

EFICIÊNCIA DE SISTEMA DE AQUECIMENTO AUXILIAR PARA AVIÁRIOS, COM BASE NOS ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO*

AUXILIARY HEATING SYSTEM EFFICIENCY FOR POULTRY HOUSING, BASED ON THERMAL INDEXES

Alessandro Torres CAMPOS¹; Élcio Silvério KLOSOWSKI²; Francine Aparecida SOUSA³; Patricia Ferreira PONCIANO³; Franciele Clenice NAVARINI⁴; Tadayuki YANAGI JUNIOR¹

1. Professor, Doutor, Departamento de Engenharia, Bolsista Produtividade do CNPq, Universidade Federal de Lavras - UFLA, MG, Brasil, campos@deg.ufla.br; 2. Professor Doutor, Centro de Ciências Agrárias – UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil; 3. Doutoranda em Engenharia Agrícola - UFLA, Lavras, MG, Brasil; 4. Mestre em Zootecnia - Centro de Ciências Agrárias – Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil.

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar protótipos de aquecedor solar para pintinhos com 1,0; 1,5 e 2,0 m de diâmetro (tratamentos AQ1, AQ2 e AQ3, respectivamente) com base nos índices de conforto térmico no município de Marechal Cândido Rondon, Paraná. Valores de temperatura de globo negro, bulbo seco, bulbo úmido e velocidade do vento foram registrados acima do dissipador e nas condições externas. Os dados foram coletados a cada duas horas, entre 08h00min e 16h00min durante o período experimental. Com base em valores horários por aquecedor, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o Índice de Temperatura Globo Umidade (ITGU) não apresentaram resultados que diferenciassem entre os coletores avaliados. A maior Carga Térmica de Radiação (CTR) foi observada para AQ1 e AQ2 às 14 h. Quando se comparam os aquecedores, independente do horário de observação, verifica-se que os maiores valores de ITU e ITGU ocorreram para AQ1 e AQ3 e a CTR para AQ1. O horário para o qual foram observados os maiores valores destes índices foi às 14 h. Concluiu-se que o sistema de aquecimento pode se constituir uma alternativa para uso em aviários já que propicia condições de conforto térmico semelhante aos sistemas empregados comercialmente.

PALAVRAS-CHAVE: Aquecedor solar. Aves. Equipamentos. Instalações. Pintinhos.

INTRODUÇÃO

Apesar de haver conquistado altos índices de produção, a instalação avícola é um dos pontos em que se exigem, atualmente, maiores preocupações quando se trata do conforto térmico para frangos de corte (FUNCK; FONSECA, 2008). Menegali et al. (2009) avaliam que a indústria avícola brasileira, adicionalmente aos antigos investimentos já realizados em genética, nutrição e manejo, passou também a buscar nas instalações e no ambiente, possibilidades de melhoria no desempenho das aves e redução de custos de produção, como forma de manter a competitividade.

Dados da literatura revelam que, tanto o estresse por calor, quanto o por frio, durante as primeiras três semanas de vida das aves, podem causar perda de peso corporal, além de outros prejuízos para a saúde do animal (MOURA et al., 2008). Quando as condições ambientais não estão dentro do limite adequado, que é caracterizado pela zona de termoneutralidade, o ambiente torna-se desconfortável. O desenvolvimento do pintinho em condições ambientais de termoneutralidade, em particular na primeira semana de idade, é condição relevante para o desenvolvimento futuro do animal (MARCHINI et al., 2009). Segundo Ponciano et al. (2011), animais mantidos nas suas zonas de

termoneutralidade evitam o desperdício tanto de energia metabólica, que é gasta para a manutenção da temperatura corporal (para conservar ou dissipar calor), quanto evita o gasto de energia calorífica utilizada para o funcionamento dos sistemas de climatização.

Após a eclosão, o desenvolvimento inicial do pintinho é fundamental para o melhor desempenho do frango de corte até o final do ciclo de produção (TEIXEIRA et al., 2009).

Diferentes tipos de aquecedores foram criados com o passar do tempo e tem sido utilizados pelos criadores para aquecer o ambiente de produção das aves nas primeiras semanas de vida e, com isso, propiciar condições térmicas adequadas ao bom desenvolvimento das aves (ZANATTA et al., 2008).

Atualmente, as demandas do mercado nacional e internacional exigem ações voltadas à sustentabilidade (MENEZES et al., 2009). O uso de fontes renováveis de energia vem ganhando espaço no mundo moderno. O aproveitamento de energia apresenta um papel importante na redução do consumo de combustíveis fósseis e, coloca em evidência, tanto o meio ambiente, como a conservação de energia (SILVA; MENEZES, 2007). Neste sentido, o desenvolvimento e a implementação de alternativas tecnológicas com

vistas à conservação de energia podem gerar impactos socioeconômicos positivos (GALBIATTI et al., 2010).

Dentre os sistemas empregados para o aquecimento de aviários, pode-se destacar o automático, a gás liquefeito de petróleo e à lenha (Funck & Fonseca, 2008); fornalha a carvão vegetal (CORDEIRO et al., 2010), lâmpadas (CARDOSO SOBRINHO et al., 2003) e os pisos aquecidos (ABREU et al., 2000).

Apesar dos esforços de alguns pesquisadores com o desenvolvimento de equipamentos alternativos, com o uso de biogás (SANTOS et al., 2007), a maioria dos sistemas utilizados em aviários, utilizam energia elétrica e fóssil (RESENDE et al., 2008), que se constituem dos insumos mais caros no processo produtivo (SANTOS et al., 2007).

Portanto, considerando o potencial energético solar do Brasil, justifica-se o emprego desta fonte renovável de energia no aquecimento, em substituição ou associada a outras formas de energia.

Diante de tais considerações o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o índice de temperatura e umidade (ITU), índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) e carga térmica da radiação (CTR) ao nível das aves, proporcionados por um sistema auxiliar de aquecimento com uso de energia solar para pintainhos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na região Oeste do Paraná, cujas coordenadas geográficas são: 24°33'40" de latitude Sul, 54°04'12" de longitude Oeste e altitude média de 420 m. O clima local, de acordo com a classificação proposta por Köppen, é do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. Os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam entre 1600 e 1800 mm, com o trimestre mais chuvoso apresentando totais variando entre 400 e 500 mm.

O aquecedor proposto, foi concebido para atuar como equipamento auxiliar a sistemas convencionais de aquecimento, a ser empregado nos horários do dia com incidência de radiação solar (das oito às 18 horas no período de inverno), podendo economizar até 10 horas de uso de equipamentos que demandam energia (à lenha, à gás ou à energia elétrica, por exemplo), perfazendo, neste caso, uma economia de até 40% de consumo de energia. No período noturno e naqueles com

baixa incidência de radiação, o sistema convencional de aquecimento deve ser acionado. O protótipo foi composto por um sistema de aquecimento auxiliar para pintinho com aproveitamento de energia solar por coletor solar plano, conjunto de tubulação de polietileno para conexão, bombas para recalque da água e o dissipador de calor.

Os coletores solares planos foram confeccionados em chapa de aglomerado e madeira. A face inferior destes coletores foi fechada com chapa de aglomerado pintada de preto fosco e as laterais fechadas com ripas de madeira também pintadas de preto fosco de forma a permitir maior absorção da radiação solar (Figura 1). No interior destes coletores foi instalada uma tubulação de polietileno de 12,7 mm de diâmetro disposta em formato geométrico helicoidal com superfície de coloração preto fosco (Figura 1). A tubulação de polietileno apresentava diâmetros da disposição helicoidal (d) de 1 metro, 1,5 metros e 2 metros em coletores distintos, como pode ser observado na Figura 2. Visando à concepção de um equipamento de baixo custo, para recobrir a face superior, optou-se por substituir o vitral por uma dupla camada de plástico transparente de espessura de 200 micra com 75% de transparência (Figura 1). Estes coletores foram dispostos no eixo Leste-Oeste com inclinação de 34,55° em relação à superfície, de forma a expor a maior área possível à radiação solar com face absorvedora voltada para o Norte.

Para determinação do ITU, ITGU e CTR, foram empregadas as seguintes equações:

$$ITU = Tbs + 0,36 Tpo - 330,08 \quad (1)$$

em que,

ITU: Índice de temperatura e umidade, adimensional;

Tbs: temperatura do bulbo seco, K, e

Tpo: temperatura do ponto de orvalho, K.

$$Tpo = \frac{(186,4905 - 237,3 \times \log e)}{(\log e - 8,2859)} \quad (2)$$

em que,

Tpo: temperatura do ponto de orvalho, °C, e

e: pressão atual de vapor d'água, hPa.

$$ITGU = Tgn + 0,36 Tpo - 330,08 \quad (3)$$

em que,

ITGU: Índice de temperatura de globo negro e umidade, adimensional;

Tgn: temperatura do globo negro, K, e

Tpo: temperatura do ponto de orvalho, K.

Tbs: Temperatura de bulbo seco, K.

$$TRM = 100 \sqrt[4]{2,51 \sqrt{v} (Tgn - Tbs) + \left(\frac{Tgn}{100}\right)^4} \quad (4)$$

$$CTR = \sigma (TRM)^4 \quad (5)$$

em que,

TRM: Temperatura radiante média, K;

v: Velocidade do vento, m s⁻¹;

Tgn: Temperatura de globo negro, K, e

em que,

CTR: Carga térmica de radiação, W m⁻²;

σ: Constante de Stefan-Boltzmann, 5,67x10⁻⁸ W m⁻² K⁻⁴, e

TRM: Temperatura radiante média, K.

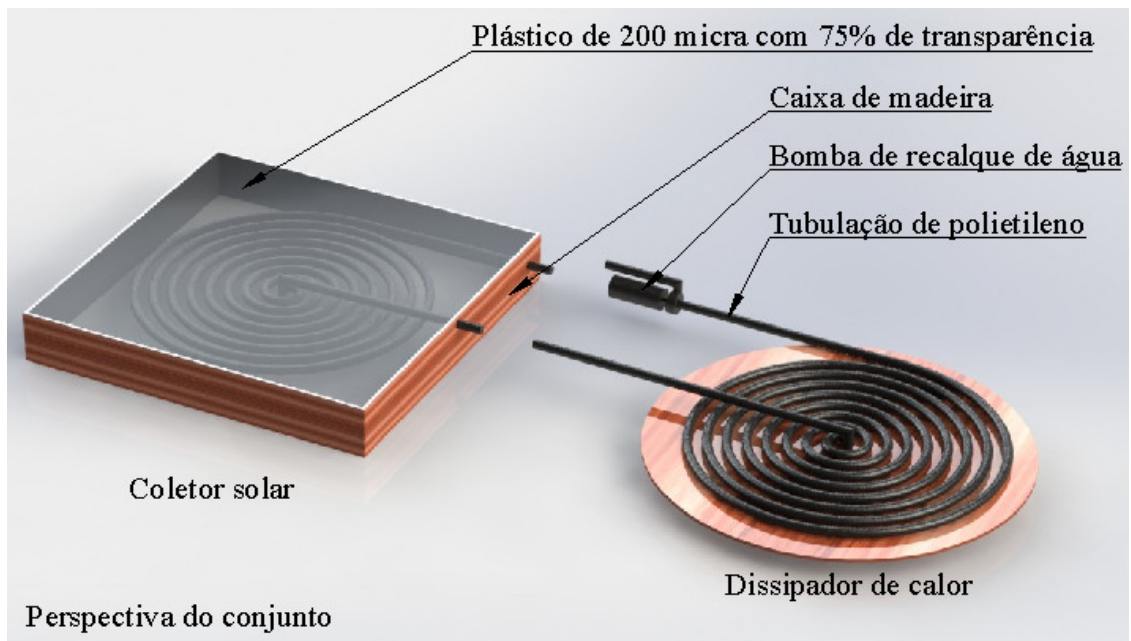


Figura 1. Esquema, em perspectiva, do protótipo.

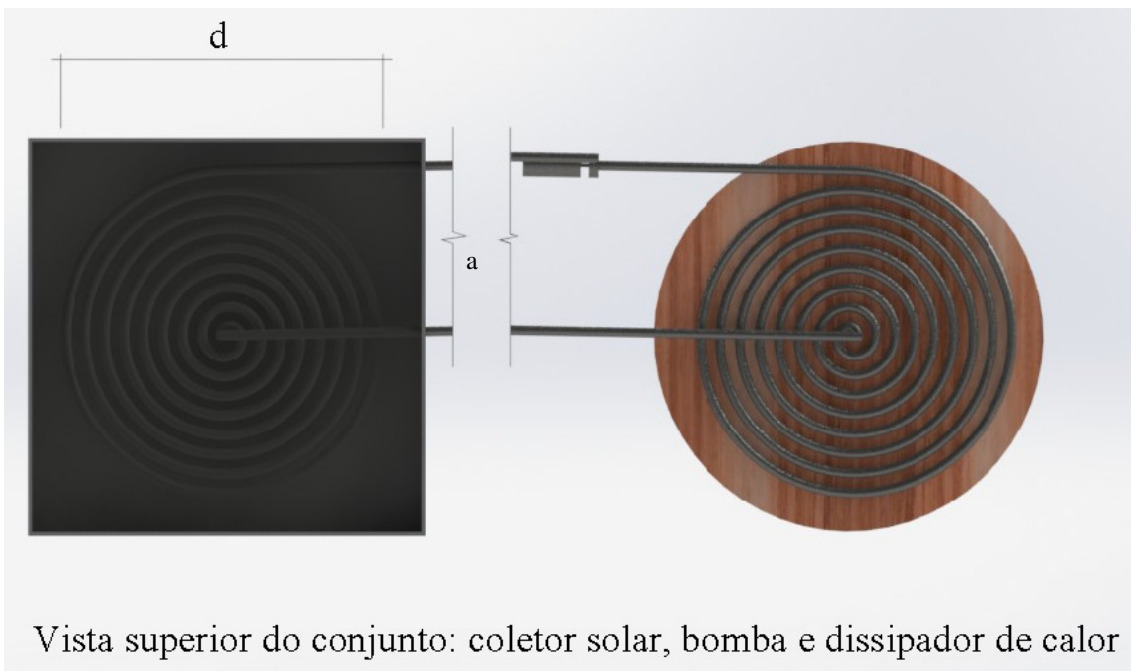


Figura 2. Esquema demonstrando a vista superior do protótipo. d: diâmetro.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com repetições no tempo. Como procedimento estatístico, aplicou-se análise de regressão por meio do teste F ao nível de 1% de probabilidade e o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparar os valores médios dos tratamentos, horas e suas interações. O programa estatístico utilizado nas análises foi o SAS versão 8.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período em que o sistema auxiliar de aquecimento com uso de energia solar foi avaliado, observaram-se as temperaturas: média do

ar de 27,0 °C; máxima média de 29,1 °C; mínima média de 25,0 °C; máxima absoluta de 34,0 °C e mínima absoluta de 18,0 °C. A umidade relativa do ar média foi de 69,7%. De acordo com Jácome et al. (2007), para minimizar a desidratação dos pintos, os níveis de UR nos primeiros dias devem ser de 70% sendo que, após este período, de 50 a 60%, aceitáveis.

Na Tabela 1, verifica-se os valores de ITU observados no período experimental não foram suficientes para provocar diferenças estatísticas significativas (Teste Tukey, $P < 0,05$) no ambiente térmico proporcionado pelos aquecedores solares auxiliares de diferentes diâmetros para os horários de observação.

Tabela 1. ITU médio correspondente aos aquecedores solares AQ1, AQ2 e AQ3 e abrigo meteorológico (EXT) em função dos horários de observação. Table 1. Medium ITU corresponding to the solar heaters AQ1, AQ2 and AQ3 and weather station (EXT) in function of observation times

Tratamentos	Horários				
	08 h	10 h	12 h	14 h	16 h
AQ1	64,21 a	71,33 a	75,88 a	78,72 a	75,62 a
AQ2	63,71 a	70,25 a	74,41 a	76,91 a	75,06 a
AQ3	65,49 a	72,77 a	78,02 a	81,06 a	80,51 a
EXT	64,10 a	71,43 a	75,44 a	76,86 a	75,37 a

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Observa-se na Tabela 1 que os valores médios de ITU variaram de 63,71 a 81,06. Os menores valores deste índice foram observados às 08 h e os maiores às 14 h, seguindo variação semelhante à observada para a temperatura do ar que depende da radiação líquida disponível à superfície. Para as primeiras semanas de vida da ave, Silva et al. (2004) consideram um valor de ITU ideal entre 72,4 e 80, valor que decresce até 64,5 na terceira semana de idade com o pleno desenvolvimento fisiológico do sistema termorregulatório da ave.

Os valores de ITU observados no AQ3 às 10 h e em todos os outros aquecedores a partir de 12 h podem ser considerados adequados para proporcionar conforto térmico para aves na primeira semana de idade, segundo o recomendado por Silva et al. (2004).

No entanto, Campos (1986) sugere que a temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido, empregadas no cálculo da temperatura de ponto de orvalho, a partir da qual se determina o ITU, não variam tão expressivamente quanto a temperatura de globo negro. Fato que se explica, de acordo com o que sugerem Santos et al. (2009), pelo

termômetro de globo negro para detectar a carga térmica de radiação emitida pelo meio ou pelos sistemas de aquecimento e que não é detectada por termômetros de mercúrio comuns, tornando o ITGU o indicador mais adequado para as condições de conforto térmico para as aves.

Na Tabela 2 pode-se observar os valores de ITGU dos tratamentos. Estes valores não apresentaram diferença estatística no ambiente térmico.

Os valores médios de ITGU por horário de observação (Tabela 2) variaram de 65,21 a 81,36. Para este índice também os menores valores foram observados às 08 h e os maiores às 14 h. Segundo Oliveira et al. (2006) o intervalo de ITGU considerado ideal para a produção de aves na primeira semana de vida é de $81,3 \pm 0,31$ a 77,0. Verifica-se que valores de ITGU entre 78,6 e 81,6 que ocorreram no AQ1 e AQ3 no horário de 14 h e no AQ3 no horário de 16h estão dentro do considerado a adequado à produção.

Cardoso Sobrinho et al. (2003) também observaram redução de mortalidade e aumento do consumo de ração para aves de 1 a 14 dias de vida, utilizando sistema de aquecimento com gás natural.

Este sistema de aquecimento proporcionou um custo por ave menor que o observado para sistema

utilizando como fonte de aquecimento o gás liquefeito de petróleo e a energia elétrica.

Tabela 2. ITGU médio correspondente aos aquecedores solares AQ1, AQ2 e AQ3 e abrigo meteorológico (EXT) em função dos horários de observação. Table 2. Medium ITGU corresponding to the solar heaters AQ1, AQ2 and AQ3 and weather station (EXT) in function of observation times

Tratamentos	Horários				
	08 h	10 h	12 h	14 h	16 h
AQ1	66,56 a	73,93 a	77,78 a	80,52 a	78,40 a
AQ2	65,21 a	71,63 a	75,40 a	78,16 a	76,18 a
AQ3	65,69 a	73,02 a	78,03 a	81,36 a	79,97 a
EXT	66,30 a	74,83 a	78,56 a	80,46 a	77,02 a

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Para aves com idade de 7 a 17 dias, Santos et al. (2009) encontraram valores médios de ITGU entre 72,8 e 73,7 para sistema de aquecimento a gás e entre 73,8 e 75,2 para sistema de aquecimento a lenha, considerando adequados para aves nesta idade. Valores dentro desta amplitude foram proporcionados por aquecedores solares auxiliares de todos os diâmetros testados a partir de 12 h. No horário de 10 h, somente AQ1 e AQ3 propiciaram condições adequadas de conforto térmico para aves nesta idade. No horário de 08 h haveria necessidade de outra fonte de aquecimento para as aves em virtude dos valores de ITGU se encontrarem entre 65,21 e 66,56, caracterizando uma situação de

desconforto ambiental e podendo comprometer o crescimento e produtividade das aves na fase inicial (ROCHA et al., 2010).

A CTR é um índice físico de conforto que inclui fatores como temperatura, radiação e velocidade do vento, por isso, foi considerada por Welker et al. (2008) o meio de comparação mais completo. De acordo com o que se verifica na Tabela 3, a CTR correspondente aos horários de observação diferiram estatisticamente entre os distintos diâmetros de aquecedores solares empregados neste trabalho e entre estes e o ambiente externo, exceto para os horários de 10 h e 16 h.

Tabela 3. CTR média correspondente aos aquecedores solares AQ1, AQ2 e AQ3 e abrigo meteorológico (EXT) em função dos horários de observação. Table 3. Medium CTR corresponding to the solar heaters AQ1, AQ2 and AQ3 and weather station (EXT) in function of times of observation

Tratamentos	Horários				
	08 h	10 h	12 h	14 h	16 h
AQ1	453,07 a	503,85 a	518,00 ab	536,31 a	507,91 a
AQ2	441,41 ab	472,96 a	495,54 ab	520,16 a	502,04 a
AQ3	421,94 b	458,09 a	479,90 b	511,53 b	485,73 a
EXT	450,85 a	507,76 a	533,67 a	550,27 a	504,44 a

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Os valores médios de CTR dos diferentes diâmetros de aquecedores solares auxiliares variaram entre 421,94 W m⁻² e 536,31 W m⁻². A partir do horário de 10 h, todos os aquecedores proporcionaram carga térmica de radiação acima 450 W m⁻², condição, sugerida por Baêta e Souza (2010), como adequada para frangos de corte. Estes valores de CTR se assemelham aos obtidos por

Pandorfi et al. (2005) em sistemas de aquecimento para suinocultura com piso térmico (473 W m⁻²), lâmpada incandescente (493 W m⁻²) e resistência elétrica (496 W m⁻²), mas são inferiores aos 550 W m⁻² obtidos para lâmpada de infravermelho.

O maior valor da CTR do ambiente externo deve-se possivelmente ao fato de que este parâmetro de conforto ambiental expressa o ganho de calor na

forma de radiação recebida pelo globo negro de toda a sua vizinhança. O termômetro de globo negro instalado no ambiente externo estava localizado muito próximo à cobertura do abrigo meteorológico,

portanto, recebeu desta uma maior carga de radiação térmica.

Considerando todo o período experimental e os horários de observação, os valores médios de ITU, ITGU e CTR encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. ITU, ITGU e CTR médios correspondente aos aquecedores solares AQ1, AQ2 e AQ3 e abrigo meteorológico (EXT) durante todo o período experimental. Table 4. Medium . ITU, ITGU and CTR corresponding to the solar heaters AQ1, AQ2 and AQ3 and weather station (EXT) during the experimental period

Tratamento	ITU	ITGU	CTR
AQ1	73,1517 ab	75,438 a	503,830 ab
AQ2	72,0695 b	73,319 b	486,422 bc
AQ3	75,5698 a	75,611 a	471,438 c
EXT	72,6406 b	75,440 a	509,399 a

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Os maiores valores de ITU e ITGU foram encontrados para AQ1 e AQ3, diferindo estatisticamente dos valores observados para AQ2 e EXT. Os maiores valores de CTR foram obtidos para AQ1 que não diferiram daqueles observados para o ambiente externo (EXT).

Os valores médios de ITU para AQ1 e AQ3 encontram-se dentro da faixa de conforto térmico para aves na primeira semana de idade preconizada por Silva et al. (2004) como sendo de 72,4 a 80. Considerando os valores apresentados por estes mesmos autores de 68,4 a 76 para a segunda semana de idade, verifica-se que todos os aquecedores solares proporcionaram condições adequadas de ambiente para a produção de frangos de corte.

Os valores de ITGU para AQ1 e AQ3 se aproximam daqueles encontrados por Abreu et al. (2000) para aquecedor tipo campânula a gás (76) e do AQ2 se aproximam daqueles encontrados para um sistema de aquecimento com resistência embutida no piso (74) para a região de Concórdia.

Os valores de CTR para AQ2 e AQ3 ficaram próximos daqueles observados por Jácome et al. (2007) estudando o ambiente térmico para poedeiras na região nordeste do Brasil que variaram de 442,2 a 489,9 W m⁻² dependendo do horário de observação e do material utilizado na cobertura dos galpões. De acordo com os autores, durante a etapa inicial da fase de cria, houve falha no aquecimento das pintainhas, considerando que estes índices ambientais ficaram abaixo do desejado. A CTR de 503,83 W m⁻², observada para o AQ1, corrobora

com os valores obtidos por aqueles autores para o ambiente externo.

Ressalta-se que uma das principais finalidades do equipamento proposto, é reduzir o uso de sistemas convencionais de aquecimento durante o dia, tais como os elétricos, promovendo economia, assim como a minimização da produção de gases tóxicos, provenientes de sistemas cujo princípio de funcionamento se baseia na combustão. Como alertam Nããs et al. (2007), o CO (monóxido de carbono), resultante da queima incompleta do gás GLP, por exemplo, pode afetar os sistemas cardiovascular, nervoso central e reprodutivo das aves, quando presente em altas concentrações no ar.

CONCLUSÃO

A utilização do sistema de aquecedor solar auxiliar proposto, associado a sistemas de aquecimento convencionais, pode propiciar as condições térmicas recomendáveis para os pintainhos, constituindo-se em uma alternativa para reduzir o consumo de energia não renovável na avicultura industrial.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná, pelo financiamento desta pesquisa (Protocolo 4869).

ABSTRACT: This study had as objective to evaluate prototypes of solar heater for broiler chicken with diameter of 1.0; 1.5 and 2.0 m (treatments AQ1, AQ2 and AQ3, respectively) based on the thermal comfort indexes in

Marechal Candido Rondon, Paraná State, Brazil. The values of black globe temperature, dry bulb, wet bulb and wind speed were registered above the heater and in the external conditions. Data were collected each two hours, between 8:00 AM and 4:00 PM during the experimental period. Based on hourly values for heater, the Temperature and Humidity Index (THI) and the Black Globe Humidity Index (BGHI) didn't present results that differentiated the appraised heaters. The highest value of Thermal Heat Load (THL) was observed for AQ1 and AQ2 at 2:00 PM. When the heaters are compared, independent of the observation schedule, was verified that the largest values of THI and BGHI occurred for AQ1 and AQ3 and CTR for AQ1. The time which were observed the largest values of these indexes was 2:00 PM. It was concluded that the heating system can be constituted an alternative for use in aviaries considering that provide similar conditions of thermal comfort that the commercial systems.

KEYWORDS: Thermal comfort. Solar heater. Chicken. Buildings. Equipments.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N., BAÊTA, F. C. Metodologia de Dimensionamento de Sistemas de Aquecimento em Piso, em Função da Temperatura e Espessura de Cama, para Criação de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 19-25, 2000.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais - Conforto animal**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269p.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G. H. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the American Society of Agricultural Engineering**, USA, v. 24, p. 711-714, 1981.
- CAMPOS, A. T. **Determinação dos Índices de conforto térmico de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa - MG**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1986. 66p. Dissertação de Mestrado.
- CARDOSO SOBRINHO, J.; DECHECHI, E. C.; MACHADO, D. B.; OLIVEIRA, T. M. S. Uso do gás natural como fonte de energia no aquecimento do ar visando ao conforto térmico em aviário. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Paraná, v. 1, n. 3, p. 25-32, 2003.
- CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. DE F. F.; SILVA, J. N. DA; VIGODERIS, R. B.; PINTO, F. DE A. DE C.; CECON, P. R. Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 217-224, 2010.
- ESMAY, M. L. Principles of animal environment. AVI Publishing Company. Westport, Connecticut, 1978. 358p. (Environmental engineering in agriculture and food series).
- FUNCK, S. R.; FONSECA, R. A. Avaliação energética e de desempenho de frangos com aquecimento automático à gás e a lenha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 91-97, 2008.
- GALBIATTI, J. A.; CAMELO, A. D.; SILVA, F. G.; GERARDI, E. A. B.; CHICONATO, D. A. Estudo qualitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 432-437, 2010.
- 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 Ambiental**, Campina Grande, v. 11 n. 5, p. 527-531, 2007.
- MARCHINI, C. F. P.; SILVA, P. L.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; TAVARES, M. Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. **Archives of Veterinary Science**, Paraná, v. 12, n. 1, p. 41-46, 2007.

- MENEGALI, I.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; CECON, P. R.; GUIMARÃES, M. C. C.; CORDEIRO, M. B. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, suppl., p. 984-990, 2009.
- MOURA, D. J.; NÄÄS, I. A.; ALVES, E. C. DE S.; CARVALHO, T. M. R DE; VALE, M. M. DO; LIMA, K. A. O de. Análise de ruído para a avaliação do conforto térmico de pintinhos. **Scentia Agrícola**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 438-443, 2008.
- NÄÄS, I. A.; MIRAGLIOTTA, M. Y.; BARACHO, M. S.; MOURA, D. J. Ambiência aérea em alojamento de frangos de corte: poeira e gases. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 326-335, 2007.
- OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M. V.; CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 797-803, 2006.
- PANDORFI, I.; SILVA, I. J. O.; MOURA, D. J.; SEVEGNANI, K. B. Microclima De abrigos escamoteadores para leitões submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 99-106, 2005.
- PONCIANO, P. F.; LOPES, M. A.; YANAGI JUNIOR, T.; FERRAZ, G. A.S. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica fuzzy: uma revisão. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.60, n.1, p. 1-13, jan. 2011.
- RESENDE, O.; BATISTA, J. A.; RODRIGUES, S. Caracterização de instalações avícolas em diversos municípios do Estado de Rondônia. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 1, n. 9, p. 71-81, 2008.
- ROCHA, H. P. DA; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B. DO; SILVA, JOSÉ H. V. Índices bioclimáticos e produtivos em diferentes galpões avícolas no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 12, dez. 2010.
- SANTOS, P. A.; BAETA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Avaliação dos sistemas de aquecimento a gás e a lenha para frangos de corte. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 1, p. 9-17, 2009.
- SANTOS, T. M. B.; LUCAS JÚNIOR, J.; SILVA, F. M. Avaliação do desempenho de um aquecedor para aves adaptado para utilizar biogás como combustível. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 658-664, 2007.
- SAS Institute Inc., *SAS/STAT® Software: Changes and Enhancements, Release 8.2*, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2001, 347p.
- SILVA, E. T.; LEITE, D. G.; YURI, F. M.; NERY, F. S. G.; ZANATTA, R. A.; SANTOS, S. A.; MOURA, V.V. Determinação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para produção de aves na mesorregião metropolitana de Curitiba-PR. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Paraná, v. 2, n. 3, p. 47-60, 2004.
- SILVA, T. D.; MENEZES, M. S. Uma discussão ambiental: o aquecimento global e a busca pelo desenvolvimento sustentável, **Geografia em Atos**, Presidente Prudente, v. 1, n. 7, p. 29-43, 2007.
- SILVA, V. K.; SILVA, J. D. T.; GRAVENA, R. A.; MARQUES, R. H.; HADA, F. H.; MORAES, V. M. B. Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com rações contendo extrato de leveduras e prebiótico e criados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 690-696, 2009.

TEIXEIRA, E. N. M.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; MARTINS, T. D. D.; GIVISIEZ, P. E. N.; FURTADO, D. A. Efeito do tempo de jejum pós-eclosão, valores energéticos e inclusão do ovo desidratado em dietas pré-iniciais e iniciais de pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 314-322, 2009.

WELKER, J. S.; ROSA, A. P.; MOURA, D. J.; MACHADO, L. P.; CATELAN, F.; UTTPATEL, R. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 8, p. 1463-1467, 2008.

ZANATTA, F. L.; SILVA, J. N. DA; TINÔCO, I. F. F.; OLIVEIRA FILHO, D. O.; MARTIN, S. Avaliação do conforto térmico em aviário aquecido com gaseificador de biomassa. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 3, p. 270-284, 2008.