



## Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite<sup>1</sup>

Gledson L. P. de Almeida<sup>2</sup>, Héilton Pandorfi<sup>3</sup>, Cristiane Guiselini<sup>3</sup>,  
Gleidiana A. P. de Almeida<sup>4</sup> & Waldirene B. B. Morril<sup>2</sup>

### RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar os efeitos da climatização na pré-ordenha sobre o acondicionamento térmico, fisiologia, produção de leite e relação custo/benefício do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE). Utilizaram-se 16 vacas com produção de 18 kg de leite d<sup>-1</sup>, adotando-se delineamento em quadrado latino 4 x 4 e comparação entre as médias pelo teste de Tukey (P < 0,05). Os tratamentos adotados foram os tempos de exposição dos animais ao SRAE no curral de espera, 0, 10, 20 e 30 min. A temperatura de bulbo seco (Tbs) e umidade relativa (UR) foram registradas a cada minuto o que permitiu determinar a eficiência do SRAE por meio do índice de temperatura e umidade (ITU) e entalpia (h). A frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura de pelame (TP) foram medidas antes e depois da climatização. O tratamento 30 min permitiu manter as variáveis ambientais e os índices de conforto entre os limites recomendados. As variáveis fisiológicas (FR, TR e TP) mostraram valores inferiores no tratamento 30 min, o que refletiu positivamente na produção de leite, com aumento de 4,35%, quando comparado com o tratamento 0 min. O investimento no SRAE promoveu acréscimo na receita mensal, de R\$ 1.266,84, com tempo de retorno do capital de 58 dias.

**Palavras-chave:** bem-estar animal, bovinocultura de leite, conforto térmico, resfriamento evaporativo

## Investment in system in the pre-milking of girolando cows and its effects on milk production

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of cooling of pre-milking cows on production, physiology, thermal conditioning and the cost-benefit of the Adiabatic Evaporative Cooling System (AECS). Sixteen cows were used with an average daily milk production of 18 kg, distributed in 4 x 4 Latin square design. The Tukey test (P < 0.05) was utilized for comparison of means. The treatments (0, 10, 20 and 30 min.) consisted of exposure of pre-milking cows to the AECS. The dry bulb temperature (DBT, °C) and relative humidity (RH, %) were recorded every minute, which allowed the determination of the efficiency of the AECS through the temperature and humidity Index (THI) and enthalpy (h). The respiratory rate (RR), rectal temperature (RT) and temperature of the coat (TC) were measured before and after cooling. The 30 min. treatment kept the environmental variables and the comfort indexes within recommended limits. The physiological variables (RR, RT and TC) were lower in the 30 min treatment and reflected positively on milk production, which increased 4.35% compared to the control treatment (0 min). The investment was profitable having a 58 day return on investment and a monthly revenue increase of R\$ 1,266.84.

**Key words:** animal welfare, dairy cattle, thermal comfort, evaporative cooling system

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Agrícola/UFRPE, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE. Fone: (81) 3320-6279. E-mail: [gledson81@hotmail.com](mailto:gledson81@hotmail.com)

<sup>3</sup> DTR/UFRPE. Fone: (81) 3320-6260. E-mail: [pandorfi@dtr.ufrpe.br](mailto:pandorfi@dtr.ufrpe.br); [guiselini@dtr.ufrpe.br](mailto:guiselini@dtr.ufrpe.br)

<sup>4</sup> Graduanda UAG/UFRPE, Av. Bom Pastor s/n, CEP 55296-901, Garanhuns, PE. Fone: (87) 3761-0882. E-mail: [amelinhasbu@hotmail.com.br](mailto:amelinhasbu@hotmail.com.br)

## INTRODUÇÃO

Nos trópicos, o maior problema para a criação de bovinos, especialmente para os de produção de leite, reside na dissipação do calor corporal para o ambiente. Entretanto, este fator não está relacionado apenas às altas temperaturas mas também à sua associação com a elevada umidade relativa e à baixa movimentação do ar, o que reduz a eficiência da perda de calor e, com isto incrementa o estresse do animal (Silva et al., 2006), limitando o desenvolvimento, a produção e a reprodução (Landaeta et al., 2002; Torres Júnior et al., 2008; Vasconcelos et al., 2006). Contudo, a taxa metabólica reduzida tem implicância negativa nos índices de produtividade desses animais (Hansen, 2004; Pires et al., 2002).

O ambiente físico exerce forte influência sobre o desempenho animal uma vez que abrange elementos meteorológicos que afetam os mecanismos de transferência de calor e, assim, a regulação do balanço térmico entre o animal e o ambiente no qual a homeotermia é mantida indiretamente pelos processos de transferência de calor por radiação, convecção, condução e evaporação que ocorrem na superfície do animal (Perissinotto et al., 2007). A eficiência produtiva é maior quando os animais estão em condições de conforto térmico e não precisam acionar os mecanismos termorreguladores (Souza et al., 2005).

Neste processo de ajuste, entretanto, as funções menos vitais ao organismo, como o desempenho (produção e reprodução) e o bem-estar, podem ser atingidas quando a intensidade e a duração dos estressores ambientais excedem a capacidade compensatória dos animais, geneticamente determinada (Bertipaglia et al., 2007).

Assim, a expansão de áreas para a criação de bovinos leiteiros deve ser realizada levando-se em consideração, primeiro, o conhecimento das condições climáticas da região em estudo, para se evitar o insucesso da atividade. O monitoramento das condições climáticas tem papel fundamental na gestão da pecuária, tanto em climas quentes como em climas frios (Nienaber & Hahn, 2007).

As instalações devem oferecer conforto ao animal permitindo que ele expresse seu potencial para produção; elas devem ser construídas e planejadas com a finalidade principal de reduzir a ação dos agentes estressores que podem causar efeitos indesejáveis aos animais. As variáveis ambientais são controladas com diferentes materiais de construção, dimensionamento do espaço físico, densidade e sistema de climatização (Nääs & Souza, 2003).

O curral de espera anexo à sala de ordenha é, na maioria das fazendas, a área mais estressante para as vacas em lactação. Quando o animal é confinado no curral de espera durante 15 a 60 min, duas ou três vezes ao dia, o estresse pode ocorrer mesmo a uma temperatura ambiente moderada (Armstrong, 1994).

Os efeitos do ambiente térmico sobre as respostas fisiológicas de bovinos leiteiros como a frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura de pelame (TP), têm sido bastante estudados, principalmente para animais em lactação, como forma de caracterizar situações de estresse, explicando a tentativa do animal em perder o calor absorvido (Azevedo et al., 2005; Maia et al., 2005; Morais et al., 2008).

As diferenças sazonais na produção de leite são causadas por mudanças periódicas de temperatura e umidade durante o ano e têm efeito direto na produção de leite, pela diminuição da ingestão de matéria seca e efeito indireto pela oscilação na quantidade e qualidade do alimento (Bohmanova et al., 2007).

O investimento em climatização é uma alternativa viável e disponível para minimização do estresse térmico animal, sendo decisiva a orientação do capital investido, com garantia de retorno (Martello, 2002). Este investimento deverá ser capaz de estimar aspectos relacionados não somente à rentabilidade mas, também, à capacidade de pagamento e tempo necessário para recuperar o capital investido (Romanini et al., 2002).

Nesse contexto, a pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar e quantificar os efeitos da climatização no curral de espera sobre o acondicionamento térmico ambiental, estado fisiológico, produção de leite e relação custo/benefício do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE).

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma propriedade comercial de produção de leite tipo B, Fazenda Roçadinho, no município de Capoeiras, PE, latitude de 8° 36' 33" S, longitude de 36° 37' 30" W e altitude de 733 m. O índice pluviométrico da região é de 588 mm por ano e temperatura média anual de 22,1 °C. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como Bsh, semiárido (Vianello & Alves, 2006).

O experimento foi realizado durante a estação de verão (fevereiro a março de 2009), com duração de 56 dias divididos em 4 períodos (P1, P2, P3 e P4), totalizando 14 dias para cada período experimental, utilizando-se os sete primeiros dias de cada período para adaptação dos animais aos tratamentos; após adaptação, foram registradas as variáveis meteorológicas em cada tratamento e as variáveis externas à instalação, dados fisiológicos e de produção.

Consideraram-se, como tratamentos, quatro tempos de climatização no curral de espera, 0, 10, 20 e 30 min, no qual os animais foram expostos ao sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) antes da ordenha.

A seleção dos animais do experimento contou com 16 vacas girolando múltiparas, em lactação, com composição genética de 7/8 Holandês-Gir, com peso médio de 500 kg e produção média de leite de 18 kg d<sup>-1</sup> sendo, então, divididas ao acaso em 4 grupos (G1, G2, G3 e G4) com quatro animais para cada grupo.

O curral de espera apresentava dimensões de 3,0 m de pé-direito, 8 m de largura e 6 m de comprimento (48 m<sup>2</sup>), com piso de pedra rejuntada com pasta de cimento; referidas dimensões estão de acordo com a EMBRAPA (2009), que recomenda esta área para 20 animais adultos, com densidade de 2,4 m<sup>2</sup> animal<sup>-1</sup>. A cobertura foi feita com malha preta de sombreamento (70%), colocada em camada única sobre estrutura de madeira, sem fechamento lateral.

A composição do SRAE contou com dois ventiladores axiais da marca Ventiave, modelo P3D-Plus, equipados com motor trifásico de 0,5 HP com diâmetro de 1,0 m, vazão de 240 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>, 965 RPM, e capacidade de produzir movimentação de ar de até 2,5 m s<sup>-1</sup>, instalados com espaçamento de 6 m entre

equipamentos, a altura de 2,5 m do piso e inclinação, em relação à vertical, de 20°, direcionada para o piso.

O sistema de nebulização foi composto de cinco linhas (tubo de polietileno) com quatro bicos nebulizadores por linha, marca ASBRASIL, modelo HADAR 7110, com espaçamento de 1,5 m entre bicos e entre linhas e altura de 3,0 m do piso. Este sistema foi equipado com uma bomba centrífuga da marca Schneider®, modelo BC-92SK, motor trifásico de 0,75 CV, consumo de energia de 0,65 KW h<sup>-1</sup> e vazão de 240 L h<sup>-1</sup>. O SRAE era acionado manualmente e permanecia ligado ininterruptamente durante a permanência dos animais no curral de espera.

As variáveis meteorológicas foram registradas a cada minuto, no curral de espera e no ambiente externo, durante a permanência dos animais neste curral, por meio de dataloggers modelo HOBO Pro HB8 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA) para o registro da temperatura de bulbo seco (Tbs), da umidade relativa do ar (UR%) e da temperatura do globo negro (Tgn).

Com vista à eficiência térmica do SRAE no curral de espera, determinaram-se o índice de temperatura e umidade (ITU) proposto por Thom (1959) e entalpia (h; KJ kg<sup>-1</sup>) proposta por Albright (1990) através das seguintes equações:

$$ITU = Tbs + 0,36 \cdot Tpo + 41,5 \quad (1)$$

em que: Tbs - temperatura do bulbo seco (°C); Tpo - temperatura de ponto de orvalho (°C).

$$h = 1,006 \cdot Tbs + W(2501 + 1,805 \cdot Tbs) \quad (2)$$

em que: Tbs - temperatura de bulbo seco (°C); W - razão de mistura (kg vapor d'água kg ar seco<sup>-1</sup>).

$$W = \frac{(0,622 \times ea)}{(P - ea)} \quad (3)$$

em que: ea - pressão atual de vapor d'água (KPa); P - pressão atmosférica (KPa).

Os parâmetros fisiológicos, temperatura retal (TR; °C), frequência respiratória (FR; mov min<sup>-1</sup>) e temperatura do pelame (TP; °C) foram registrados nos dois turnos de ordenha, das 5 às 5 h 30 min e das 14 às 14 h 30 min, duas vezes por semana, antes e depois da climatização.

Determinaram-se a temperatura média do pelame de acordo com Pinheiro et al. (2000), com registros de temperatura da cabeça, dorso, canela e úbere de cada animal, em seus respectivos tratamentos, por meio da seguinte equação:

$$TP = 0,01 \cdot T_{cabeça} + 0,07 \cdot T_{dorso} + 0,12 \cdot T_{canela} + 0,08 \cdot T_{úbere} \quad (4)$$

A produção de leite (PL) foi quantificada individualmente para cada animal em seu respectivo tratamento, para as duas ordenhas diárias (manhã e tarde).

A análise técnico-econômica possibilitou a determinação da viabilidade de adoção do SRAE, por meio da quantificação

do consumo de energia elétrica (KW h<sup>-1</sup>) para os diferentes tempos de climatização, aquisição e instalação dos equipamentos. Para os cálculos também foi considerada a média do preço pago ao produtor de leite tipo B, comercializado na região do agreste pernambucano, no período correspondente ao experimento.

O custo fixo refere-se à depreciação gerada pela razão entre o valor do investimento e a vida útil e também ao custo de manutenção dos equipamentos, considerando-se a troca de bicos e filtros no decorrer de um ano, de acordo com as especificações do fabricante.

Consideraram-se, para o custo variável, os gastos com energia elétrica e água, a partir do tempo em que esses equipamentos permaneceram ligados (bomba e ventiladores).

O delineamento experimental adotado foi o quadrado latino 4 x 4, considerando-se 16 vacas distribuídas aleatoriamente em 4 grupos (G1, G2, G3 e G4) com 4 períodos experimentais (P1, P2, P3 e P4) e 4 tratamentos (0, 10, 20 e 30 min). Para a análise das variáveis estudadas (meteorológicas, índices de conforto, fisiológicas e produção) utilizou-se o software Statistical Analysis System (SAS, 1992) e as inferências obtidas foram avaliadas pelo teste de Tukey (P < 0,05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, na Tabela 1, que o valor médio para Tbs registrado no tratamento 30 min, apresentou redução significativa (P<0,05), quando comparado com os tratamentos 0 e 10 min; entretanto, todos se mantiveram dentro da zona de conforto térmico (ZCT) com temperatura do ar entre 4 e 26 °C, considerada por Huber (1990), adequada para o conforto térmico de vacas em lactação. O tratamento 30 min mostrou-se eficiente na redução desta variável, com valores da ordem de 1,5; 0,7 e 0,2 °C, quando comparado com os tratamentos 0, 10 e 20 min, respectivamente.

**Tabela 1.** Valores médios diários das variáveis ambientais registradas no interior do curral de espera, no turno da manhã

Variáveis	Tratamentos - min			
	0	10	20	30
Tbs (°C)	21,4 a	20,6 b	20,1 bc	19,9 c
UR (%)	86,5 c	90,3 b	92,5 ab	93,5 a
ITU	70,0 a	69,0 b	68,8 b	68,0 c
h (KJ kg <sup>-1</sup> )	60,4 a	59,3 b	58,7 bc	58,4 c

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Tbs - temperatura de bulbo seco; UR - umidade relativa; ITU - índice de temperatura e umidade; h - entalpia

A Tbs observada no curral de espera climatizado corrobora com estudo realizado por Arcaro Júnior et al. (2005) que verificaram redução na Tbs, às 7 h de 0,2 °C e às 14 h de 3,5 °C no interior de freestall equipado com SRAE, para vacas lactantes, quando comparado com freestall sem climatização.

Nota-se, no turno da tarde, que o sistema de climatização foi eficiente na redução da temperatura ambiente, apresentando diferenças significativas (P < 0,05) entre os tratamentos 10, 20 e 30 min, ficando os tratamentos 20 (1,0 °C) e 30 min (1,7 °C)

abaixo da temperatura crítica superior (26 °C) e inferiores aos tratamentos 0 e 10 min, que estiveram fora da ZCT em 3,2 e 0,4 °C, respectivamente (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores médios diários das variáveis ambientais registrados no interior do curral de espera, no turno da tarde

Variáveis	Tratamentos - min			
	0	10	20	30
Tbs (°C)	29,2 a	26,4 b	25,0 c	24,3 d
UR (%)	57,3 d	69,5 c	74,8 b	77,5 a
ITU	77,8 a	75,3 b	73,5 c	73,0 c
h (KJ kg <sup>-1</sup> )	70,5 a	68,7 b	66,9 c	65,8 d

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Tbs – temperatura de bulbo seco; UR – umidade relativa; ITU – índice de temperatura e umidade; h – entalpia

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2002) e Arcaro Júnior et al. (2005) atingindo a ZCT na pré-ordenha (25,2 e 22,9 °C) com exposição dos animais ao SRAE, durante 40 e 30 min, respectivamente.

A umidade relativa mostrou-se elevada em todos os tratamentos, encontrando-se acima de 70% para o turno da manhã, considerado valor limite para o conforto de vacas lactantes em climas quentes (Nääs & Arcaro Júnior, 2001). Os valores de UR registrados pela manhã (Tabela 1) apresentaram acréscimos significativos ( $P < 0,05$ ), para os tratamentos 10, 20 e 30 min, quando comparados com o tratamento sem climatização (0 min).

No turno da tarde (Tabela 2) a umidade relativa registrada nos tratamentos com climatização, aumentou significativamente ( $P < 0,05$ ) com o tempo de funcionamento do SRAE, estando os tratamentos 20 e 30 min superiores a 70% acima, portanto, da zona de conforto térmico, entre 50 e 70%, segundo recomendações de Tinôco (2001); apesar disto, para Perissinotto & Moura (2007) quando a Tbs se encontra próximo do limite superior da zona de termoneutralidade (26 °C), independente dos valores de UR, a sensação de conforto térmico para vacas em lactação é muito boa.

Arcaro Júnior et al. (2005) verificaram umidade relativa elevada com emprego do SRAE aplicado no curral de espera. Os valores encontrados foram 45,6; 38,9 e 79,8%, respectivamente, para os tratamentos controle, ventilação e ventilação associada à nebulização.

Os valores do potencial de redução da Tbs apresentaram variação inversamente proporcional aos verificados para a UR do ar, principalmente no turno da tarde, uma vez que o processo de resfriamento implica em incremento de umidade no ambiente.

Sempre que a UR aumenta para uma mesma temperatura, reduz-se o déficit de pressão de vapor mas, também, a capacidade do ar em absorver umidade. A eficiência dos sistemas de resfriamento evaporativo é diretamente proporcional ao déficit de pressão de vapor local (Carvalho et al., 2009).

Constatou-se redução significativa ( $P < 0,05$ ) no ITU para o tratamento 30 min, quando comparado com os tratamentos 0, 10 e 20 min verificando-se que, no turno da manhã (Tabela 1) o ambiente apresentou condições ideais para vacas mestiças em lactação de composição genética 7/8 holandês-zebu que,

segundo Azevedo et al. (2005) o ITU deve ser  $< 75$ . O acondicionamento no interior do curral de espera foi próximo ao obtido por Silva et al. (2002) que encontraram ITU de 72,9 no turno da manhã em curral de espera equipado com SRAE para vacas em lactação.

No turno da tarde (Tabela 2), a climatização do ambiente proporcionou redução significativa ( $P < 0,05$ ) para o ITU nos tratamentos 20 e 30 min, comparativamente com 0 e 10 min, que estiveram acima do valor considerado limite crítico superior ( $ITU < 75$ ) para vacas 7/8 holandês-zebu (Azevedo et al., 2005), em 2,8 e 0,3 unidades, respectivamente. Os resultados apontados na Tabela 2 estão próximos aos observados por Silva et al. (2002) e Arcaro Júnior et al. (2005), que obtiveram ITU de 75,5 e 74,9 trabalhando com vacas em lactação no curral de espera, com tempos de exposição dos animais à climatização de 40 e 30 min, respectivamente.

Os valores médios da quantidade de calor presente no ar expressa pela variável entalpia (h), apontam redução significativa ( $P < 0,05$ ) no turno da manhã para os tratamentos 10, 20 e 30 min, quando comparados com o 0 min (Tabela 1). Todos os tratamentos apresentam entalpia abaixo do limite crítico superior de 67,4 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco, obtido para temperatura de bulbo seco de 26 °C e umidade relativa do ar de 70% (Barbosa Filho et al., 2007); mesmo assim, o tratamento 30 min mostrou-se eficiente na redução desta variável, com valores da ordem de 2,0; 0,9 e 0,3 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco, frente aos valores encontrados nos tratamentos 0, 10 e 20 min, respectivamente.

Verifica-se, na Tabela 2, que o sistema de climatização promoveu redução significativa ( $P < 0,05$ ) na entalpia entre os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min. Os tratamentos 20 min (66,9 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco) e 30 min (65,8 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco) permaneceram abaixo do valor crítico superior (67,4 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco).

As médias de entalpia observadas neste estudo para o turno da tarde, estão abaixo das obtidas por Martello et al. (2004), que verificaram, às 13 h, valores de 74,1; 71,2 e 70,8 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco, para instalações sem climatização, com climatização por ventilação e aspersão e instalação com tela de sombreamento, respectivamente.

A análise das médias para FR (Tabela 3) não apontou diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos 10, 20 e 30; no entanto, verifica-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) quando comparados com o tratamento 0 min, apresentando valores da ordem de 27,8; 28,0; 25,8 e 36,0 mov min<sup>-1</sup>, respectivamente, embora tais valores de FR para vacas em lactação sejam considerados normais, entre 18 e 60 mov min<sup>-1</sup>, de acordo com Hahn et al. (1997).

**Tabela 3.** Valores médios dos parâmetros fisiológicos avaliados nos diferentes tratamentos no turno da manhã

Variáveis	Tratamentos - min			
	0	10	20	30
FR (mov min <sup>-1</sup> )	36,0 a	27,8 b	28,0 b	25,8 b
TP (°C)	30,1 a	27,7 b	26,7 c	26,5 c
TR (°C)	38,2 a	38,2 a	38,1 a	38,0 a
PL (kg)	10,799 b	11,003 ab	11,324 a	11,437 a

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. FR – frequência respiratória; TP – temperatura de pelame; TR – temperatura retal; PL – produção de leite

No turno da tarde também não se constataram diferenças ( $P > 0,05$ ) na FR entre os tratamentos com climatização (10, 20 e 30 min), mostrando efeito significativo ( $P < 0,05$ ) apenas quando comparados com o sem climatização (0 min), apresentando valores da ordem de 39,5; 37,0; 35,3 e 61,5  $\text{mov min}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 4), resultados que estão de acordo com os estudos realizados por Arcaro Júnior et al. (2005) que também verificaram redução na FR de 42,0 para 38,0  $\text{mov min}^{-1}$ , para vacas lactantes da raça holandesa, que tiveram acesso ao curral de espera equipado com SRAE, durante 30 min de exposição, na pré-ordenha da tarde.

**Tabela 4.** Valores médios dos parâmetros fisiológicos avaliados nos diferentes tratamentos no turno da tarde

Variáveis	Tratamentos - min			
	0	10	20	30
FR ( $\text{mov min}^{-1}$ )	61,5 a	39,5 b	37,0 b	35,3 b
TP ( $^{\circ}\text{C}$ )	38,5 a	31,9 b	30,8 b	29,8 b
TR ( $^{\circ}\text{C}$ )	39,1 a	38,9 ab	38,9 ab	38,7 b
PL (kg)	6,747 a	6,856 a	6,870 a	6,874 a

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. FR – frequência respiratória; TP – temperatura de pelame; TR – temperatura retal; PL – produção de leite

Segundo Ferreira et al. (2009) os bovinos se defendem do estresse térmico e recorrem a mecanismos adaptativos fisiológicos de perda de calor corporal para evitar a hipertermia. Desta forma, aumentam a frequência respiratória como mecanismo adicional à perda de calor por sudorese constituindo-se, ambos, em meios importantes de perda de calor por evaporação.

Constataram-se, para os valores médios da TP, diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos com climatização 20 e 30 min (26,7 e 26,5  $^{\circ}\text{C}$ ) comparativamente com o tratamento 10 min (27,1  $^{\circ}\text{C}$ ) e 0 min (30,1  $^{\circ}\text{C}$ ), para o turno da manhã (Tabela 3); no turno da tarde as médias da TP indicaram redução significativa ( $P < 0,05$ ) nos tratamentos 10, 20 e 30 min, que apresentaram valores da ordem de 31,9; 30,8 e 29,8  $^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, quando comparados com o tratamento 0 min, que apresentou valor de 38,5  $^{\circ}\text{C}$ , sem efeito significativo entre os tratamentos com climatização (Tabela 4). Os valores médios obtidos nos tratamentos 10, 20 e 30 min no turno da tarde, estão ligeiramente abaixo do valor de 32,5  $^{\circ}\text{C}$  obtido por Perissinotto et al. (2006), para bovinos leiteiros submetidos a climatização.

A temperatura de superfície corporal depende principalmente das condições ambientes de umidade, temperatura do ar e vento, e das condições fisiológicas, como vascularização e evaporação pelo suor. Assim, contribui para a manutenção da temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente em temperaturas amenas, e sob condições de estresse pelo calor, as perdas sensíveis são diminuídas e a evaporação torna-se o principal processo de perda de calor (Ferreira et al., 2006).

Em ambos os tratamentos no turno da manhã, a TR se manteve dentro dos valores fisiológicos normais (38 a 39  $^{\circ}\text{C}$ ) sugeridos por Du Preez (2000) e não se constataram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) para os valores médios nos tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, que indicaram valores da ordem de 38,2; 38,2; 38,1 e 38,0  $^{\circ}\text{C}$ , respectivamente (Tabela 3).

Os valores médios no turno da tarde (Tabela 4) apontaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) na TR entre os tratamentos 0 min (39,1  $^{\circ}\text{C}$ ) e 30 min (38,7  $^{\circ}\text{C}$ ), com redução de 0,4  $^{\circ}\text{C}$ ; verifica-se, ainda, elevação de 0,1  $^{\circ}\text{C}$  para o tratamento 0 min, sob o limite considerado normal para TR (38 a 39  $^{\circ}\text{C}$ ), sugerido por Du Preez (2000). Resultados semelhantes obtiveram Pinheiro et al. (2005), que trabalharam em sala de espera climatizada com exposição de vacas da raça Jersey em lactação, por 30 min (38,59  $^{\circ}\text{C}$ ) e testemunha sem climatização (39,11  $^{\circ}\text{C}$ ) apresentando redução de (0,52  $^{\circ}\text{C}$ ).

Segundo Mota (1997) o aumento da temperatura retal mostra que os mecanismos de liberação de calor se tornaram insuficientes para manter a homeotermia, porém para os tratamentos 10, 20 e 30 min, no turno da tarde, a TR permaneceu dentro da faixa considerada normal, sinal de que o SRAE foi eficiente na manutenção das respostas fisiológicas dos animais ao acondicionamento do microclima interno da instalação (Tabela 4).

Avaliando-se a produção do turno da manhã (Tabela 3) verifica-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos 20 e 30 min, quando comparados com o tratamento 0 min. Os animais do tratamento 10 min não apresentaram diferença significativa quando comparado com o tratamento 0 min e com os tratamentos 20 e 30 min. O aumento na produção, comparativamente com o tratamento sem climatização, foi da ordem de 0,202; 0,525 e 0,638 kg, correspondente ao acréscimo de 2,16; 4,86 e 5,90% para os tratamentos 10, 20 e 30 min, respectivamente.

Esses resultados estão de acordo com Barbosa et al. (2004) que encontraram maior produção de leite em vacas que receberam água por aspersão, antes e após a ordenha, (11,74  $\text{kg d}^{-1}$ ) contra (10,98  $\text{kg d}^{-1}$ ) para as vacas que não receberam aspersão, confirmando o efeito benéfico do umedecimento da superfície corporal no conforto térmico dos animais.

Arcaro Júnior et al. (2003) encontraram acréscimo de 3,45% na produção de leite diária em vacas holandesas submetidas a climatização no curral de espera, durante 30 min, quando comparadas com as vacas que não receberam climatização no curral de espera.

A produção de leite no turno da tarde (Tabela 4) não apresentou diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. O aumento na produção de leite, comparativamente com o tratamento sem climatização, foi da ordem de 0,109; 0,123 e 0,127 kg, correspondente ao acréscimo de 1,62; 1,82 e 1,88%, respectivamente, para os tratamentos T1, T2 e T3. Esses resultados divergem daqueles obtidos por Barbosa et al. (2004) que encontraram diferença significativa na produção de leite de vacas que receberam água por aspersão, antes e após a ordenha (7,04 kg) contra (6,74 kg) para as vacas que não receberam aspersão.

Verifica-se, portanto, aumento na produção diária de leite, da ordem de 0,313; 0,648 e 0,765  $\text{kg vaca}^{-1} \text{d}^{-1}$ , referente ao acréscimo de 1,78; 3,68 e 4,35% para os tratamentos 10, 20 e 30 min, respectivamente.

Souza et al. (2004) também obtiveram resultados satisfatórios na produção de vacas leiteiras sob efeito da climatização, afirmando que o conhecimento das relações funcionais existentes entre o animal e o ambiente, facilita a adoção de técnicas que permitem elevar a eficiência produtiva.

Verifica-se, na Tabela 5, que o investimento inicial do projeto de climatização do curral de espera foi de R\$ 2.147,80, cotação de janeiro de 2009. Este levantamento foi realizado levando-se em consideração a utilização do sistema de resfriamento adiabático evaporativo nos meses de fevereiro e março de 2009.

**Tabela 5.** Investimento e custos das instalações com nebulizadores e ventiladores

Investimento inicial	Quant.	Valor unitário (R\$)	Vida útil (anos)	Valor total (R\$)	Dep.
Ventiladores	2	450,00	15	900,00	60,00
Bicos nebulizadores	20	3,70	1	74,00	74,00
Bomba de água	1	665,00	10	665,00	66,50
Tubulação PVC	3	6,60	10	19,80	1,98
Tubulação polietileno	35	0,40	10	14,00	1,40
Filtro	1	45,00	1	45,00	45,00
Material elétrico	1	250,00	20	250,00	12,50
Material hidráulico	1	80,00	20	80,00	4,00
Mão-de-obra	2	50,00	20	100,00	5,00
<b>Total R\$</b>				<b>2.147,80</b>	<b>270,38</b>
<b>Depreciação mensal R\$</b>				<b>22,53</b>	

Quant. = quantidade; Dep. = depreciação ano<sup>-1</sup>

Considerando que a área do curral de espera foi dimensionada para 20 animais, para efeito de cálculo, fez-se uma projeção para 80 animais; portanto, o custo variável foi baseado no tempo de funcionamento do sistema de climatização, ligado por duas horas em cada ordenha, totalizando quatro horas de funcionamento diário, tempo necessário para realizar a ordenha de 80 vacas, de acordo com o manejo da fazenda.

Quanto ao consumo diário de água, consideraram-se quatro horas de funcionamento do sistema de nebulização, duas horas pela manhã (5 às 7 h) e duas à tarde (14 às 16 h), verificando-se que o custo variável mensal foi de R\$ 128,22 (Tabela 6). O custo com a água utilizada no sistema foi estimado em R\$ 86,40 mês<sup>-1</sup>, correspondendo a uma média de R\$ 3,00 m<sup>-3</sup> de água, enquanto o gasto com energia elétrica para funcionamento do sistema de climatização (bombeamento de água para acionamento do sistema de nebulização e sistema de ventilação) foi de R\$ 41,82 mês<sup>-1</sup>.

**Tabela 6.** Custo variável

Custo variável	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Consumo de água	1	86,40	86,40
Energia elétrica	1	41,82	41,82
<b>Total R\$ por mês</b>			<b>128,22</b>

A produção média diária de leite nos tratamentos 0 e 30 min foi de 17,546 e 18,311 kg vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabelas 3 e 4), o que gera variação de 0,765 kg de leite vaca<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>; extrapolando para 80 vacas em lactação, totalizando 61,2 kg d<sup>-1</sup> obtendo-se, no mês, o total de 1.836 kg de leite a mais na produção total da fazenda, quando se verifica incremento mensal de R\$ 1.266,84 (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valor monetário arrecadado durante o mês

Item	Unidade	Valor
Número de Animais	Un	80
Aumento de produção/média diária/vaca	kg de leite	0,765
Total de leite produzido dia <sup>-1</sup>	kg de leite d <sup>-1</sup>	61,2
Total de leite produzido mês <sup>-1</sup>	kg de leite mês <sup>-1</sup>	1.836
Preço de leite in natura	por kg de leite	R\$ 0,69
<b>Valor monetário mês<sup>-1</sup></b>	<b>ao mês</b>	<b>R\$ 1.266,84</b>

Tem-se, na Tabela 8, o tempo de retorno do investimento em climatização, sabendo-se que, em relação ao preço do leite no período de fevereiro a março, cotado a R\$ 0,69, o valor recebido pela venda do leite durante o mês foi de R\$ 1.266,84; subtraindo-se, deste valor, os custos variáveis e a depreciação, ter-se-á o valor do lucro real obtido pelo produtor. Por meio da razão entre o custo do investimento inicial e o valor monetário em dias (lucro), foi possível calcular o tempo de retorno do capital investido pelo produtor, em 58 dias.

**Tabela 8.** Tempo de retorno do investimento

	Mensal	Diário
Depreciação	22,53	0,75
Custo variável	128,22	4,27
Produção de leite	1.266,84	42,23
Lucro do produtor	1.116,09	37,20
Investimento inicial	2.147,80	
<b>Total de dias para o retorno de investimento</b>	<b>58 dias</b>	

Desta forma, observou-se que, no presente estudo, o retorno do investimento no SRAE foi compensador, indicando que a utilização deste recurso para redução do estresse térmico em bovinos leiteiros seria uma alternativa viável e, portanto, disponível ao produtor rural.

## CONCLUSÕES

1. A exposição dos animais a climatização por 30 min, possibilitou melhor acondicionamento térmico ambiental tendo, como resposta menores valores para as variáveis fisiológicas: temperatura retal, frequência respiratória e temperatura do pelame, promovendo aumento de 4,35% na produção de leite.
2. O investimento em climatização no curral de espera para vacas de leite em lactação, foi satisfatório e lucrativo, com tempo de retorno do capital investido de 58 dias.

## LITERATURA CITADA

- Albright, L. D. Environment control for animals and plants. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers Michigan. 1990. 453p. ASAE Textbook, 4.
- Arcaro Júnior, I.; Arcaro, J. R. P.; Pozzi, C. R.; Fagundes, H.; Matarazzo, S. V.; Oliveira, J. E. Teores plasmáticos de hormônios, produção e composição do leite em sala de espera climatizada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.350-354, 2003.

- Arcaro Júnior, I.; Arcaro, J. R. P.; Pozzi, C. R.; Fava, C. D.; Fagundes, H.; Matarazzo, S. V.; Oliveira, J. E. Respostas fisiológicas de vacas em lactação à ventilação e aspersão na sala de espera. *Ciência Rural*, v.35, n.3, p.639-643, 2005.
- Armstrong, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.8, p.2044-2050, 1994.
- Azevedo, M.; Pires, M. F. A.; Saturnino, H. M.; Lana, A. M. Q.; Sampaio, I. B. M.; Monteiro, J. B. N.; Morato, L. E. Estimativas de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebú, em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.
- Barbosa Filho, J. A. D.; Vieira, F. M. M. C.; Garcia, D. B.; Silva, M. A. N.; Silva, I. O. J. Tabela prática para avaliação do ambiente de confinamento de vacas holandesas em lactação. <http://www.nupea.esalq.usp.br/index.php>. 28 Set. 2007.
- Barbosa, O. R.; Boza, P. R.; Santos, G. T.; Sakagushi, E. S.; 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*, v.26, n.1, p.115-122, 2004.
- Bertipaglia, E. C. A.; Silva, R. G.; Cardoso, V.; Maia, A. S. C. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de características do pelame e de desempenho reprodutivo de vacas holandesas em clima tropical. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.2, p.350-359, 2007.
- Bohmanova, J.; Misztal, I.; Colet, J. B. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *Journal of Dairy Science*, v.90, n.4, p.1947-1956, 2007.
- Carvalho, V. F.; Yanagi Júnior, T.; Ferreira, L.; Damasceno, F. A.; Silva, M. P. Zoneamento do potencial de uso de sistemas de resfriamento evaporativo no sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v.13, n.3, p.358-366, 2009.
- Du Preez, J. H. Parameters for the determination and evaluation of heat stress in dairy cattle in South Africa. *Journal Veterinary Research*, v.67, p.263-271, 2000.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/instalacoes.htm>. 27 Out. 2009.
- Ferreira, F.; Campos, W. E.; Carvalho, M. F.; Pires, M. L.; Martinez, M. V. G. B.; Silva, R. S.; Verneques, P. F. Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, n.4, p.763-768, 2009.
- Ferreira, F.; Pires, M. F. A.; Martinez, M. L.; Coelho, S. G.; Carvalho, A. U.; Ferreira, P. M.; Facury Filho, E. J.; Campos, W. E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.58, n.5, p.732-738, 2006.
- Hahn, G. L.; Parkhurst, A. M.; Gaughan, J. B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. *Transactions of American Society of Agricultural Engineering*, v.40, p.97-121, 1997.
- Hansen, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal Reproduction Science*, v.82-83, p.349-360, 2004.
- Huber, J. T. Relação entre nutrição e “stress” térmico em gado leiteiro. In: *Simpósio sobre produção animal*, 6., 1989, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1990. p.63-65.
- Landaeta, H. A. J.; Yelich, J.; Lemaster, J. W. Environmental, genetic and social factors affecting the expression of estrus in beef cows. *Theriogenology*, v.57, p.1357-1370, 2002.
- Maia, A. S. C.; Silva, R. G.; Loureiro, C. M. B. Sensible and latent heat loss from the body surface of holstein cow in a tropical environment. *International Journal of Biometeorology*, v.50, p.17-22, 2005.
- Martello, L. S. Diferentes recursos de climatização e sua influência na produção de leite, na termorregulação dos animais e no investimento das instalações. Pirassununga: USP, 2002. 67p. Dissertação Mestrado
- 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*, v.24, n.2, p.263-273, 2004.
- Moraes D. A. E. F.; Maia, A. S. C.; Silva, R. G.; Vasconcelos, A. M.; Lima, P. O.; Guilhermino, M. M. Variação anual de hormônios tireoideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.3, p.538-545, 2008.
- Mota, L. S. Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras. Ribeirão Preto: USP, 1997. 69p. Tese Doutorado
- Nääs, I. A.; 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*, v.5, n.1, p.139-142, 2001.
- Nääs, I. A.; Souza, S. R. L. Desafios para a produção de leite nos trópicos – conforto térmico. In: *ZOOTEC*, 2003, Uberaba. Anais... Uberaba: FAZU, 2003. p.64-74.
- Nienaber, J. A.; Hahn, G. L. Livestock production system management responses to thermal challenges. *International Journal of Biometeorology*, v.52, p.149-157, 2007.
- Perissinotto, M.; Moura, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v.1, n.2, p.117-126, 2007.
- Perissinotto, M.; Moura, D. J.; Cruz, V. F. Avaliação da produção de leite em bovinos utilizando diferentes sistemas de climatização. *Revista de Ciências Agrárias*, v.30, n.1, p.135-142, 2007.
- Perissinotto, M.; Moura, D. J.; Matarazzo, S. V.; Silva, I. J. O.; Lima, K. A. O. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado leiteiro. *Revista de Engenharia Agrícola*, v.26, n.3, p.663-671, 2006.
- Pinheiro, M. G.; Nogueira, J. R.; Lima, M. L. P.; Leme, P. R.; Macari, M.; Nääs, I. A.; Laloni, L. A.; Titto, E. A. L.; Pereira, A. F. Efeito do ambiente pré-ordenha (sala de espera) sobre a temperatura da pele, a temperatura retal e a produção de leite de bovinos da raça jersey. *Revista Portuguesa de Zootecnia*, v.12, n.2, p.37-43, 2005.

- Pinheiro, M. G.; Roma Júnior, L. C.; Lima, M. L. P.; Nogueira, J. R.; Macari, M.; Santos, A. L.; Leme, P. R.; Nääs, I. A.; Lima, N. C.; Laloni, L. A.; Simili, F. F. Efeito do ambiente da sala de espera sobre a temperatura da pele de vacas da raça Jersey. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37, 2000, Viçosa. Anais... Viçosa: SBZ, 2000. CD Rom.
- Pires, M. F. A.; Ferreira, A. M.; Saturnino, H. M.; Teodoro, R. L. Gestation rate of Holstein females confined in free stall, during the summer and winter. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.54, n.1, p.57-63, 2002.
- Romanini, C. E.; Nääs, I. A.; Muniz, I. R. Análise do investimento em climatização para matrizes na maternidade e seu efeito no desempenho de leitões. In: Congresso Latino-Americano de Suinocultura, 2002, Foz de Iguaçu. Anais... Foz de Iguaçu: 2002. CD Rom
- SAS, Statistical Analysis System: Realease 6.08, (software). Cary: Sas Institute 1992. 620p.
- Silva, I. J. O.; Pandorfi, H.; Arcaro, I. J.; Piedade, S. M. S.; Moura, D. J. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas holandesas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.5, p.2036-2042, 2002.
- Silva, R. G.; Morais, D. A. E. F.; Guilhermino, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.4, p.1192-1198, 2006.
- Souza, E. D.; Souza, B. B.; Souza, W. H. Determinação dos parâmetros fisiológicos e gradiente térmico de diferentes grupos genéticos de caprinos no Semi-Árido. *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, n.1, p.177-184, 2005.
- Souza, S. R. L.; Nääs, I. A.; Karasawa, S.; Romanini, C. Análise do investimento em climatização para bovinos de leite em sistema de alojamento free-stall. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.2, p.255-262, 2004.
- Thom, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*, v.12, p.57-59, 1959.
- Tinôco, I. de F. F. Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.3, n.1, p.1-26, 2001.
- Torres Júnior, J. R. S.; Pires, M. F. A.; Sá, W. F.; Ferreira, A. M.; Vianna, J. H. M.; Camargo, L. S. A.; Ramos, A. A.; Folhadella, I. M.; Polisseni, J.; Freitas, C.; Clemente, C. A. A.; Sá Filho, M. F.; Paula, L. F. F.; Baruselli, P. S. Effect of maternal heat-stress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*, v.69, p.155-166, 2008.
- Vasconcelos, J. L. M.; Demétrio, D. F. B.; Santos, R. M.; Chiari, J. R.; Rodrigues, C. A.; Sá Filho, O. G. Factors potentially affecting fertility of lactating dairy cows recipients. *Theriogenology*, v.65, p.192-200, 2006.
- Vianello, R. L.; Alves, A. R. Meteorologia básica e aplicada. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. 583p.