

EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO POR MEIO DE *PAD COOLING* EM AVIÁRIOS CLIMATIZADOS

P. G. de ABREU¹, V. M. N. ABREU¹

¹ Pesquisador Embrapa Suínos e Aves, BR 153, Km 110, CP 21, Concórdia, SC, 89700-000 e-mail: pabreu@cnpas.embrapa.br .

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 – João Pessoa - PB

RESUMO: Objetivou-se com esse trabalho avaliar a eficiência do resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de aves por meio de placas evaporativas em sistema de ventilação negativa. O sistema de resfriamento evaporativo era composto de *pad cooling* e sistema de ventilação negativa por meio de exaustores, localizados na fachada leste e oeste, respectivamente. Valores de temperatura de bulbo seco e úmido, umidade e velocidade do ar foram coletados ao longo do aviário climatizado, em pontos determinados e no ambiente externo. A eficiência das placas evaporativas foi analisada por meio da taxa de redução de temperatura e pela eficiência do resfriamento evaporativo ou eficiência de saturação. O sistema de resfriamento evaporativo utilizando *pad cooling* proporcionou baixa eficiência na redução da temperatura interna no aviário. O sistema de resfriamento evaporativo por meio de *pad cooling* em conjunto com o sistema de ventilação negativa não foram suficientes em proporcionar temperatura e umidade do ar homogênea ao longo do aviário.

PALAVRAS – CHAVE: aves, resfriamento evaporativo.

EFFICIENCY OF EVAPORATIVE COOLING SYSTEM USING "PAD COOLING" IN ACCLIMATIZED AVIARIES

ABSTRACT: It was the objective of the present work to evaluate the efficiency of a cooling adiabatic (evaporative) system in acclimatized aviaries. For this purpose, evaporative plates of negative ventilation were used. The system of evaporative cooling was composed of pad cooling and negative ventilation system obtained by means of fans, located at the opposite sides (East and West orientation, respectively). Temperature values for dry and humid bulb, humidity and air speed data were collected along the acclimatized aviary, at specific sites inside the house (or aviary) and in the external environment. The efficiency of the evaporative plates was obtained calculating the rate of temperature reduction and the evaporative cooling or saturation efficiency. The evaporative cooling system using pad cooling resulted in low efficiency in its role to reduce the internal temperature of the aviary. The evaporative cooling system using pad cooling plus the ventilation negative system did not provide homogeneous temperature and air humidity inside the aviary.

KEYWORDS: broiler, evaporative cooling.

INTRODUÇÃO: No Brasil, os sistemas de resfriamento evaporativo comumente utilizados no interior dos aviários, consistem basicamente dos sistemas de "*pad cooling*" e nebulização. Os sistemas de *pad cooling* requerem ventilação mecânica para forçar o ar através dos painéis evaporativos. Dessa forma, os sistemas de resfriamento evaporativo na criação de aves, são utilizados com o objetivo de reduzir a temperatura interna do aviário minimizando os efeitos indesejáveis do estresse calórico sobre as aves. Dependendo das condições climáticas da região onde será implantado o sistema de resfriamento evaporativo é possível diminuir, 10°C ou mais, a temperatura do ar no interior do aviário (ABREU & ABREU 1999). Uma maneira prática de se decidir sobre a adoção ou não, do resfriamento evaporativo é fazendo a análise do potencial de redução da temperatura ambiente por esse processo, em relação a

umidade relativa e a temperatura da região (TIMMONS E BAUGHMAN, 1983). Assim, essa pesquisa foi realizada com o objetivo de se avaliar a eficiência do resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de aves por meio de placas evaporativas em sistema de ventilação negativa.

MATERIAL E MÉTODOS: As medidas de velocidade, umidade e temperatura do ar foram realizadas em aviário climatizado na região Centro Oeste durante o período de verão. O sistema de resfriamento evaporativo era composto de pad cooling e sistema de ventilação negativa por meio de exaustores, localizados na fachada leste e oeste, respectivamente. O sistema de *pad cooling* consistiu de um sistema totalmente automatizado com 2 painéis evaporativos de 13 x 1,8 m, localizados na extremidade leste do aviário nas fachadas norte e sul. O consumo de água de cada placa evaporativa foi registrado por meio de hidrômetro. O aviário de 12 x 125 m possuía, cortinas laterais em rafia, telha de alumínio, forro a 2,5 m de altura, bebedouros e comedouros automáticos. As coletas foram realizadas durante o vazio sanitário utilizando um anemômetro digital para determinação da velocidade do ar na altura das aves e ao longo do aviário, no sentido longitudinal e transversal. No sentido longitudinal do aviário a velocidade do ar foi medida em 6 seções: 1 - início do aviário (leste na placa evaporativa); 2- terço inicial; 3 e 4 - parte Central; 5- 2/3 final e 6-no final (oeste- perto dos exaustores). No sentido transversal do aviário foram coletados 3 pontos de cada seção (norte, centro e sul) Fig. 1. Para a determinação da temperatura e umidade relativa do ar em cada ponto de coleta e no ambiente externo, foram utilizados termômetros de bulbo seco e bulbo úmido.

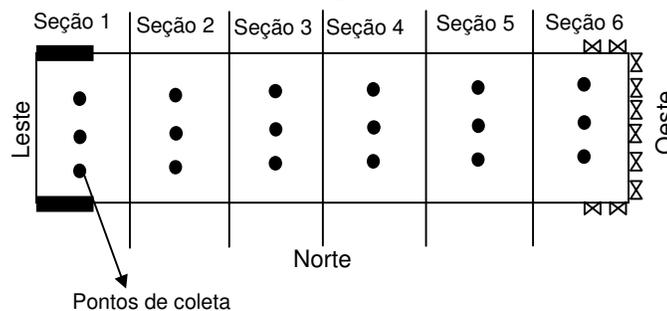


Figura 1- Distribuição dos pontos de coleta da ventilação no aviário.

A automação do sistema de ventilação negativa, era composta de 8 estágios de programação sendo que, os exaustores eram acionados a partir do estágio 4 com as cortinas laterais fechadas, assim definidos: estágio 4 - dois exaustores; estágio 5 – quatro exaustores; estágio 6 – seis exaustores; estágio 7 - oito exaustores e estágio 8 - dez exaustores, todos com acionamento das placas evaporativas, respectivamente. Os estágios foram acionados manualmente e as medidas foram tomadas após a estabilização do programa. As medidas em cada estágio foram realizadas 3 vezes ao dia durante uma semana. A eficiência das placas evaporativas foi analisada por meio da taxa de redução de temperatura, determinada pela redução percentual entre a temperatura externa e a resultante no final da placa: $Tred = [(Tbse - Tbsi)/Tbse] \times 100$, em que: Tred = Taxa de redução da temperatura, %; Tbse = temperatura de bulbo seco do ar externo, °C; Tbsi = temperatura de bulbo seco do ar resfriado, °C. Para a análise do sistema de resfriamento evaporativo adotou-se a eficiência do resfriamento evaporativo ou eficiência de saturação proposta por TIMMONS E BAUGHMAN (1983): $EPE = [(Tbse - Tbsi)/(Tbse - Tbur)] \times 100$ em que: EPE = eficiência do resfriamento evaporativo, %; Tbse = temperatura de bulbo seco do ar externo, °C; Tbsi = temperatura de bulbo seco do ar resfriado, °C; Tbur = temperatura de bulbo úmido do ar externo, °C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A eficiência da placa evaporativa na redução da temperatura incidente no aviário é apresentada na Tabela 1. A menor temperatura externa e maior umidade relativa do ar foram registradas nos estágios 5 e 6, resultando em taxas de redução de temperatura no interior do aviário muito baixas 8,9% e 10,6%. Os melhores valores da taxa de redução da temperatura pela placa evaporativa foram conseguidos quando o maior número de ventiladores foi acionado, estágio 7 e 8 (18% e 15%). Nesses estágios a umidade relativa do ar apresentou valores menores que nos estágios 5 e 6, porém maiores que o estágio 4. Apesar da umidade relativa do ar ter sido baixa no estágio 4 a Tred foi prejudicada pela temperatura externa (33,8). Observa-se também que, a Tred é maior para

ambientes com Tbs externa altas e baixa UR (estágio 4, 7 e 8), mas a medida que a UR aumenta, a Tred diminui significativamente (estágios 5 e 6,). Segundo NORTH & BELL (1990) e ABREU & ABREU (1999), o potencial de redução da Tbs externa em função da UR do ar incidente para cada estágio deveria ser: estágio 4 (31 %), estágio 5 (16%), estágio 6 (16%), estágio 7 (19%) e estágio 8 (22%). A eficiência das placas evaporativas em relação aos valores recomendados foram: estágio 4 (45 %), estágio 5 (55 %), estágio 6 (66 %), estágio 7 (95 %) e estágio 8 (68 %). Para as condições psicrométricas apresentadas, em todos os estágios, a eficiência da placa evaporativa ficou comprometida, exceto no estágio 7 onde a eficiência foi de 95 % em relação a condição recomendada. Os valores da velocidade do ar que atravessa a placa evaporativa, em todos os estágios foram abaixo de 1,0 m/s que seria o esperado. O consumo de água nas duas placas foi em média o mesmo 4,7 m³/h, porém elevado.

TABELA 1. Médias de temperatura (°C) de bulbo seco (Tbs), umidade relativa (UR, %), velocidade do ar que passa na placa evaporativa (m/s), taxa de eficiência de redução de temperatura (Tred, %) e consumo de água das placas evaporativas (Cagua, m³/h)

Variáveis	Estágios				
	4	5	6	7	8
Tbs externa	33,8	25,7	26,4	30,3	29,6
Tbs interna	29,1	23,4	23,6	24,7	25,2
UR externa	40,2	70,6	70,6	62,2	57,4
Velocidade	0,21	0,32	0,40	0,46	0,73
Tred	13,9	8,9	10,6	18,0	15,0
Cagua ²	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7

² relativo as duas placas.

Os resultados da eficiência da placa evaporativa (EPE) de acordo com TIMMONS e BAUGHMAN (1983) estão apresentados na Figura 2. Estes dados, de certa forma, confirmam os resultados obtidos com a Tred. Em todos os estágios as placas evaporativas tiveram valores de EPE abaixo de 60% não atendo a expectativa exigida para uma boa eficiência de 80%. O sistema de distribuição de água não foi considerado satisfatório, havendo perdas, pouca uniformidade de molhamento da placa e um grande espaço de tempo para o umedecimento total (mais de 1 hora para a parte externa e mais de 2 horas para a parte interna). A presença de seções secas na placa foi uma constante no período. A ausência de limpeza regular das placas (presença de algas e resíduos) contribuem para a redução da velocidade do ar passante pela placa e a eficiência do sistema.

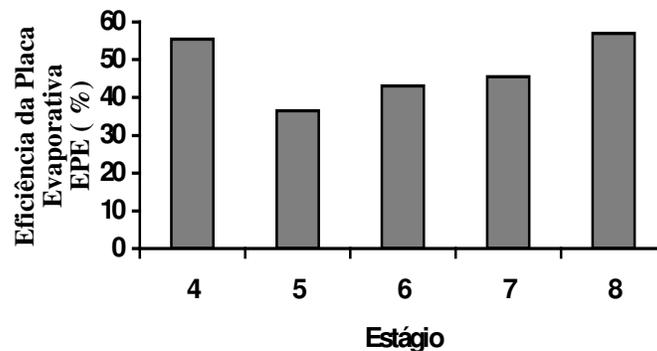
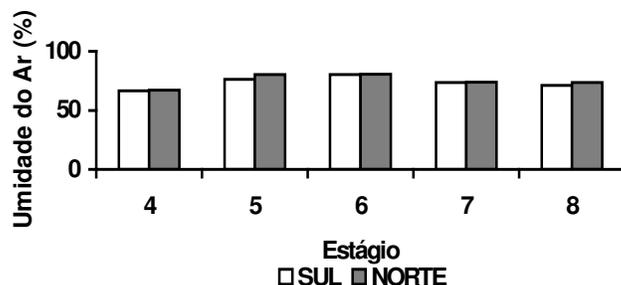


Figura 2 - Eficiência da placa evaporativa.

O comportamento da umidade relativa do ar é apresentado na Tabela 2. Observou-se que a taxa encontrada na zona de influência da placa evaporativa (seção 1) tende a ser maior que a que a região de influência do exaustores (seção 6) mas, o seu comportamento interno é irregular. Uma análise individual do comportamento das placas (norte e sul), revelou que a placa situada ao norte do edifício foi um pouco mais eficiente que a do lado sul na redução da temperatura do ar externo. Esse fato foi atribuído ao efeito do forte vento nordeste incidente na região durante a coleta de dados, não se repetindo em períodos diferentes. Verificou-se também, que em condições normais, sem a influência de ventos, a eficiência de ambas as placas é rigorosamente a mesma. Observa-se pela Figura 3, que não existe diferenças entre o lado sul e norte para a umidade relativa do ar.

TABELA 2. Médias de umidade relativa do ar (%) em cada estágio de acordo com a seção

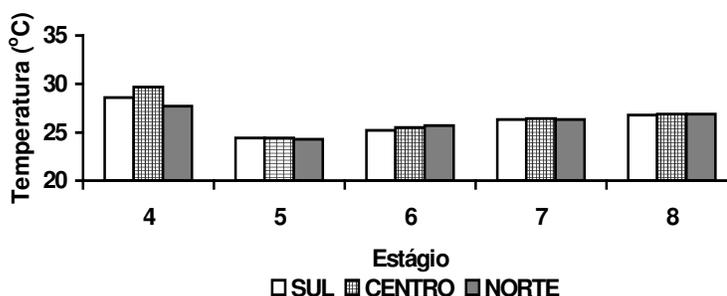
Seção	Umidade no estágio				
	4	5	6	7	8
1	68,3	78,5	84,2	77,3	77,3
2 e 3	71,8	78,9	84,3	74,1	69,7
4 e 5	66,2	78,8	79,2	74,1	75,9
6	63,9	77,0	75,0	68,2	66,9
Media	67,6	78,3	80,7	73,4	72,5

**Figura 3** - Comportamento da umidade relativa do ar, de acordo com a posição de registro.

Os dados referentes a temperatura estão apresentados pela Tabela 3. Observa-se que a temperatura do ar no final do aviário (seção 6) foi 3,1 °C (11,4%), 1,1 °C (9,5 %), 3,5 (14,7 %), 2,6 °C (10,4 %) e 2,8 °C (11,1 %) maior que a temperatura do início do aviário (seção 1) em todos os estágios. Observa-se na Figura 4, exceto no estágio 4, que possuía baixa velocidade do ar, que não há diferença de temperatura entre os lados do aviários.

TABELA 3. Temperatura média do ar (°C) em cada estágio de acordo com a seção

Seção	Estágio				
	4	5	6	7	8
1	27,1	23,3	23,8	25,1	25,3
2	27,5	23,5	24,0	24,9	25,4
3	28,3	24,2	24,9	25,7	26,7
4	29,0	24,7	25,9	26,8	27,4
5	29,8	25,2	26,8	27,7	28,2
6	30,2	25,4	27,3	27,7	28,1
Média	28,7	24,4	25,5	26,3	26,9

**Figura 4** – Valores de temperatura interna em função do estágio no lado sul, centro e norte do aviário.

CONCLUSÃO: O sistema de resfriamento evaporativo utilizando *pad cooling* proporcionou baixa eficiência na redução da temperatura interna no aviário. O sistema de resfriamento evaporativo por meio de *pad cooling* em conjunto com o sistema de ventilação negativa não foram suficientes em proporcionar temperatura e umidade do ar homogênea ao longo do aviário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ABREU, P.G. de; ABREU, V.M.N.; MAZZUCO, H. Uso do resfriamento evaporativo (adiabático) na criação de frangos de corte. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1999. 50p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 59).
- NORTH, M. O.; BELL, D. D. Poultry management consultant, Oceanside, Califórnia. 4 ed. 1990.
- TIMMONS, M. B., BAUGHMAN, G. R. Experimental evaluation of poultry mist-fog systems. Trans. of the ASAE, v.26, n.1, p.207-210, 1983.