

---

## AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE RESFRIAMENTO DO AR PARA VACAS COM ALTA PRODUTIVIDADE, EM FREE STALLS

Handrey Borges de Araújo<sup>1</sup>, Ilda de Fátima Ferreira Tinôco<sup>2</sup>, Fernando da Costa Baêta<sup>3</sup>, José Humberto Teixeira Santos<sup>1</sup>, Cecília de Fátima Souza<sup>2</sup>

### RESUMO

Com a finalidade de suprir informações sobre a melhoria do ambiente térmico para animais de elevado nível produtivo, este trabalho teve como objetivo avaliar sistemas de resfriamento do ar, com e sem presença de ventilação forçada, num sistema de produção de leite tipo baias livres”, com animais de cerca de 40 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. O galpão experimental, com orientação leste-oeste, possuía 65,60 m de comprimento, 11,10 m de vão, 3,50 m de pé-direito e 2,80 m de beiral, telhado com estrutura metálica, cobertura de alumínio com 11° de inclinação e pequena abertura na cumeeira. O galpão foi dividido em três partes, para abrigar os tratamentos: nebulização, nebulização + ventilação e testemunha. Com base nas condições experimentais, nos resultados ambientais e nas respostas animais, de forma geral, o tratamento nebulização + ventilação foi o que produziu, embora discretamente, as melhores condições de conforto e de produção.

**Palavras-chave:** baias livres, sistema de confinamento, ambiente térmico, ITGU.

### ABSTRACT

#### EVALUATION OF AIR COOLING SYSTEMS FOR HIGH YIELDING COWS IN FREE STALLS

In an attempt to improve thermal environment for high yielding animals, this study was done with animals yielding 40 kg day<sup>-1</sup> in the stall-free milk production system to evaluate the air cooling systems with or without forced ventilation. The east-west oriented experimental facility was 65.6 long, 11.1 m wide, 3.5 m from floor to the ceiling, and 2.8 m eaves, with aluminum covered metallic roof, with 11° inclination and small opening in the ridge. The facility was divided into three parts to compose the following treatments: misting; misting + ventilation and the control. Based on the experimental conditions, the environmental results and animal response, misting + ventilation slightly improved yield and comfort conditions.

**Keywords:** free stall, confinement system, thermal environment, BGHI.

---

**Recebido para publicação em 31/01/2007. Aprovado em 19/11/2009**

1 - Engenheiro Agrícola, UFV, Viçosa – MG - tel: (31) 3899.1865 – 3885.1195, e-mail: handrey@eafv.br, jhtsantos@yahoo.com.br

2 - Eng<sup>a</sup> Agrícola, Prof. Adjunta, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, e-mail: iffthinoco@ufv.br, cfsouza@ufv.br

3 - Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Professor Titular do Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, e-mail: baeta@ufv.br

## INTRODUÇÃO

Em muitos países em desenvolvimento, cada vez mais adotam-se os sistemas intensivos de produção animal. E essa produção é avaliada com certa precisão, através de medidas de variáveis apropriadas, tais como ganho de peso, eficiência alimentar e quantidade de leite. A literatura é vasta nas verificações dos fatores ambientais que impõem, coletiva ou separadamente, certo grau de desgaste nos animais, mensurável pelos resultados das disfunções verificadas na homeotermia, dar atenção às técnicas de alojamento e sobre tudo, ao ambiente de criação dos animais, deve ser apontado como uma das possibilidades determinantes de se obter benefícios que resultem em máximo desempenho produtivo dos plantéis (ARAÚJO, 2004; BARBOSA *et al.*, 2004).

As melhorias térmicas ambientais possíveis de serem implantadas podem ser de origem natural ou artificial (TITTO, 1998; TINÔCO, 2001). Dentre as medidas artificiais de condicionamento térmico, destacam-se a ventilação forçada e o resfriamento evaporativo do ar, sendo que a ventilação forçada favorece a dissipação de calor corporal principalmente por convecção, enquanto o ar resfriado evaporativamente, favorece a dissipação de calor corporal na forma sensível (BAETA e SOUZA, 1997; TINÔCO, 2001).

Tendo em vista o exposto, propôs-se, neste trabalho avaliar sistemas de resfriamento evaporativo do ar, com e sem presença de ventilação forçada, em condições de verão, num sistema de produção intensiva de leite do tipo “bairas livres”, com animais de elevado nível de produção.

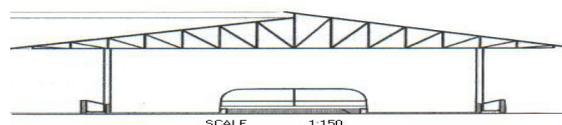
## MATERIAL E MÉTODOS

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical quente úmido com inverno frio a seco. A temperatura média anual é de 22°C e a precipitação média anual de 1.334 mm.

A fazenda produz leite tipo B com animais da raça Holandesa, puros de origem (PO) a puros por cruza (PC), em sistema de confinamento do tipo “bairas livres”. Foi utilizado um galpão aberto, com saídas para piquetes, que funcionavam como solário a permitindo o exercício dos animais, com orientação

leste oeste, possuía 65,60 m de comprimento, 11,10 m de vão, 3,50 m de pé direito a 2,80 m de beiral, telhado com estrutura metálica, cobertura de alumínio com película refletora na parte superior (pintura), com 11° de inclinação e pequena abertura na cumeeira, conforme está mostrado na Figura 1.

Foram considerados três tratamentos: nebulização, nebulização + ventilação e a testemunha (sem nenhum sistema de condicionamento artificial). Para tanto, o galpão foi dividido transversalmente em três partes, por meio de filmes de polietileno, do piso a cobertura.



**Figura 1.** Galpão de Baias Livres Utilizado no experimento.

O sistema de nebulização empregado foi o de média pressão, 600 kPa, com três linhas de água contendo bicos do tipo cerâmico com vazão de 6 L.h<sup>-1</sup>, espaçados de 2,00 m, e altura de 3,50 m. As linhas de nebulizadores do tratamento nebulização foram espaçadas de 5,00m, enquanto que no tratamento nebulização + ventilação foram posicionadas próximas aos ventiladores, espaçadas de 4,20 m.

Os seis ventiladores utilizados, foram do tipo axial, com 1,00 m de diâmetro a vazão de 280 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>, dispostos em duas linhas, espaçadas de 8,00 m, uma na lateral do galpão e a outra no centro do mesmo, posicionados a 2,80 m de altura do eixo ao piso, com o fluxo de ar a 90° em relação ao eixo longitudinal do galpão a inclinados para baixo 20° em relação á horizontal.

Os sistemas de climatização utilizados foram acionados por controladores automáticos de temperatura e umidade, individuais para cada tratamento. Os controladores acionavam a nebulização e a ventilação, de forma independente, quando a temperatura interna do ar de cada tratamento ultrapassava 23° C, desde que a umidade relativa não ultrapassasse 80%. Esta temperatura foi assumida com o objetivo de combater o estresse calórico a partir da termoneutralidade, conforme Baêta (1985).

Para caracterização das respostas fisiológicas dos animais, correspondentes aos três tratamentos, foram definidos aleatoriamente grupos de cinco animais dentre aqueles que possuíam as mais próximas características de raça, idade, número de parições, data da última parição e média produtiva.

Os efeitos de cada tratamento foram observados a partir de um período padrão inicial de oito dias, no qual todos os animais ficaram sob as mesmas condições. As leituras de temperatura de bulbo seco, a de bulbo molhado foram feitas em psicômetros não aspirados, instalados a altura de 0,80 m do piso, neste caso considerando o centro de massa das vacas, no centro de cada unidade experimental e dentro do abrigo meteorológico para o ambiente externo, em intervalos de duas horas, entre 00:00 e 24:00 h, a cada dois dias.

Os registros de produção de leite foram feitos nos três últimos dias do período pré-experimental e nos 5 últimos dias do período experimental, três vezes ao dia, às 05:00, 12:00 e 17:00 horas.

Para os dados do ambiente, considerou-se um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos (testemunha, nebulização e nebulização +ventilação) e nas subparcelas os horários (de 00:00 às 24:00 horas, de duas em duas horas) no delineamento em blocos casualizados,

onde foram consideradas nove repetições (dias experimentais) em dois períodos experimentais.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância. Para o fator qualitativo (sistema de resfriamento) as médias foram comparadas utilizando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para a produção de leite utilizou-se a estatística descritiva.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No Quadro 1, estão representados os valores médios de ITGU, acompanhados de análise estatística. Os valores do índice entre 74 a 78 indicam condições que requer cuidado, entre 79 a 84 indicam condições que requer extremo cuidado e acima de 85 indica condições consideradas de perigo, segundo NATIONAL WEATHER SERVICE (1976).

Em média, o tratamento nebulização + ventilação manteve os animais numa zona de segurança, fora do estresse calórico durante todo o tempo, presumivelmente proporcionando aos animais condições para máxima produtividade leiteira.

O tratamento nebulização manteve os animais na zona de cuidado por um período médio de oito horas e a testemunha por um período de duas horas na zona de cuidado e seis horas na zona de extremo cuidado. Segundo Baêta e Souza (1997) o valor de ITGU de

**Quadro 1.** Valores médios de (ITGU) para os tratamentos experimentais

Horário	Nebulização +Ventilação	Nebulização	Testemunha	Ambiente Externo
00:00	66.0 a	66.3 a	66.6 a	65.3 a
02:00	65.7 a	65.8 a	66.2 a	65.1 a
04:00	65.4 a	65.9 a	65.9 a	64.9 a
06:00	65.2 a	66.0 a	66.0 a	64.7 a
08:00	70.2 b	71.4 b	72.2 b	83.0 a
10:00	70.3 c	74.5 b	76.0 b	91.8 a
12:00	72.5 c	75.0 c	79.1 b	96.5 a
14:00	73.0 c	75.2 c	78.8 b	95.9 a
16:00	72.1 c	74.0 c	78.8 b	91.8 a
18:00	68.9 b	71.7 a	73.9 a	71.7 a
20:00	68.3 a	68.6 a	69.0 a	67.5 a
22:00	67.4 a	67.5 a	68.0 a	66.5 a
24:00	66.8 a	67.1 a	67.5 a	66.2 a

74 a 78 é considerado um estresse leve, enquanto que no ambiente externo os animais estariam submetidos a duas horas na zona de extremo cuidado a oito horas na zona de perigo. De acordo com Janini *et al.* (2002), os valores excedentes a 78 são considerados estado de estresse.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

No período quente do dia, o tratamento nebulização + ventilação e o tratamento nebulização foram melhores estatisticamente que o tratamento testemunha, que por sua vez foi melhor que os valores do índice calculados para o ambiente externo. No intervalo de 10:00 às 16:00, o tratamento nebulização + ventilação conduziu a uma média do índice, no intervalo, em torno de 72, enquanto que o tratamento nebulização conduziu a valores do índice em torno de 75 e a testemunha, 78. Martello *et al.* (2004) encontraram, avaliando sistema de climatização com ventilação associada à nebulização, valores de ITGU de 72,2, 79,2 e 76,7, respectivamente para os horários de 8:00, 11:00 e 13:00 horas, e 73,2, 79,2 e 80,9 sem climatização.

No exterior, para o período considerado, os valores médios do índice foram cerca de 94, mostrando uma grande diferença entre o ambiente

externo a os tratamentos, incluindo a testemunha. Este último resultado comprova a grande melhoria no ambiente térmico dos animais ao mantê-los sob cobertura.

No Quadro 2, encontram-se os valores médios de ITE, de forma geral, o tratamento nebulização+ventilação possibilitou estatisticamente melhores condições térmicas ambientais do que os tratamentos nebulização e testemunha que, por sua vez, foram melhores do que o ambiente externo. Os valores do índice entre 27°C e 32°C indicam condições que requer cuidado e acima de 32 indicam condições que requer extremo cuidado, estabelecido por Baêta (1985).

Em média, o tratamento nebulização+ventilação proporcionou menor exposição dos animais ao estresse calórico, ultrapassando em apenas dois décimos o limite de segurança por um curto período de tempo. O tratamento nebulização submeteu os animais a uma situação de cuidado por um período médio de oito horas e a testemunha por um período de dez horas diárias, enquanto que no ambiente externo os animais estariam submetidos a quatro horas na zona de cuidado e seis horas na zona de extremo cuidado.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha não diferem entre si ao nível de 5% de

**Quadro 2.** Valores Médios do Índice de Temperatura Equivalente (ITE)

Horário	Nebulização +Ventilação	Nebulização	Testemunha	Ambiente Externo
00:00	20,6 a	18,7 b	19,9 ab	18,4 b
02:00	20,1 a	18,0 b	19,2 ab	18,0 b
04:00	20,0 a	17,6 b	18,8 ab	17,6 b
06:00	19,9 a	17,1 b	18,6 ab	17,3 b
08:00	25,7 b	23,3 c	25,6 b	27,7 a
10:00	29,1 b	24,9 c	28,9 b	31,9 a
12:00	29,6 b	26,7 c	31,2 b	34,2 a
14:00	30,2 b	27,2 c	31,3 b	34,6 a
16:00	29,2 c	26,7 d	31,5 b	33,6 a
18:00	26,5 ab	22,7 c	27,4 a	25,5 b
20:00	23,3 a	21,1 b	22,7 ab	21,1 b
22:00	22,2 a	20,3 bc	21,6 ab	19,6 c
24:00	21,4 a	19,6 ab	21,0 ab	19,3 b

**Quadro 3.** Valores médios da Carga Térmica de Radiação (CTR), em W.m<sup>2</sup>

Horário	Nebulização +Ventilação	Nebulização	Testemunha	Ambiente Externo
00:00	405,6 a	413,3 a	413,4 a	410,2 a
02:00	403,4 a	412,4 a	411,5 a	411,3 a
04:00	406,7 a	411,7 a	411,1 a	410,8 a
06:00	407,7 a	412,0 a	410,3 a	408,1 a
08:00	438,0 b	441,8 b	446,7 b	708,9 a
10:00	450,1 bc	420,7 c	483,2 b	858,7 a
12:00	451,2 b	439,4 b	490,7 b	811,3 a
14:00	453,0 b	442,7 b	486,1 b	819,8 a
16:00	446,5 bc	429,2 c	486,7 b	716,8 a
18:00	434,7 a	421,3 a	449,2 a	439,1 a
20:00	421,1 a	424,6 a	424,8 a	420,0 a
22:00	414,0 a	420,4 a	421,1 a	415,4 a
24:00	410,5 a	418,1 a	419,0 a	417,3 a

probabilidade pelo Teste de Tukey.

Os valores médios horários de Carga Térmica de Radiação (CTR), em W.m<sup>2</sup>, incluindo as duas fases experimentais, estão apresentados no Quadro 3.

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste Tukey.

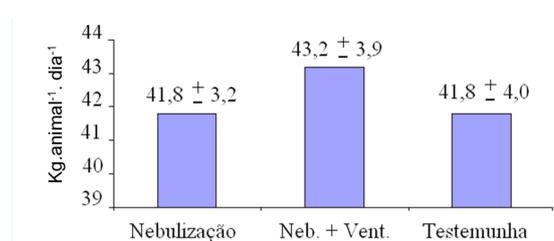
Com base nos dados apresentados no Quadro 3, observa-se que no período quente do dia, 10:00 às 16:00 horas, de modo geral, os resultados de Carga Térmica de Radiação (CTR) relativos aos tratamentos nebulização, nebulização+ventilação e testemunha não diferiram significativamente entre si, contudo, o tratamento nebulização+ventilação apresentou tendência de menores valores em relação ao tratamento nebulização que, por sua vez, foi melhor que a testemunha. No período citado, todos os tratamentos foram melhores, do ponto de vista de conforto térmico, quando comparado ao ambiente externo.

No intervalo de 10:00 às 16:00 horas, o tratamento nebulização+ventilação permitiu os menores valores de CTR, em torno de 430 W m<sup>2</sup> em média para o período considerado; o tratamento nebulização possibilitou valores em torno de 450 W m<sup>2</sup> e a testemunha, 490 W m<sup>2</sup>, enquanto que no exterior os valores foram de cerca de 800 W m<sup>2</sup>. De fato, no Quadro 3, pode-se notar também que, o tratamento

nebulização+ventilação possibilitou as menores médias, porém, sem diferir estatisticamente, do tratamento nebulização.

A CTR, que representa a carga térmica radiante a que os animais são submetidos, e que é função direta da temperatura dos elementos da circunvizinhança, vem mais uma vez reforçar o benefício do resfriamento evaporativo do tratamento nebulização+ventilação em comparação com o tratamento nebulização e testemunha.

Na Figura 2 mostram-se os valores médios diários e desvios padrão da Produção de Leite (PL) obtidos a partir da comparação entre a média de produção do período pré-experimental com o período experimental, tendo como balizamento o tratamento testemunha, que não possuía qualquer sistema de modificação ambiental.



**Figura 2.** Valores médios e desvio padrão da produção de leite.

Em termos médios, pode-se observar que o maior nível de produção foi apresentado pelos animais que estavam no tratamento nebulização + ventilação. Souza et al. (2004) afirmaram que a utilização de equipamentos de climatização (ventilação e nebulização) trazem modificações positivas no ambiente físico do 'freestall'. Verifica-se, no entanto, que os níveis de produção dos animais do tratamento nebulização, quando comparados com os níveis de produção dos animais do tratamento testemunha, foram idênticos.

Estes resultados mostram que as modificações ambientais implementadas (nebulização ou nebulização + ventilação), para as condições ambientais externas do período experimental, não foram capazes de propiciar acréscimo significativo na produção de leite, conduzindo apenas a ligeira vantagem para o sistema nebulização + ventilação, Resultados semelhantes aos encontrados por Nääs e Arcaro Junior (2001), onde as vacas submetidas à nebulização associada à ventilação tiveram produção de 1,34 kg a mais quando comparadas as que receberam apenas ventilação e 2,33 kg quando comparada a vacas sem nebulização e ventilação.

## CONCLUSÃO

- O tratamento nebulização + ventilação manteve os animais numa zona de segurança, fora do estresse calórico durante todo o tempo, proporcionando aos animais condições para máxima produtividade leiteira, enquanto o tratamento nebulização manteve os animais na zona de cuidado por um período médio de oito horas e a testemunha por um período de duas horas na zona de cuidado e seis horas na zona de extremo cuidado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, H. B. Evaluation of Evaporative Adiabatic Cooling Systems in "Free Stalls" for Cows with Yield of Milk, in Brazil. In: International Symposium New Trends in Farm Buildings, 2004, Évora. Proceedings of International Symposium New Trends in Farm Buildings. **Anais...** Évora, 2004.

BAÊTA, F. C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season.** Ph.D diss. University of Missouri. 1985.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. 1997 **Ambiência em edificações rurais – conforto animal.** Viçosa - UFV. 246p.

BARBOSA, R. O.; BOZA, P. R.; SANTOS, G. T.; SAKAGUSHI, E. S. E Ribas, N. P. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 26, no. 1, p. 115-122, 2004.

JANINI, K.; JACOBSON, L.; JOHNSON, V. **Ventilating systems for enhancing indoor environmental quality.** Biosystems and Agricultural Engineering. 2000. [on line: 07. 09. 2002] acesso: <http://www.bae.umn.edu/annrpt/2000/research/livestock8.html>.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H. ; PINHEIRO, M. G., SILVA, S. L.; ROMA JÚNIOR, L. C. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.263-273, maio/agosto. 2004.

NÃÃS, I. A. e ARCARO JÚNIOR, I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. v.5, n.1, p.139-142, 2001.

NATIONAL WEATHER SERVICE – Central Region. **Livestock Hot Weather Stres**. Letter C-31-76. 1976.

SOUZA, S. R. L.; NÄÄS, I. A.; MARCHETO, F. G. ; SALGADO, D. D. Análise das condições ambientais em sistemas de alojamento ‘freestall’ para bovinos de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFCG, v.8, n.2/3, p.299-303, 2004.

TINOCO, I. F. F. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Rev. Bras. Cienc. Avic.**, Campinas, v. 3, n. 1, 2001.

TITTO, E. A. L. **Clima: influência na produção de leite**. In: Silva, I. J. O. *Ambiência na produção de leite*. Piracicaba: ESALQ-FEALQ, 1998.p.10-23.