão alimentar mais eficientes (MACARI, 1996).

Para SANTOS (2005), o aumento de umidade leva a uma piora na qualidade da cama (empastamento) comprometendo a perda de calor das aves por meio da evaporação por via respiratória e favorecem a decomposição microbiana do ácido úrico, ambos prejudiciais à produção avícola.

3.3.3. Velocidade do vento (V)

O vento pode ser definido como o movimento normal do ar, que ocorre em razão das diferenças de pressão causadas pela ação dinâmica do vento, ventilação dinâmica, ou devido às diferenças de temperatura entre dois meios considerados que ocasiona o deslocamento de massas de ar, ventilação térmica. É influenciado pela altitude, pela topografia e pela rugosidade do solo. Regiões de topografia acidentada desviam o vento alterando sua direção e velocidade, ou podem canalizá-lo, aumentando então sua velocidade. Sua fluidez permite que sua trajetória seja comparada à trajetória das águas pluviais (GOMES et al 2007).

A ventilação é um meio eficiente de reduzir a temperatura dentro das instalações avícolas e de renovar a oxigenação do ambiente por aumentar as trocas térmicas de convecção (SEVEGNANI et al 2001). Para RONCHI (2004), a falta de ventilação pode ocasionar o aumento da umidade relativa do ar, aumento na concentração de gases tóxicos como amônia e dióxido de carbono, aumento na concentração de poeira e baixa concentração de oxigênio disponível. Por outro lado, o excesso de ventilação pode causar diminuição da temperatura ambiental, excesso de corrente de ar sobre as aves, descompensação metabólica e aumento do custo operacional.

Um fator que tem influência na ventilação natural das instalações avícolas é a dimensão das mesmas, o qual depende da relação entre a altura do pé direito e a largura do galpão. (TINÔCO, 2001).

A ventilação artificial é produzida por ventiladores, sendo utilizada sempre que as condições naturais de ventilação não proporcionam adequada movimentação do ar ou abaixamento de temperatura, podendo ser realizada de duas formas: por ventilação de pressão positiva ou de pressão negativa (MIRAGLIOTA, 2005).

3.3.4. Temperatura de globo negro (T_{gn})

A temperatura de globo negro indica o efeito combinado da radiação, da temperatura absoluta do ar e da velocidade do ar, três dos mais importantes fatores que afetam o conforto animal (BOND e KELLY, 1955). O termômetro de globo negro padrão é constituído de uma esfera de cobre, com 0,15 m de diâmetro e espessura de parede de 0,5 mm, pintado externamente com duas camadas de tinta preta fosca, tendo em seu centro um sensor de temperatura. Como sensores são utilizados tanto o termômetro de bulbo de mercúrio como também os sensores.

3.3.5. Carga térmica de radiação (CTR)

A carga térmica radiante (CTR) é a radiação total recebida por um corpo de todo o espaço circundante. Do ponto de vista bioclimático, um dos principais fatores que influenciam a carga térmica radiante são os telhados, principalmente em decorrência dos materiais de cobertura (SILVA e SEVEGNANI, 2001).

Estudos recentes mostram que é necessário reduzir, além da CTR incidente sobre as coberturas, a CTR interna das instalações com materiais de cobertura que sejam bons refletores e bons absorventes (ABREU e ABREU, 2001). Em condições de regime permanente, esse índice expressa a radiação total recebida pelo globo negro e considera os efeitos da velocidade do vento e da temperatura ambiente.

Conforme Baêta e Souza (2010) a redução da carga térmica de radiação e dos efeitos danosos desta sobre o animal depende do material utilizado para a confecção da cobertura. Esta redução pode ser conseguida por meio de materiais de alto poder refletivo, com grande

inércia térmica e com propriedades isolantes. O uso de coberturas, independente do material, pode reduzir cerca de 30% ou mais a CTR, quando comparada à carga recebida pelo animal ao ar livre.

Dentre as possíveis estratégias para a redução da CTR no interior de instalações zootécnicas, pode-se fazer uso de diferentes materiais de cobertura (MORAES, 1999), inclinações de telhado (YANAGI JUNIOR et al., 2001), pinturas de telhado (TINÔCO, 2001) e uso de forros (COSTA, 1982; CAMPOS, 1986).

Segundo ESMAY (1979), a carga térmica de radiação CTR, que pode ser determinado pela equação de Stefan-Boltzmann, é um bom indicador do ambiente térmico, que, em condições de regime permanente, expressa a radiação total recebida pelo globo negro de todos os espaços ou partes da vizinhança.

3.3.6. Temperatura média radiante (TMR)

A temperatura média radiante (TMR), segundo BOND e KELLY (1955), é a temperatura de uma circunvizinhança considerada uniformemente negra para eliminar o efeito da reflexão, com a qual um corpo troca a mesma quantidade de energia que no ambiente considerado.

3.3.7. Índice de temperatura e umidade (ITU)

Segundo Medeiros et al (2005), até a década de 80 o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi o índice mais utilizado para avaliar o ambiente térmico animal. O ITU foi desenvolvido por Thom (1959), e relaciona os efeitos simultâneos da temperatura e umidade relativa do ar no desempenho dos animais (SILVA et al., 2010). Sendo que, de acordo com NÃÃS e SILVA (1998), esse é um dos parâmetros mais utilizados na avaliação do estresse animal.

A aplicação do ITU para aves foi adaptada por GATES et al. (1995), constatando as variações regionais do ITU nos EUA e utilizando um modelo matemático para condição térmica de construções para aviários, com e sem sistemas evaporativos por nebulização.

Devido à interferência das perdas de calor por ventilação, TAO e XIN (2003) adaptaram o ITU para frangos de corte em idade de abate, ponderando temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido e, posteriormente, informações sobre ventilação incorporadas ao ITU.

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

Para Baêta e Souza (2010), existem vários índices para quantificar e avaliar o ambiente térmico dos animais, porém nas condições ambientais em que os animais são expostos à radiação solar, um dos indicadores mais precisos de estresse é o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), sendo que esse índice, desenvolvido por Buffington et al. (1981), incorpora diretamente em um único valor, os valores de T_{bs} , UR, V e a radiação solar na forma de temperatura de globo negro (T_{gn}). Souza et al. (2002) descrevem que, ITGU no interior de instalações até 74 é considerado seguro e entre 74 e 78 exige cuidados especiais.

O ambiente térmico representado por temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e radiação, cujo efeito combinado pode ser quantificado pelo índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), afeta diretamente as aves e compromete sua função vital mais importante, que é a homeotermia (SARTORI et al., 2000). Esse índice foi desenvolvido com base no índice de temperatura e umidade (ITU), mas utiliza a temperatura de globo negro no lugar da temperatura de bulbo seco.

Segundo Lima (2005), valores altos de ITGU resultam em inibição do desenvolvimento produtivo das aves, o que é indesejável para indústria avícola. Entretanto, as limitações climáticas podem ser amenizadas a partir de um projeto de instalação adequado em conjunto com alimentação e manejo racional, bem como técnicas de modificações térmicas ambientais.

Os valores do ITGU atingem o máximo entre as 12 e 14 h (período mais quente do dia) devido à elevação da temperatura da vizinhança ao globo negro, principalmente pelas temperaturas do solo aquecido e superfície inferior da cobertura, que se elevam com o aumento da irradiação solar global (ROSA, 1984). Assim, o globo negro recebe mais calor do ambiente, o que acarreta elevação de sua temperatura e conseqüente acréscimo nos valores do ITGU.

Oliveira et al. (2000) avaliaram a influência do ambiente térmico, medido pelo Índice de Temperatura de Globo negro e Umidade do ar (ITGU), em frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade. O desempenho de frangos de corte apresentou uma resposta quadrática para a conversão alimentar com melhora para o ITGU de até 69 e aumento do ganho de peso corporal e consumo de ração para ITGU de 67 e 68, respectivamente, concluindo que ITGU maiores que 69 acarretam piora do desempenho entre 22 e 42 dias de idade dos frangos.

PIASENTIN (1984) ao estudar a influência do ITGU no desempenho de frangos de corte observou que, no período de quatro a sete semanas de idade, a variação do ITGU de 65 a 77 não influenciou o desempenho das aves, enquanto TINÔCO (1988) verificou que, valores de ITGU superiores a 75 causam desconforto nas aves acima de 15 dias de vida, sendo que a situação de estresse se agrava à medida que as aves se desenvolvem.

3.3.9. Entalpia (H)

A Entalpia (H), por definição, é a energia do ar úmido por unidade de massa de ar seco (Kcal/kg de ar seco ou kJ/kg de ar seco), ou seja, é uma variável física que indica a quantidade de energia contida em uma mistura de vapor d'água (PEREIRA, 2006). Segundo Albright (1990) citado por Nazareno et al. (2009), as trocas térmicas são alteradas com a modificação da umidade relativa do ar para uma mesma temperatura, em função da modificação da energia contida no ambiente.

A entalpia, calculada em função da T_{bs} (°C) e UR (%), apresenta seus limites considerados ideais para as aves entre 64 e 70 kJ.kg^{-1} de ar seco (BARBOSA FILHO et al, 2004).

3.4. IMPORTÂNCIA DA COBERTURA EM INSTALAÇÕES AVÍCOLAS

As tipologias dos galpões e os materiais utilizados principalmente na cobertura são determinantes para uma condição térmica adequada com vistas à produção de aves. O calor gerado pelas aves e aquele proveniente da radiação solar, são as duas fontes principais de calor no interior dos edifícios. Dentre as radiações que atuam dentro da instalação, a proveniente do telhado atua com maior intensidade constituindo a variável mais importante,

chegando a cerca de 75% da carga térmica da radiação solar incidente na cobertura transferida para o interior do galpão (TINÔCO, 2001; MORGAN, 1990).

Assim, é no telhado que a radiação solar atua com maior intensidade, sendo que o fluxo de calor que atravessa o mesmo no horário de pico de calor é da ordem de cinco vezes maior que aquele disperso no ambiente interno. Esse calor pode ser controlado pela ventilação adequada e o efeito da radiação pelo isolamento térmico (NÃÃS, 1989).

Segundo Tinôco (2001), as telhas mais utilizadas nos aviários são as de alumínio, cerâmica e amianto. Segundo Moraes (1999) e Moura (2001) a pintura do telhado com cores claras (branco), normalmente produz efeito positivo na redução da temperatura do meio abaixo dela e possui baixo coeficiente de absorção de irradiação solar.

A proteção contra a insolação direta de telhados pode ser feita com o uso de coberturas com alto poder reflectivo, de isolantes térmicos e de material de grande inércia térmica (ABREU e ABREU, 2005). Outras técnicas para melhorar o desempenho das coberturas, como o uso de isolantes sobre as telhas (poliuretano) e sob as telhas (poliuretano, poliestireno extrusado, eucatex, lã de vidro ou similares e alumínio), também são indicadas. Em razão do custo elevado, esses isolantes não têm sido utilizados em larga escala na avicultura. Atualmente, uma alternativa de forro utilizada nos aviários é a película de polietileno, por ser de baixo custo (ABREU, 2003).

De acordo com Sevegnani et al. (1994), as telhas de barro continuam sendo o melhor material a ser utilizado na cobertura de abrigos para animais, porém, devido ao seu alto custo (telhas e madeiramento), as telhas de alumínio ou as térmicas são uma boa opção, já que apresentam comportamento semelhante. A escolha deve ser feita com base na economicidade de cada uma. A telha de cimento amianto e a de zinco não são recomendadas por serem desconfortáveis, sendo que a última também causa estresse devido ao barulho das chapas de zinco. Em último caso podem ser usadas com pé direito alto, acima de 4 metros. A telha de fibra de vidro não deve ser usada por ser feita de material translúcido, deixando passar muita radiação solar.

Jácome et al. (2007) concluíram que, na fase de recria o galpão com cobertura de telhas cerâmicas apresentou, nos horários mais quentes do dia, melhor resultado na carga térmica de radiação, em comparação como galpão com cobertura de telha de cimento amianto, proporcionando melhor conforto térmico para poedeiras.

Conforme Peralta (2006), a radiação solar é a principal variável a interferir diretamente na superfície exterior dos materiais. O tratamento superficial e a seleção dos

materiais de revestimento influem no comportamento térmico do edifício e podem ajudar a reduzir a carga térmica. Em superfícies exteriores polidas ou pintadas em cores claras, ocorre reflexão de grande parte da radiação solar incidente, e, conseqüentemente, a redução da quantidade de energia absorvida. A cobertura, ao mesmo tempo em que recebe grande quantidade de calor, também irradia este calor acumulado, à noite. Essa propriedade varia conforme as características térmicas dos materiais e devem ser utilizadas conforme as estratégias climáticas mais adequadas em cada local. No entanto, o bom desempenho térmico das telhas depende da correta especificação, a qual por sua vez está atrelada às exigências prescritas em normas nacionais.

Em relação à resistência térmica total, segundo definição da ABNT (2003), “resistência térmica total (R_t ; unidade: $m^2.K/W$) é o somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais interna e externa”. Conforme o processo de transmissão de calor analisado é encontrado resistências térmicas diferentes: a resistência à transferência de calor por condução (que depende do coeficiente de condutividade) e por convecção (que depende do coeficiente de transferência de calor por convecção, interno e externo).

De acordo com Santos et al. (1993), Turco et al. (1994), Abreu et al. (1995), Tinôco (1996), Baêta e Souza (2010) e Zanolla (1999), para condições brasileiras, o sombreamento através de coberturas reduz entre 20 e 40% da carga térmica de radiação no interior de instalações para animais. Bond et al. (1961) mediram a radiação térmica recebida de várias partes da instalação que envolviam um animal à sombra e concluíram que 28% da carga térmica radiante provinha do céu, 21% do material de cobertura, 18% da área não sombreada e 33% da área sombreada. Assim, os autores concluíram que a quantidade de carga térmica de radiação, devido ao material de cobertura e sua sombra, detém mais de 50% da radiação térmica total.

No hemisfério sul, a orientação das coberturas deve ser realizada de maneira que o eixo da instalação esteja no sentido leste-oeste, a fim de minimizar a incidência direta do sol sobre os animais através das laterais da instalação, principalmente no verão, quando o sol percorre sobre a cumeeira da instalação, propiciando as aves melhor conforto térmico (TINÔCO e OSÓRIO., 2008, RESENDE et al., 2008).

3.5. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM INSTALAÇÕES AVÍCOLAS

A avicultura é uma atividade com alto consumo energético, porém, também tem a característica de produzir resíduos com considerável potencial energético, como a cama de frango que, ao ser processada de forma a disponibilizar essa energia, poderia contribuir para um equilíbrio energético nas operações que se desenvolvem dentro do galpão (SANTOS, 2004).

Levando em consideração a necessidade de tecnificação do sistema de produção das aves, o custo com a energia elétrica é considerado no preço final do frango, em função da necessidade de climatização, automação, visando produtividade e melhoria no bem estar do animal.

Para que não haja prejuízo no setor, é preciso que o produto faça um levantamento de todos os custos. A avicultura industrial necessita de um grau elevado de tecnificação, e isso quando não projetado, pode acarretar em prejuízos ao produtor (TELES, 2001).

Neste contexto, a automação e a adoção de novas tecnologias têm contribuído para a atividade com altos índices de produção, contudo, a implantação desses sistemas para garantir maior rendimento e produtividade demandam um maior consumo de energia. (ABREU e ABREU, 2001).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. LOCAL E INSTALAÇÕES

O experimento foi conduzido em aviários matrizeiros comerciais, SPO (Sistema de Produção de Ovos), que fazem parte do sistema de integração BRF - Granja Ipê, localizados no município de Rio Verde, Goiás, se situando nas coordenadas geográficas de 17°32'53"S e 50°54'53"W, pressão atmosférica de 1016 hPa. A classificação climática, segundo Köppen, é do tipo Aw, tropical chuvoso com inverno seco. No período obtivemos temperatura externas máximas e mínimas de 46,7 °C / 13,6 °C, umidade mínima e média de 25% / 85%, ventos máximos de 12,2Km/h e uma precipitação acumulada de 1.196mm.

Os galpões matrizeiros possuíam as dimensões de 224,30 m de comprimento e 12,30 m de largura e pé-direito de 2,54 m, divididos em quatro boxes simétricos de 110 m de comprimento x 6,15 m de largura, com capacidade total de 12.333 aves fêmeas e 1.333 aves macho por galpão, sendo que, geralmente um núcleo é composto por três galpões. O galpão térmico estava situado a 17°33'66"S e 50°43'21"W a uma altitude de 698 m, e o galpão convencional se situava a 17°35'06"S 50°42'47"W a uma altitude de 627 m, sendo que os mesmos estavam separados entre si por uma distância de 2.400 metros.

Os galpões estavam equipados com sistema de ventilação artificial, exaustão e sistema evaporativo nas mesmas quantidades e dimensões, alvenarias de tijolo furado e muretas laterais de 0,30 m, piso de concreto com cama de palha de arroz, tela de arame para fechamento lateral, cortinas laterais em lona plástica - automatizada; quatro linhas de comedouros automáticos com duas linhas de bebedouros tipo *nipple*, uma linha de ninhos automatizados, que abrigaram 6.166 aves fêmeas e 666 aves machos.

O sistema de climatização foi composto por ventilação em modo túnel (pressão negativa) com sete exaustores, tipo BF50 de 1,5CV e sistema de resfriamento evaporativo do tipo material poroso umedecido (*pad cooling*): contendo 02 placas de celulose de 8,5 m de comprimento e 1,84 m de altura, sendo a maior dimensão locada no sentido leste-oeste. A vegetação circundante foi utilizada renques de eucaliptos como quebra-ventos.



FIGURA 4. Foto Satélite dos galpões experimentais.

Fonte: Google Maps (2013).

4.2. TRATAMENTOS E DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS

Para a análise dos dados referentes às variáveis ambientais e índices de conforto térmico foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, com um arranjo fatorial de tratamentos 2x3, sendo dois modelos de galpões (térmico e convencional) e três pontos ou seções dentro de cada galpão (inicial, central e final), durante 182 dias, não consecutivos, tendo os dias como repetições.

Os galpões foram:

Térmico: cobertura com telhas térmicas composta de aço Galvalume® CSN e núcleo isolante em EPS (poliestireno expandido) com espessura mínima de 30 mm, com

características térmicas 0,033 W/m.K (ISOESTE®);

Convencional: cobertura em telhas de alumínio natural #0,50 mm, sem isolamento térmico, com características térmicas 218 W/m.K (ALCOA®).

As seções ou pontos avaliados foram:

Inicial: Sensores térmicos posicionados na entrada dos galpões (onde se localizam as placas evaporativas), região da linha central;

Central: na porção central dos galpões, linha central;

Final: na porção final dos galpões (onde se localizam os exaustores), linha central;

Para a análise dos dados de consumo de energia elétrica foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, com arranjo fatorial de tratamentos 2x2, sendo dois modelos de galpões (térmico e convencional) e duas estações do ano (verão e outono), tendo 48 dias, não consecutivos, como repetições.

Para a estação de verão foram considerados os dados coletados nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, e para o outono foram analisados os meses de março, abril e maio, ambos com 24 repetições, sendo as repetições os dias de coleta.



FIGURA 5A. Croqui dos galpões.

Fonte: Arquivo pessoal (2013).

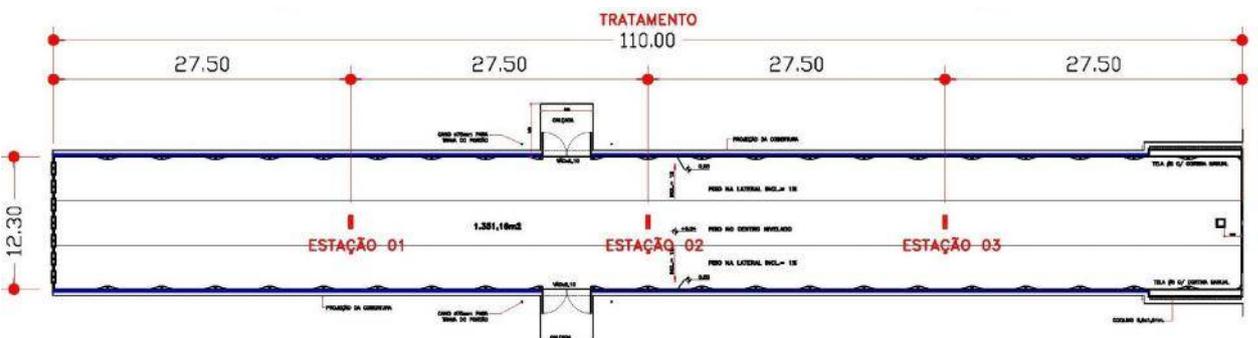


FIGURA 5B. Croqui da parcela de tratamento com os pontos de coleta de dados localizadas.

Fonte: Arquivo pessoal (2013).

4.3. COLETAS DE DADOS CLIMÁTICOS

A coleta de dados foi realizada durante os meses de dezembro de 2012 a maio de 2013, totalizando um período de seis meses.

Os dados climáticos foram coletados com auxílio de *Data Loggers* nos dois galpões experimentais, com 110 m de comprimento x 12,30 m de largura, e em três pontos dentro de cada galpão. Os sensores de coleta foram distribuídos no eixo central, com 27,5 m de distância entre eles sendo o inicial e final a uma altura de 0,6m da base dos ninhos e o central a uma altura de 1,20m do nível do piso, coletando as variáveis ambientais a cada 10 minutos.

Cada ponto de coleta foi composto pelos equipamentos: *Data Logger* H21-002, Sensor de umidade e temperatura (S-THB-M002), Sensor de temperatura do ar com bulbo molhado (S-TMB-M002-bulbo molhado), Sensor de temperatura com globo negro (S-TMB-M002), Sensor de direção e velocidade do vento (S-WCA-M003) e Sensor de radiação solar (S-LIB-M003). Os sensores de registro apresentam precisão de $\pm 0,2$ °C para temperatura do ar e $\pm 2,5\%$ para UR. O anemômetro tinha precisão de 0,5 m/s e a radiação solar foi medida por sensor de resolução de 1,25W/m².

Uma estação meteorológica portátil foi instalada na circunvizinhança dos galpões para a coleta das variáveis climáticas do ambiente externo.



FIGURA 6. Equipamentos instalados no interior dos galpões, com identificação dos três pontos de coletas de dados, estação 03 (final), estação 02 (central) e estação 01 (inicial).

Fonte: Arquivo pessoal (2013).

4.4. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

A partir dos dados de T_{bs} (Temperatura de bulbo seco), T_{bu} (Temperatura de bulbo úmido), T_{gn} (Temperatura de globo negro) e V (Velocidade do vento), foram calculados os índices de conforto térmico ITU (Índice de temperatura e umidade), ITGU (Índice de temperatura de globo e umidade), CTR (Carga Térmica de Radiação) e H (Entalpia), de acordo com as equações que se seguem de (1) a (5).

$$ITU = T_{bs} + (0,36.T_{po}) + 41,5 \quad (1)$$

Em que:

T_{bs} = temperatura de bulbo seco (°C);

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho (°C).

$$ITGU = T_{gn} + 0,36.T_{po} - 330,08 \quad (2)$$

Em que:

T_{gn} = temperatura de globo negro, K;

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho, K.

$$CTR = \dagger (TMR)^4 \quad (3)$$

Em que:

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

TMR = temperatura média radiante.

$$TMR = 100 \left[2,51\sqrt{V}(T_{gn} - T_{bs}) + \left(\frac{T_{gn}}{100} \right)^4 \right]^{\frac{1}{4}} \quad (4)$$

Em que:

V = velocidade do ar, m/s;

T_{bs} = temperatura de bulbo seco, K.

$$H = 6,7 + 0,243.T_{bs} + \left\{ \frac{UR}{100} \cdot 10^{\frac{7,5T_{bs}}{237,3+T_{bs}}} \right\} \quad (5)$$

Em que:

T_{bs} = temperatura de bulbo seco (°C);

UR = Umidade relativa, %.

Foi utilizado o software BHW-PRO da ONSET para compilação dos dados coletados pelos registradores para análise comparativa de índices de conforto térmico em diferentes horários.

4.5. AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

O consumo de energia elétrica foi medido pelo consumo de Kw em 24 dias, utilizando-se um medidor de consumo de energia elétrica, Trifásico, padrão CELG, Modelo T8L 30-200A, instalados individualmente em cada galpão de estudo.



FIGURA 7. Equipamento utilizado para registrar o consumo de energia elétrica.

Fonte: Arquivo pessoal (2013).

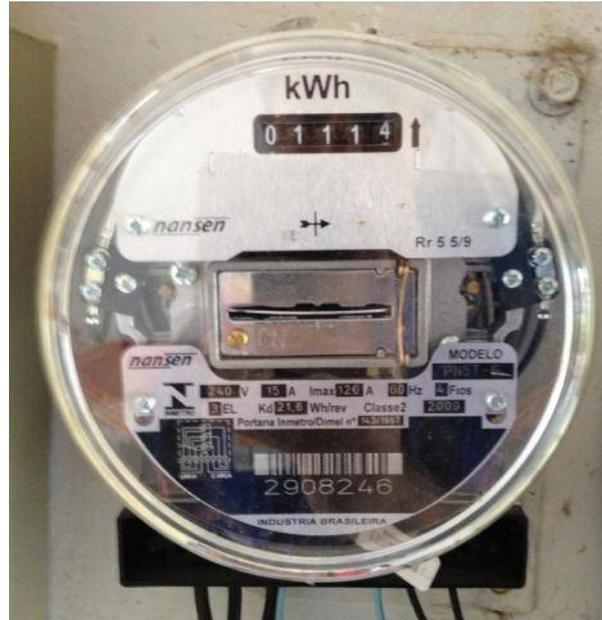


FIGURA 8. Detalhe do equipamento de medição de consumo de energia.

Fonte: Arquivo pessoal (2013).

4.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância, tendo como premissas a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos, utilizando o programa computacional SISVAR 5.1®. (FERREIRA, 2000). Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott adotando um nível de significância de 1% para dados climáticos e índices de conforto e teste de Tukey para os dados de consumo de energia, adotando um nível de significância de 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os galpões, entre os pontos avaliados dentro de cada galpão, sendo observada interação entre estes fatores para as variáveis ambientais: temperatura de globo negro (Tgn), temperatura de bulbo seco (Tbs) e umidade relativa (UR), conforme demonstrado na Tabela 1.

Foram observadas as menores temperaturas, Tgn e Tbs, para o galpão térmico em relação ao convencional. Houve uma redução de 1,2 °C para a Tbs e 1,6 °C para Tgn no galpão de telhas térmicas comparado ao convencional.

Contudo, o galpão térmico apresentou maiores valores de UR do que o convencional, que pode ser justificado nos materiais utilizados nos tratamentos, devido as diferenças significativas de coeficientes de condutibilidade térmica, aonde um material transmite de um meio para outro mais energia, tais valores ficaram acima dos níveis recomendados em literatura como favoráveis para as aves. Segundo Vigoderis (2007), a umidade relativa tende a declinar consideravelmente quando a temperatura do ar atinge seus níveis mais altos durante o dia. Os valores obtidos de umidade relativa no presente estudo se encontram acima da faixa de conforto que, de acordo com Tinôco (2004); Medeiros (2001); Macari (1996) se situam entre 50 e 70%.

Baêta e Souza (2010) consideram que os dois elementos meteorológicos, temperatura e umidade, são altamente correlacionados ao conforto térmico animal, uma vez que, em temperaturas muito elevadas, o principal meio de dissipação de calor das aves é a evaporação, que depende da umidade relativa do ar.

Pereira et al (2005), ao estudarem o conforto de matrizes de frangos de corte, verificaram que as aves possuem diferentes temperaturas críticas superiores entre si, sendo verificado valor médio de 30,9°C nas aves estudadas, valor superior ao proposto por Costa (1994) e Medeiros (2001), que caracterizam a zona de conforto térmico para aves com temperaturas de 24°C a 29°C e 15°C a 25°C, respectivamente. Sendo assim, de acordo com Pereira et al (2005), as médias de Tbs encontradas nos galpões estão abaixo da temperatura crítica superior, apresentando assim uma situação de conforto para as aves. Entretanto, se considerarmos Medeiros (2001), o galpão térmico se mostra mais favorável em relação aos valores de Tbs.

TABELA 1 - Médias da Temperatura de globo negro (Tgn), Temperatura de bulbo seco (Tbs) e Umidade Relativa (UR) nos diferentes tratamentos, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Causas de variação		Tgn (°C)	Tbs (°C)	UR (%)
Efeitos principais*				
Galpão	Térmico	25,03a	24,22a	91,08b
	Convencional	26,19b	25,78b	83,46a
Ponto Inicial		25,53a	25,02b	87,49b
Ponto Central		25,48a	25,12b	88,59c
Ponto Final		25,84b	24,84a	85,73a
Interações**				
Térmico	Ponto Inicial	25,18b	24,63b	91,15a
	Ponto Central	24,62a	24,35b	91,37a
	Ponto Final	25,29b	23,66a	90,71a
Convencional	Ponto Inicial	25,88a	25,42a	83,82b
	Ponto Central	26,33b	25,89b	85,80c
	Ponto Final	26,38b	26,02b	80,74a
Ponto Inicial	Térmico	25,18A	24,63A	91,15B
	Convencional	25,88B	25,42B	83,82A
Ponto Central	Térmico	24,62A	24,35A	91,37B
	Convencional	26,33B	25,89B	85,81A
Ponto Final	Térmico	25,29A	23,66A	90,71B
	Convencional	26,38B	26,02B	80,74A
Probabilidades Estatísticas				
Galpão		0,0001	0,0001	0,0001
Pontos		0,0009	0,0221	0,0001
Galpão x Pontos		0,0001	0,0001	0,0001
Média		25,61	25,00	87,27
C.V. (%)		5,44	5,52	6,62

*Nos efeitos principais, letras minúsculas diferentes, dentro das colunas, diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott, 1% de probabilidade,

**Nas interações, letras minúsculas diferentes, dentro das colunas, diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott, 1% de probabilidade, representando o efeito dos pontos dentro de cada galpão, Letras maiúsculas diferentes, dentro das colunas, diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott, 1% de probabilidade, representando o efeito dos galpões dentro de cada ponto.

Em relação à observação das diferenças entre os pontos estudados, dentro de cada galpão, pode-se observar com base no valor de Tgn que, os pontos inicial e central apresentaram valores inferiores em comparação ao ponto final do galpão, o que sugere a

eficiência do uso da placa evaporativa como forma de promover a melhoria do ambiente térmico. Entretanto, para a Tbs não foi observado o mesmo padrão, sendo verificado um valor inferior dessa variável no ponto final do galpão. Os valores de umidade relativa variaram entre os pontos, sendo maior no ponto central (88%) em relação ao inicial (87%) e final (85%). De qualquer maneira, valores acima dos considerados favoráveis em literatura em todos os pontos.

Foi observada interação entre os tratamentos ($P < 0,01$), de tal forma que, o galpão térmico apresentou menores amplitudes de variações térmicas ao longo do seu comprimento, em relação ao galpão com telha de alumínio, principalmente no que se refere à Tgn que apresentou valores que não diferiram entre o ponto inicial e final no galpão térmico. Contudo, no galpão convencional se observou acréscimo nos valores de Tgn e Tbs para os pontos central e final do galpão.

Em relação aos valores de UR, não houve diferença entre os pontos avaliados no galpão com cobertura térmica, mantendo-se valores mais elevados, em média 91%, em relação ao galpão coberto com alumínio (média de 83,46%). Porém, no galpão convencional os valores de UR acompanharam a flutuação da Tbs, sendo maior no ponto central, seguido do inicial e, menor no ponto final do galpão (Tabela 2).

Para os índices de conforto térmico: ITU (índice de temperatura e umidade), ITGU (índice de temperatura de globo negro e umidade), CTR (carga térmica de radiação) e H (Entalpia) foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os fatores principais, galpões e pontos do galpão, exceto para o ITGU que não diferiu entre pontos, havendo também interação entre os fatores estudados ($P < 0,01$), conforme mostrado na Tabela 2.

O galpão com cobertura térmica apresentou menores valores para os índices de conforto térmico, em comparação ao galpão coberto com telha de alumínio, observando uma diferença de cerca de 1,4 e 1,0 pontos para os valores de ITU e ITGU, respectivamente, e 6,8 W/m^2 para a CTR.

TABELA 2 - Médias de ITU (Índice de temperatura e umidade), ITGU (Índice de temperatura de globo negro e umidade) e CTR (Carga térmica de radiação) e Entalpia (H) nos diferentes tratamentos, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Causas de variação		ITU	ITGU	CTR (W/m ²)	H (KJ/Kg)
Efeitos principais*					
Galpão	Térmico	74,00a	74,72a	448,94a	17,11a
	Convencional	75,42b	75,74b	455,75b	17,49b
Ponto Inicial		74,71a	75,12a	451,69a	17,33b
Ponto Central		74,91b	75,17a	451,37a	17,44b
Ponto Final		74,52a	75,41a	453,97b	17,13a
Interações**					
Térmico	Ponto Inicial	74,43b	74,89b	449,62b	17,33b
	Ponto Central	74,07b	74,24a	446,18a	17,19b
	Ponto Final	73,50a	75,04b	451,01b	16,80a
Convencional	Ponto Inicial	74,98a	75,35a	453,75a	17,33a
	Ponto Central	75,75b	76,09b	456,57b	17,69b
	Ponto Final	75,53b	75,79b	456,92b	17,46a
Ponto Inicial	Térmico	74,43A	74,89A	449,62A	17,33A
	Convencional	74,98B	75,34B	453,75B	17,33A
Ponto Central	Térmico	74,07A	74,24A	446,18A	17,19A
	Convencional	75,75B	76,09b	456,57B	17,69B
Ponto Final	Térmico	73,50A	75,03A	451,01A	16,80A
	Convencional	75,53B	75,79B	456,92B	17,46B
Probabilidades Estatísticas					
Galpão		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Pontos		0,0227	0,0872	0,0001	0,0001
Galpão x Pontos		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Médias		74,71	75,23	452,34	17,30
C.V.(%)		2,57	2,58	1,89	4,28

*Nos efeitos principais, letras minúsculas diferentes, dentro das colunas, diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott, 1% de probabilidade,

**Nas interações, letras minúsculas diferentes, dentro das colunas, diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott, 1% de probabilidade, representando o efeito dos pontos dentro de cada galpão, Letras maiúsculas diferentes, dentro das colunas, diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott, 1% de probabilidade, representando o efeito dos galpões dentro de cada ponto,

O ITU diferiu entre os galpões, sendo menor no galpão com cobertura térmica (74) em comparação ao galpão com cobertura convencional de alumínio (75,4), apresentado um valor maior no ponto central, em relação aos demais. Armstrong (1994) classificou o estresse térmico de acordo com a variação de ITU em brando (72 a 78), moderado (79 a 88) e severo (89 a 98), sendo que um ITU abaixo de 72 caracterizaria um ambiente sem estresse por calor.

Sendo assim, no presente trabalho, em ambos os tratamentos, podemos classificar ITU como brando.

O ITGU mostrou o mesmo padrão do ITU, apresentando valores menores para o galpão térmico (75) em relação ao convencional (76), entretanto, não apresentou diferença significativa entre os pontos avaliados. Medeiros (2005) considera ITGU de 58 a 67 característico de ambientes frios e ITGU 78 a 88 de ambientes quentes, sendo o ITGU de 68 a 77 considerado confortável para as aves, faixa esta onde se encontram os valores de ITGU deste estudo. Entretanto, Souza et al. (2002); Baêta e Souza (2010); Ferreira (2005); Santos (2008) descrevem que ITGU no interior de instalações até 74 é considerado seguro e entre 74 e 78 exige cuidados especiais.

De acordo com Campos (1986), em pesquisa realizada no verão em Viçosa, MG, em quatro galpões para frangos de corte, que se diferenciavam apenas quanto ao material de cobertura - telhas cerâmicas do tipo francesa e telhas de cimento amianto, com e sem forro de esteira de taquara - verificou que o uso de forro contribuiu significativamente para a melhoria do conforto térmico, avaliado pelo índice de temperatura de globo negro e umidade e carga térmica de radiação. Os melhores valores foram obtidos no interior do galpão coberto por telha de cerâmica com forro, e os piores no galpão com telhas de amianto sem forro. Santos et al. (2002) encontraram valores menores de ITGU em aviários com forro, conferindo a esses maior inércia térmica. O galpão com cobertura térmica apresentou uma CTR menor (449 W/m²) em relação ao galpão de cobertura de alumínio (456 W/m²), o que representa uma redução de 1,6% na carga térmica do galpão. Moraes (1999), no oeste do Paraná nos meses de maio, julho e agosto, testando diversos tipos de cobertura com termômetros de globo negro posicionados na altura do pé-direito das instalações e na altura das aves evidenciaram diferenças nos valores de CTR. Este autor encontrou valor médio de CTR igual a 465,29 W/m² para nível das aves e CTR de 475,24 W/m² na altura do pé-direito da instalação, valores estes maiores do que os encontrados neste experimento, podendo ser explicado pelo período e o clima diferenciado de cada região.

Em relação às diferenças observadas entre os pontos estudados, pode-se verificar que, com base nos valores de CTR os pontos inicial e central apresentam valores inferiores desse índice em comparação ao ponto final do galpão, o que sugere a eficiência do uso da placa evaporativa como forma de promover a melhoria do ambiente térmico.

Em comportamento semelhante ao observado com as variáveis ambientais, houve interação entre os fatores estudados ($P < 0,01$), de tal forma que, o galpão térmico apresentou

menores amplitudes de variações térmicas ao longo do seu comprimento, em relação ao galpão com telha de alumínio, no qual se observou acréscimo nos índices de conforto térmico ITU, ITGU e CTR para os pontos central e final do galpão. Somente a entalpia que apresentou valores que não diferiram entre os pontos inicial e final, no galpão convencional. Entretanto, os valores de entalpia encontrados no galpão térmico foram menores, e o menor valor observado no ponto final do galpão.

De acordo com KAWABATA (2003) e BARBOSA FILHO et al. (2006), valores de entalpia acima de 70 kJ/kg de ar seco são considerados como entalpia alta, desta forma, podemos dizer que nenhum tratamento esteve perto desse valor no presente estudo, onde se observou valores de H de 17,30 em média.

Foram observadas diferenças estatísticas significativas, entre os galpões avaliados, nos horários do dia ($P < 0,05$), tanto para as variáveis ambientais (T_{gn} , T_{bs} e UR), como para os índices de conforto térmico (ITU, ITGU, CTR e H), conforme mostra a Tabela 3. A Figura 9 apresenta a variação da T_{gn} ao longo dos horários do dia, para os diferentes galpões experimentais.

TABELA 3 - Interações dos tratamentos entre os horários dos dias para Temperatura de Globo Negro (°C), Temperatura de bulbo seco (°C), Umidade Relativa (%), Índice de temperatura e Umidade, Índice de Temperatura de Globo e Umidade, Índice de Temperatura Efetiva (°C) e Carga Térmica Radiante ($W.m^{-2}$).

Tratamentos	Horários						
	8h	10h	12h	14h	16h	18h	20h
Temperatura de Globo Negro (°C)							
Térmico	23,49A	26,27A	27,36A	27,75A	27,09A	26,76A	25,56A
Convencional	23,84A	27,46B	29,97B	30,42B	29,37B	27,97B	26,11A
Temperatura de bulbo seco (°C)							
Térmico	22,90A	25,29A	26,21A	26,49A	25,92A	25,78A	24,74A
Convencional	23,48B	26,98B	29,54B	29,94B	28,87B	27,38B	25,59B
Umidade Relativa (%)							
Térmico	95,17B	89,12B	87,69B	86,21B	86,91B	85,86B	89,00B
Convencional	90,28A	80,61A	74,61A	72,80A	75,22A	78,47A	84,25A
Índice de Temperatura e Umidade							
Térmico	72,44A	75,37A	76,55A	76,84A	76,09A	75,80A	74,57A
Convencional	72,82A	76,86B	79,84B	80,14B	78,97B	77,23B	75,25B
Índice de Temperatura de Globo e Umidade							
Térmico	72,93A	76,25A	77,61A	78,00A	77,16A	76,69A	75,29A
Convencional	73,08A	77,24B	80,17B	80,53B	79,37B	77,72B	75,68A
Carga Térmica Radiante ($W.m^{-2}$)							
Térmico	439,33A	456,61A	463,81A	466,24A	461,86A	459,30A	451,61A
Convencional	441,29A	463,35B	479,19B	482,16B	475,38B	466,51B	454,92A
Entalpia (Kj/Kg)							
Térmico	16,64A	17,56A	17,97A	18,03A	17,76A	17,63A	17,26A
Convencional	16,70A	17,97B	18,92B	18,99B	18,59B	18,02B	17,44A

Letras maiúsculas diferentes, dentro das colunas, diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott, 1% de probabilidade, representando o efeito dos galpões dentro de cada ponto,

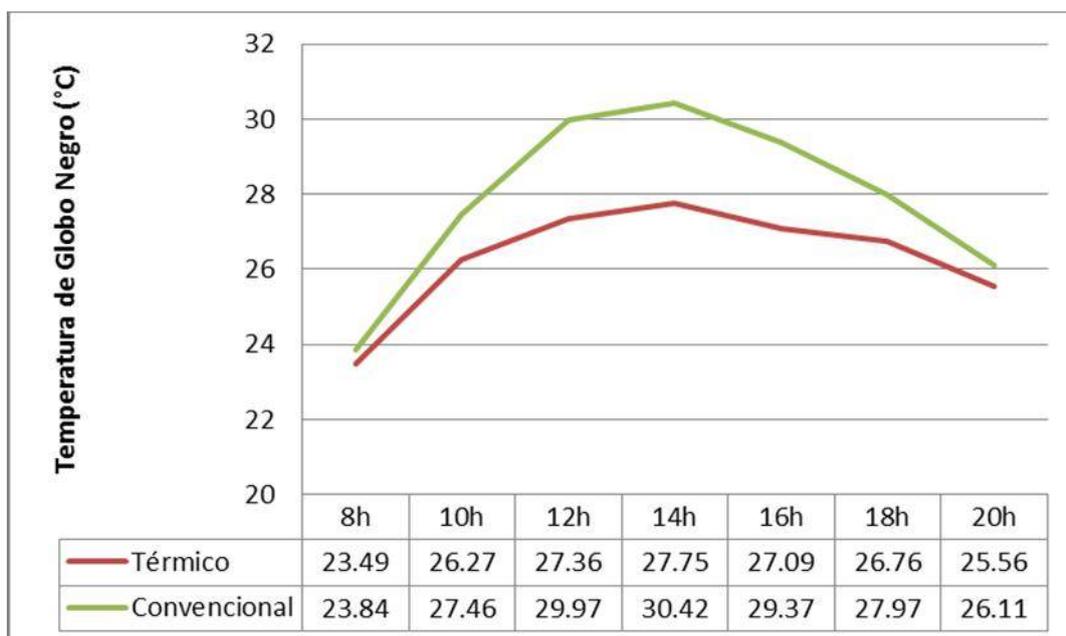


FIGURA 9. Valores médios da temperatura de globo negro, ao longo do dia, para os diferentes tratamentos.

Para a temperatura de globo negro, houve diferença entre os tratamentos, exceto para as 08:00h e 20:00h. Nos demais horários do dia, o galpão com telhas térmicas apresentou valores de Tgn inferiores ao galpão coberto com telhas de alumínio. Damasceno et al. (2010), ao avaliar dois galpões avícolas com diferentes sistemas de resfriamento evaporativo do tipo placa porosa relataram que, as diferenças entre os sistemas de resfriamentos são mais nítidas no período quente, contudo, não foi observada essa distinção de valores nos demais períodos do dia.

Para temperatura de bulbo seco a diferenciação entre galpões aconteceu em todos os horários, sendo que o galpão com cobertura térmica apresentou, ao longo do dia, os menores valores e, no horário das 14:00h ocorreram os picos de temperatura. A Figura 10 mostra a variação da Tbs ao longo dos diferentes horários do dia, para os diferentes galpões estudados.

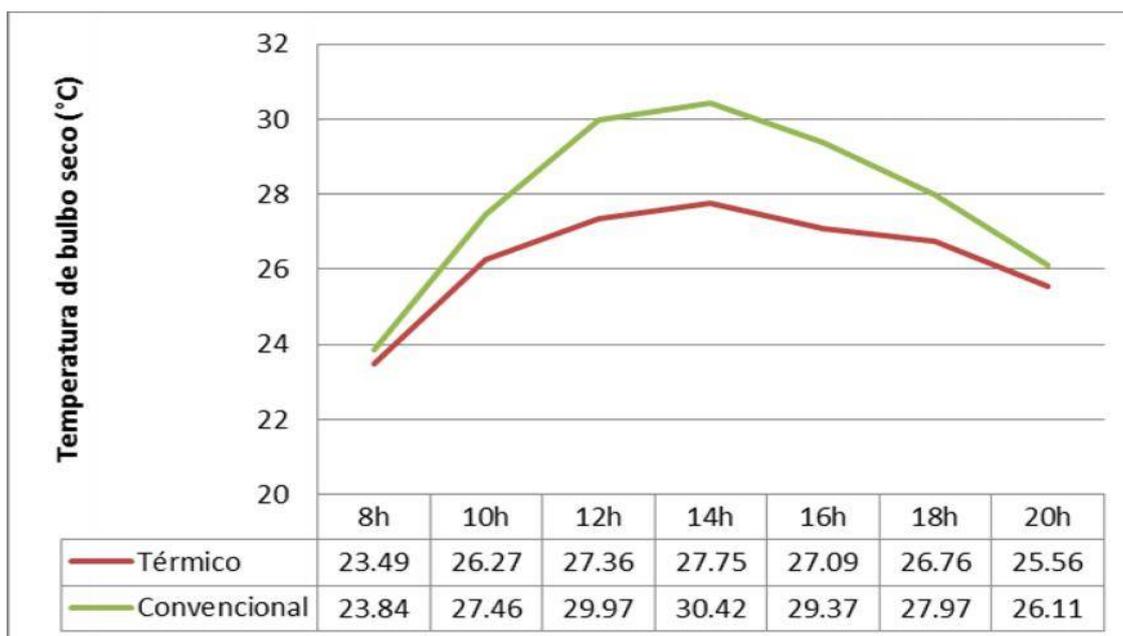


FIGURA 10. Médias da temperatura de bulbo seco, ao longo do dia, para os diferentes tratamentos.

A umidade relativa apresentou comportamento contrário ao das temperaturas T_{gn} e T_{bs} , no qual em horários de pico de temperatura foram os horários que ocorreram as menores valores de UR, novamente às 14:00h. Rocha et al. (2010) não observaram, estudando galpões cobertos com telhas de cerâmica ou de fibrocimento no estado da Paraíba, diferenças entre os galpões para temperatura e umidade relativa do ar, índice de temperatura de globo negro e umidade, carga térmica de radiação e a velocidade do vento, porém nos horários mais quentes do dia (10 às 16 h), os autores verificaram valores médios acima da zona de conforto, causando situação de desconforto para as aves.

Para o ITU durante os horários do dia houve diferença entre os galpões, exceto no horário da 8:00h e às 14:00h foi o horário de maior índice, sendo o galpão convencional o tratamento que apresentou os maiores valores.

O ITGU seguiu a mesma tendência do ITU, contudo, além de não apresentar diferença às 8:00h também não diferiu às 20:00h. O horário das 14:00h se destacou com as maiores temperaturas e o galpão com térmico menores valores em relação ao galpão de cobertura de alumínio. Segundo Nããs et al (2001), em experimentos realizados com modelos em escala reduzida, foram encontrados valores do ITGU, às 14:00h, também superiores aos recomendados. Furtado et al. (2003), em estudo de diferentes sistemas de condicionamento térmico para galpões avícolas, encontraram valores do ITGU em torno de 80. Os mesmos

autores relatam que, uma parcela significativa de sobreaquecimento advém do próprio calor gerado pelas aves, o que agrava a situação de desconforto térmico no interior das instalações, principalmente nas horas mais quentes do dia. A Figura 11 mostra a variação do ITGU ao longo dos horários do dia, para os diferentes galpões experimentais.

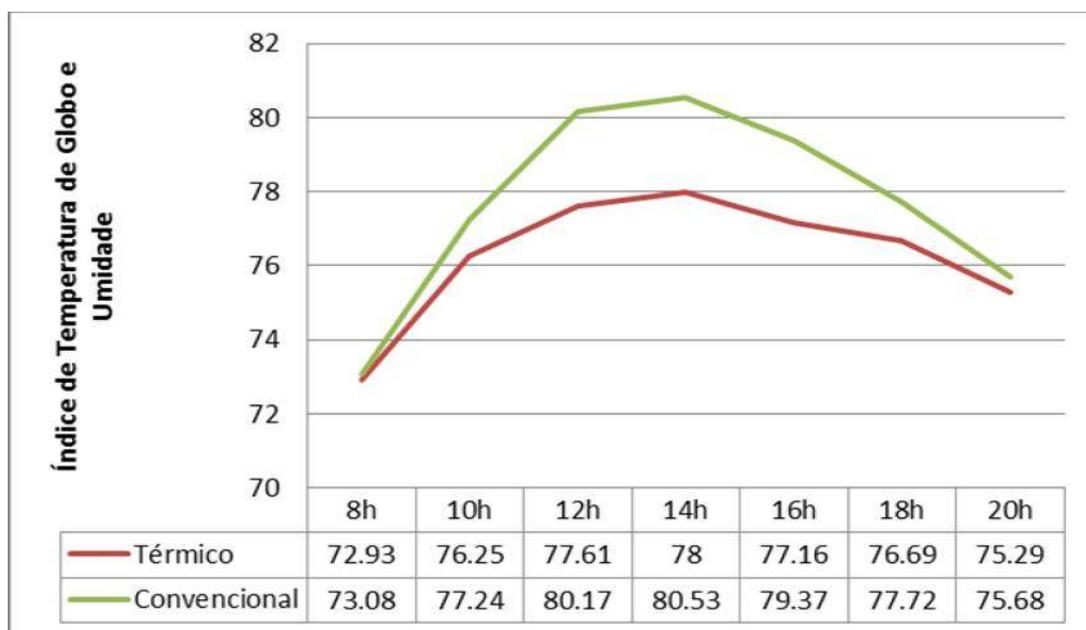


FIGURA 11. Médias do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade ao longo do dia para os diferentes tratamentos.

A CTR apresentou comportamento semelhante aos demais índices, diferindo ao longo do dia, com valores menores observados no galpão térmico em comparação ao convencional, exceto para os horários das 8:00h e 20:00h, apresentado, às 14:00h uma diferença de $16 \text{ W}\cdot\text{m}^2$ a menos para o galpão térmico. Furtado et al. (2003) analisaram, no agreste do Estado da Paraíba, o conforto térmico de galpões avícolas com diferentes sistemas de condicionamento e, encontraram para as 14:00h valores de CTR de $505,31 \text{ W}/\text{m}^2$ para galpões com telhas de cimento amianto sem ventilação artificial, e de $508,71 \text{ W}/\text{m}^2$ para a cobertura cerâmica sem ventilação artificial, valores superiores aos observados no presente estudo. Da mesma forma, trabalho realizado por Rosa (1984) obtiveram, às 14 horas, em dia típico de céu limpo, valores de CTR de $498,3 \text{ W m}^{-2}$, $515,0 \text{ W m}^{-2}$ e $498,0 \text{ W m}^{-2}$ sob telhas de barro tipo francesas, de cimento-amianto e de alumínio, respectivamente.

Moraes et al. (1999) realizaram estudos em modelos de galpões com cobertura de telhas de cimento-amianto e encontraram valores de ITGU entre 75,5 a 83,2 nas horas mais

quentes e de CTR entre $455,2 \text{ W m}^{-2}$ e $504,0 \text{ W m}^{-2}$. Novamente, valores estes maiores do que os encontrados neste experimento.

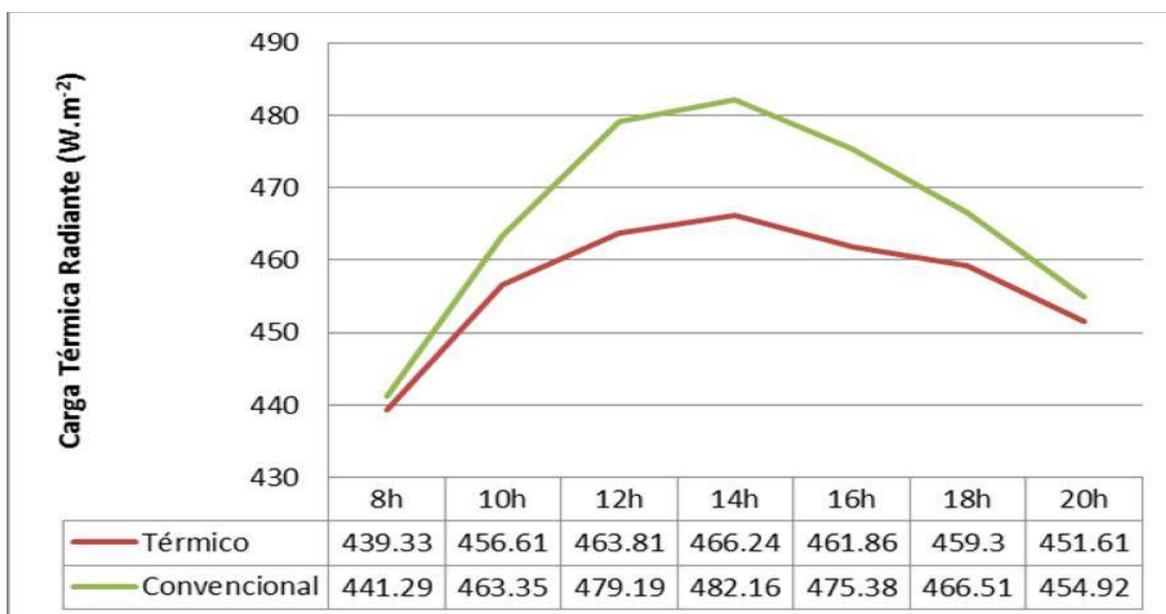


FIGURA 12. Valores médios da carga térmica radiante, nos horários do dia para os tratamentos.

Contrariamente, Conceição et al. (2008) compararam telhas convencionais e outras, em protótipos de galpões avícolas para as condições de verão, e encontraram os seguintes valores médios para telhas de cimento-amianto pintadas com tinta reflexiva e telhas cerâmicas, respectivamente: ITU (71,9 e 72,3), ITGU (71,9 e 73,7), CTR ($449,17 \text{ W m}^{-2}$ e $477,74 \text{ W m}^{-2}$), valores estes próximos aos encontrados neste trabalho.

Quanto ao consumo de energia elétrica, não foram observadas diferenças significativas entre as estações do ano avaliadas, ($P > 0,05$), contudo, houve diferença entre os galpões estudados ($P < 0,01$). O galpão convencional apresentou menor consumo de energia elétrica em relação ao galpão térmico, representando uma diferença de 28,4% no consumo de energia. Isso pode ser explicado pelo manejo, onde políticas internas e qualificação dos técnicos, falta de sensores adequados, acabam não aproveitando as características diferenciadas das edificações conforme verificamos em nosso projeto.

TABELA 4 - Médias do consumo de energia elétrica nos diferentes galpões e para as diferentes estações do ano, com os respectivos coeficientes de variação e probabilidades estatísticas.

Causas de variação		Consumo (kW.h)
Efeitos principais *		
Galpão	Térmico	75,94B
	Convencional	54,40A
Verão		66,98A
Outono		63,35A
Interações **		
Térmico	Verão	79,29a
	Outono	72,58a
Convencional	Verão	54,67a
	Outono	54,12a
Verão	Térmico	79,29b
	Convencional	54,67a
Outono	Térmico	72,58b
	Convencional	54,12a
Probabilidades Estatísticas		
Galpão		0,0001
Estação		0,4640
Galpão x Estação		0,5332
Estação x Galpão		0,5332
Média		65,17
C.V.(%)		37,06

*Nos efeitos principais, letras maiúsculas diferentes, diferem estatisticamente pelo Teste Tukey 5% de probabilidade,

**Nas interações, letras minúsculas diferentes, diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, 5% de probabilidade, representando o efeito dos pontos dentro de cada galpão.

Paula (2009) testou o consumo de energia em dois aviários comerciais no município de Viçosa no período de junho e agosto de 2009, onde um possuía vedação com material isolante e outro possuía cortina de lona convencional, sendo constatado que o galpão com vedação de material isolante consumiu menos energia do que aquele com cortina.

Caneppele, et al. (2013) comparou pelo *Software Energyplus* a cobertura de um supermercado em Cuiabá/MT com condicionamento térmico vários tipos de sistema de cobertura entre elas telha térmica e telha de alumínio (convencional adotada em nosso projeto) onde obtiveram uma redução com a telha térmica de 30% no consumo médio anual de energia elétrica.

Não houve interação entre galpões e estação do ano, sendo que, independente da estação, o galpão com telha térmica apresentou o maior consumo de energia. Entretanto, embora não difira estatisticamente, analisando os valores numéricos obtidos para o tratamento de telha térmica, houve uma queda no consumo de energia de até 7 kW.h da estação de verão para o outono, porém, para o galpão de telha convencional, os valores numéricos de consumo de energia elétrica se mostraram constantes nas duas estações.

6. CONCLUSÕES

O galpão com cobertura térmica apresentou valores mais favoráveis quanto aos índices de conforto térmico ITU, ITGU e CTR, em relação ao galpão coberto com telha de alumínio, bem como para as variáveis ambientais, temperaturas de bulbo seco e de globo negro. Contudo, em relação à umidade relativa, o galpão térmico manteve valores mais elevados do que os do galpão convencional.

Existem diferenças de ambiente térmico entre os pontos internos dos galpões, sendo que o ponto inicial apresenta os menores valores de ITU, ITGU e CTR, independente do tipo de cobertura do galpão.

O uso de coberturas térmicas minimiza a diferença de amplitude térmica, entre as diferentes seções no interior de galpões avícolas, e ainda ao longo dos diversos horários do dia.

O horário das 14:00h apresentou os maiores valores, nos diferentes galpões, para todas as variáveis ambientais e índices de conforto térmico, podendo ser considerado horário crítico.

Houve maior consumo de energia elétrica no galpão térmico em relação ao convencional, independente da época do ano, verão ou outono.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 5643:2003 – Telha de fibrocimento – Verificação da resistência a cargas uniformemente distribuídas. Rio de Janeiro, 2003.

ABREU, P.G. Sistemas de Produção de Frangos de Corte. **Artigo Embrapa**, 2003.
Disponível em:

<<http://sistemaproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaodeFrangodeCorte/Instalacoes.html>> Acesso em: 03 nov. 2007.

ABREU, P.G.; BAÊTA, F.C.; SOARES, A.R.; ABREU, V.M.N.; MACIEL, N.F. Utilização de piso aquecido eletricamente na criação de aves. **Engenharia na Agricultura**, v.4, n.12, p.1-19, 1995.

ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N. **Conforto térmico para aves**. Concórdia: Comunicado técnico. Embrapa Suínos e Aves, 2004. 5p.

ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N. Avaliação da temperatura da superfície de coberturas de abrigos abertos para aves coloniais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, SEMINÁRIO ESTADUAL DE AGROECOLOGIA, 2005. Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis. 2005.

ABREU, P.G. de; ABREU, V.M.N. Princípios de conforto térmico ambiental na concepção de sistemas de produção agroecológicos. In: FIGUEIREDO, E.A.P.; ÁVILA, V.S. **Produção Agroecológica de Frangos de Corte e Galinhas de Postura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001, p. 60-75.

ALBRIGHT, L.D. **Environment control for animals and plants**. ASAE Textbook, St., Joseph: American Society of Agricultural Engineers Michigan, 1990. 453p.

ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p. 2044-2050, 1994.

BACCARI JR. F. Adaptação de Sistemas de Manejo na Produção de Leite em Clima Quente. In I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE. Piracicaba **Anais**. FEALQ, Piracicaba, SP, 1998. p 24 – 67.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. Viçosa: EDUFV, 2010. 269p.

BARBOSA FILHO, J. A. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens**. 2004. 123p. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia) - ESALQ/USP, Piracicaba, 2004.

BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, M. A. N.; SILVA, I. J. O; COELHO, A. A. D. Egg quality in layers housed in different production systems and submitted to two environmental conditions. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.8, n.1, p.23-28, 2006.

BOND, T.E.; KELLY, C.F. The globe thermometer in agricultural research. **Agriculture Engineering**, v.36, p. 251-260, 1955.

BOND, T.E.; GARRET, W.N.; HAHN, G.L. Livestock shades. **California Agriculture**, v.15, p.7-10, 1961.

BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A. V. F. Heat stress physiology and electrolytes for broilers. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5, p.975-981, 2003.

BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.

CAMPOS, A.T.A. **Determinação dos índices de conforto e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa, MG.** 1986. 66p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

CANEPPELE, L. B.; NOGUEIRA, M.C.J.A; VASCONCELLOS, A.B. Avaliação da eficiência energética e custo benefício no uso de coberturas metálicas em supermercados empregando o software energyplus. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.9, n.9 p.1971-1979, fev., 2013. ISSN: 2236-1170.

CHEN, C.L.; SANGIAH, S.; CHEN, H.; RODER, J. et al. Effects of heat stress on Na⁺, K⁺-ATPase, Mg⁺-activated ATPase, and Na⁺-ATPase activities of broiler chickens vital organs. **Journal of Toxicology an Environmental Health**, London, v.41, p.345- 356, 1994.

CONCEICAO, M. N. Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. **Revista Brasileira de Engenharia. Agrícola e Ambiental**. [online]. v.12, n.5, p. 536-539, 2008. ISSN 1807-1929. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000500015>>.

COSTA, E.C. da. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Biucher, 1982. 264p.

COSTA, C.A. **Pontos críticos do manejo de matrizes**. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA: MANEJO DE MATRIZES, 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1994. p.1-10.

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

DAHLKE, F.; GONZALES, E.; FURLAN, R. L.; GADELHA, A.; MAIORKA, A.; FARIA FILHO, D. E.; ROSA, P. S. Efeito da temperatura ambiente sobre hormônios tireoideanos, temperatura corporal e empenamento de frangos de corte, fêmeas, de diferentes genótipos. **Acta Scientiarum, Animal Science**, Maringá, v.27, n.3, p.391-397, 2005.

DALANEZI, L., M.; DALANEZI, J. A.; DALANEZI, F. M. **Ocorrência de síndromes metabólicas em diferentes linhagens de frangos de corte.** In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2009. Brasília.

DAMASCENO, F. A. JUNIOR, T.Y.; LIMA, R.R. de; GOMES, R.C.C.; MORAES, S.R.P. de. Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. **Ciência Agrotecnológica**, v.34, p.1031-1038, jul./ago., 2010.

ESMAY, M. L. Principles of animal environment. **Environmental Engineering in Agriculture and Food Series.** The AVI Publishing Company, Inc. 1979. 325p.

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

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR: Sistema para Análise de Variância para Windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45. São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, p.255-258, 2000.

FURLAN, R.L. Influencia da temperatura na produção de frangos de corte. In: SIMPOSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 7. 2006, Chapecó, **Anais...** p.104-135, 2006.

FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J.W.B.; AZEVEDO, P.V. Análise do conforto ambiental em galpões avícolas utilizando telhas de barro e suas associações no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, n.5, p. 107, 2003.

FURTADO, D.A.; ROCHA, H.P.; NASCIMENTO, J.W.B. do; SILVA, J.H.V. Índices de conforto térmico e concentração de gases em galpões avícolas no semiárido paraibano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, p.993-1002, 2010.

GATES, R.S.; ZHANG, S.H., COLLIVER. D.G., OVERTHULTS, D.G. Regional variation in temperature humidity index for poultry housing. **Transactions of the Asae**, v.38, p.197-205, 1995.

JÁCOME, I.M.T.D.; FURTADO, D.A.; LEAL, A.F.; SILVA, J.H.V.; MOURA, J.F.P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.11, p.527-531, 2007.

JENTZSCH, R. **Estudo de modelos reduzidos destinados à predição de parâmetros térmicos ambientais em instalações agrícolas.** 2002. 113p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

GONZÁLEZ, F.H.D.; AIDA, K. S.; MAHL, D.; GIANNESI, G.; KRONBAUER, E. Influência de doenças metabólicas em frangos de corte no sul do Brasil e uso do perfil bioquímico sanguíneo para o seu estado. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, SP, v.3, n.2, 2001.

GOMES, F.U.; FASSANI, E.J.; RODRIGUES, P.B. et al. Valores energéticos de alguns alimentos utilizados em rações para codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, n.2, p.396-402, 2007.

KAWABATA, C. Y. **Desempenho térmico de diferentes tipos de telhados em bezerreiros individuais**. 2003. 108p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

LANA, G. R. Q. ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. LANA, Â.M.Q. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição da carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n.4, p.1117-1123, 2000.

LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. Hormonal, genetic and immunological influences on growth. In: Growth of farm animals. New York: CAB INTERNATIONAL, 1997. **Anais...** New York, 1997. p.102-149.

LIMA, A. M. C. **Avaliação de dois sistemas de produção de frangos de corte: uma visão multidisciplinar**. 2005. 98p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

LIN, H.; SUI, S. J.; JAO, H. C.; BUYSE, J. C.; DECUYPERE, E. Impaired development of broiler chickens by stress mimicked by corticosterone exposure: comparative biochemistry and physiology. Part A, **Molecular e Integrative Physiology**, v.146, p.400-405, 2006.

MACARI, M. Água de beber na dosagem certa. **Aves & Ovos**, São Paulo, n.6, p.40-48, 1996.

MACARI, M.; FURLAN, R. L. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. In: SILVA, I.J.O. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Jaboticabal: SBEA, v.1, p. 31-87, 2001.

MACARI, M. **Estresse de calor em aves**. IN: AVE WORD. 2007. Disponível em: <<http://www.aveworld.com.br/noticias/artigos>>. Acesso em: 14 out. 2013.

MARTA FILHO, J. **Método quantitativo de avaliação de edificações para animais, através da análise do mapeamento dos índices de conforto térmico**. 1993. 159f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MEDEIROS, C.M. **Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte**. 2001. 125p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

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, 2005.

MIRAGLIOTTA, M. Y. **Avaliação das condições do ambiente interno em dois galpões de produção comercial de frangos de corte, com ventilação e densidade populacional**

diferenciados. 2005. 258p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

MORAES, S.R.P. **Conforto térmico em modelos reduzidos de galpões avícolas, para diferentes coberturas, durante o verão**. 1999. 73p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

MORGAN, W. E. **Heat reflective roof coatings**. Chicago: ASAE, 12 p. (Paper nº 904513), 1990.

MOURA, D.J., NÃÃS, I.A. Estudo comparativo de índices de conforto térmico na produção animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Lavras. 1993. **Anais...** Lavras. 1993. P 42-46.

MOURA, D.J. Ambiência na avicultura de corte. In: SILVA, I.J.O. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001, p.81-93.

NÃÃS, I.A.; SEVEGNANI, K. B.; MARCHETO, F. G.; ESPELHO, J. C. C.; MENEGASSI, V.; SILVA, I. J. O. Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betumem, pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.21, n.2, p.121-126, 2001.

NÃÃS, I. A.; SILVA, I. J. O. Técnicas modernas para melhorar a produtividade dos suínos através do controle ambiental. In: INGENIERIA RURAL Y MECANIZACIÓN AGRÁRIA EM EL ÁMBITO LATINOAMERICANO. Balbuena, **Anais...** 1998, p. 464-472.

NÃÃS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.

NAZARENO, A.C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G.L.P.; GIONGO, P.R.; PEDROSA, E.M.R.; GUISELINI, C. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.13, p. 802-808, 2009.

OLIVEIRA, J.E.; SAKOMURA, N.K.; FIGUEIREDO, A.N.; LUCAS JÚNIOR, J.; SANTOS, T.M.B. Efeito do isolamento térmico de telhado sobre o desempenho de frangos de corte alojados em diferentes densidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.29, n.5, p.1427-1434, 2000.

OLIVEIRA, P.A.V.; GUIDONI, A.L.; BARONI JÚNIOR, W.; DALMORA, V. J.; CASTANHA, N. Efeito do tipo de telha sobre o acondicionamento ambiental e o desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1, 1995, Curitiba, **Anais...** Campinas: FACTA, p.297-298, 1995.

PAULA, M. O. de. **Isolamento térmico de aviários e seus efeitos na qualidade do ar interior, consumo de energia e desempenho produtivo de frangos de corte**. 2009. 106p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

PERALTA, G. **Desempenho térmico de telhas: Análise de monitoramento e normalização específica.** 2006. 82p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Escola de Engenharia da São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

PEREIRA, A. K. **Fatores térmicos ambientais e qualidade do ar no desempenho produtivo de frangos de corte criados em alta densidade sob sistemas de ventilação positiva.** 2006. 76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

PEREIRA, D.F; NÄÄS, I.A.; ROMANINI, C.E.B.; SALGADO, D.D.; PEREIRA, G.O.T. Indicadores de bem-estar baseados em reações comportamentais de matrizes pesadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.308-14, 2005.

PIASENTIN, J. A. **Conforto medido pelo índice de temperatura do globo e umidade na produção de frangos de corte para dois tipos de pisos em Viçosa, MG.** 1984. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.

QUINTEIRO-FILHO, W.M. **Efeitos do estresse térmico por calor sobre os índices zootécnicos, a integridade do trato intestinal e imunidade inata de frangos de corte.** 2008. 138f. Dissertação (Mestrado em ciências) – Faculdade de medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

RESENDE, O.; ALVES, J.; RODRIGUES, S. B. Caracterização de instalações avícolas em diversos municípios do Estado de Rondônia. **Global Science and Technology**, v.1, n.9, p.71-81, 2008.

ROCHA, H. P.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B. do; SILVA, J. H. V. Índices bioclimáticos e produtivos em diferentes galpões avícolas no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.14, p.1330-1336, 2010.

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

RONCHI, C. **Principais práticas de manejo para aves recém nascidas.** In: Aveworld, dez / jan de 2004. Disponível em: <<http://hms.alltech.com/brasil/artigos/pics/artigo02.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2013.

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.

SALGADO, D.D. **Modelo estatístico para predição de bem-estar de reprodutoras de frango de corte baseado em dados de ambiente e análise do comportamento.** 2006. 113p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

SANTOS, L.K.D. **Efeito da temperatura e umidade do ar sobre as características seminais de galos alojados em galpões semiclimatizados**. 2005. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciências veterinárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

SANTOS, P. A. dos. **Qualidade do ar, conforto térmico e desempenho de frangos de corte em dois sistemas de aquecimento e ventilação**. 2008. 126p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

SANTOS A. C.; BAÊTA F.C.; CECON P.R.; CARDOSO R.M. Análise de diferentes bezerreiros individuais móveis para a região de Viçosa. **Engenharia na Agricultura**, v.2, n.7, p. 1-8, 1993.

SANTOS, I.S. **Reator de gaseificação de biomassa em fluxo contracorrente**. 2004. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SARTORI, V.; BAÊTA, F. C.; ORLANDO, R. C.; LUZ, M, L.; TINÔCO, I. de F. Efeitos de sistemas de resfriamento evaporativo em instalações para frangos de corte. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.20, n.2, p.87-97, 2000.

SEVEGNANI, K. B.; GHELFI FILHO, H. SILVA, I.J. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.51, n.1, p.1-7, 1994.

SEVEGNANI, K. B.; MOURA, D. J.; SILVA, I. J. O.; MACARI, M.; NÄÄS, I. A. Perdas de calor sensível e latente em frangos de corte aos 49 dias, expostos à ventilação forçada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. **Anais...**, FEALQ. Piracicaba, p.16-17, 2001.

SILVA, E.N. Tifo aviário em alerta vermelho. 2010. Disponível em: <http://pt.engormix.com/MA-avicultura/saude/artigos/tifo-aviario-alerta-vermelho-t292/165-p0.htm>. Acesso em 20 set. 2013.

SILVA, I. J.O. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba, 2001. V.2, p150-204.

SILVA, I.J.O.; GHELFI FILHO, H.; CONSIGLIERO, F.R. Influência dos materiais de celulose no conforto térmico de abrigos. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v.1, n.2, p.43-55, 1990.

SILVA, R. G. **Introdução á bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.

SILVA, J. H. V.; JORDÃO FILHO, J.; SILVA, E. L.; RIBEIRO, M. L. G.; FURTADO, D. A. Efeito do bebedouro e da densidade de alojamento no desempenho de frangos de corte em alta temperatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.9, p.636-641. 2005.

SILVA, I.J.; SEVEGNANI, K.B. **Ambiência e instalações na avicultura de postura**. In: SILVA, I.J.O. *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, 2001.

SIQUEIRA, J.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível da ração e temperatura ambiente para frangos de corte em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, p.2054-2062, 2007.

SOUZA, E.R.N.; CARVALHO, E.P.; DIONIZIO, F.L. Estudo da presença de Salmonella sp em poedeiras submetidas a muda forçada. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 140-147, 2002.

TAO, X; XIN, H. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers. **Trans. ASAE**, v.46, p.491-497, 2003.

TELES, M.L. **Avaliação do progresso técnico da suinocultura do oeste catarinense: seus reflexos sobre os resultados econômicos 1980/1999**. 2001. 171p. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) - Faculdade de Ciências Econômicas, Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas – IEPE, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

THOM, E.C. **The discomfort index**. Weatherwise, Washington, v.12, n.2, p.57- 60, 1959.

TINÔCO, I.F.F. **Efeito de diferentes sistemas de acondicionamento de ambiente e níveis de energia metabolizável na dieta, sobre o desempenho de matrizes de frangos de corte, em condições de verão e outono**. 1996. 169p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Departamento de Veterinária. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.

TINÔCO, I.F.F. **Resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte**. 1988. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

TINÔCO, I.F.F. **A granja de frangos de corte**. In: MENDES, A. A.; NAAS, I. de A.; MACARI, M. *Produção de frangos de corte*. Campinas: FACTA, 2004, cap. 4, p. 55-82.

TINÔCO, I.F.F.; OSÓRIO, J.A. Control ambiental y la agroindustria de producción animal en el Brasil y América Latina. In: CONGRESSO NACIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 2008, Medellín. **Anais...** 2008.

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

TURCO, S.H.N; BAÊTA, F.C.; COSTA, P.M.A.; CARDOSO, R.M.; CECOM, P.R. Modificações das condições ambientais de verão em maternidades de suínos. **Engenharia de Agricultura**, v.3, n.11, p.1-12, 1994.

UBABEF. União Brasileira de Avicultura, **Relatório anual 2013**. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/publicacoes>>. Acesso em: 02 out. 2013.

USDA, United States Department of Agriculture. Egg-grading manual. Agricultural Marketing Service, Agricultural Handbook Number 75, r.07/00, 2000. p.24-25.

VIGODERIS, R. B.; TINÔCO, I. de F. F.; LACERDA FILHO, A. F de; SILVA, J. N da; GATES, R. S.; PAULI, D. G. de; SILVA, C. E. da; GUIMARÃES, M. C. de C. Construção de túnel de vento reduzido, visando a avaliação de argila expandida em sistemas de resfriamento adiabático evaporativo para arrefecimento térmico em galpões de produção animal. **Engenharia na Agricultura**, v.15, n.3, p.191-199, 2007.

VITORASSO, G.; PEREIRA, D. F. Análise comparativa do ambiente do aviário de postura com diferentes sistemas de condicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.13, p.788-794, 2009.

YANAGI JUNIOR, T.; DAMASCENO, G.S.; TEIXEIRA, V. H.; HONGWEI XIN. Prediction of black globe humidity index in poultry buildings. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 6, 2001, Louisville. **Proceedings...** Louisville: ASAE, p. 482-489, 2001.

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, PB, v.3, n.3, p.361-366, 1999.