

## **AUTOMAÇÃO NO CONTROLE DO MICROCLIMA NA PRÉ-ORDENHA DE BOVINOS LEITEIROS**

IRENILSON M. SILVA<sup>1</sup>, HÉLITON PANDORFI<sup>2</sup>, ÂNGELO J. S. VASCONCELOS<sup>3</sup>,  
RENATO LAURENTI<sup>2</sup>, CRISTIANE GUISELINI<sup>2</sup> GLEDSON L. P. DE ALMEIDA<sup>4</sup>

1 Eng. Agrícola, Mestre em Engenharia Agrícola, UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 52171-900, Recife - PE, E-mail: irenilsonmachado@yahoo.com.br; 2 Prof. Adjunto, Departamento de Tecnologia Rural, UFRPE, Recife - PE; 3 Eng. Agrícola e Ambiental, Departamento de Tecnologia Rural, UFRPE, Recife - PE; 4 Eng. Agrícola e Ambiental, Doutorando em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife - PE.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 - SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES

**RESUMO:** Devido à importância do ambiente na produção animal e, portanto, controle ambiental adequado, o trabalho propõe como objetivo a construção de um sistema de monitoramento e controle das variáveis meteorológicas, temperatura e umidade relativa do ar, de baixo custo, associado a um sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE), visando atender a necessidade do produtor de leite. O desenvolvimento do sistema controlador compreendeu as etapas de montagem, teste e aferição em laboratório e, posteriormente a etapa de validação do equipamento realizada no campo. A etapa de validação apresentou resultados que permitiram concluir que o sistema pode ser utilizado com segurança no monitoramento e controle dessas variáveis por meio dos atuadores. O controlador mostrou-se eficiente no manejo do microclima no curral de espera e permitiu a manutenção da temperatura do ar dentro da faixa de conforto para bovinos leiteiros na pré-ordenha, apresentando média de 25,09°C durante o turno da tarde. O equipamento apresentou custo inferior (R\$ 325,76) quando comparado a média de outros no mercado (R\$ 450,00).

**PALAVRAS-CHAVE:** instrumentação, variáveis ambientais, conforto térmico animal

## **AUTOMATION ON CONTROL OF THE MICROCLIMATE IN THE PRE-MILKING FOR DAIRY CATTLE**

**ABSTRACT:** Due to the importance of the environment on animal production and thus environmental control, the paper aims to build a system for monitoring and control of meteorological variables, temperature and relative humidity, low cost, which can be associated with an evaporative cooling system, to meet the need of the milk producer. The validation of the system controller of the environmental variables included all the stages of assembly, test and laboratory calibration, and later the validation of the equipment carried in the field. The validation step showed results which allowed concluding that the system can be safely used in the monitoring of these variables. The controller was efficient in management of the microclimate in the room pré-milking and allowed the maintenance of the air temperature within the comfort range for dairy cattle in pre-milking with averaged 25.09°C during the afternoon. The equipment showed the lower cost (R\$ 325.76) when compared to other middle market (R\$ 450.00).

**KEYWORDS:** instrumentation, climatic variables, animal thermal comfort

**INTRODUÇÃO:** A pecuária leiteira enfrenta constantes desafios diante da economia brasileira, e ainda apresenta problemas desde falta de informação até descaso. A automação

dos processos, nas propriedades leiteiras, ainda é uma realidade apenas para os grandes produtores de leite, com incorporação lenta e gradativa, justificada pelas restrições de disponibilidade financeira para grandes investimentos, implicando em muitos riscos para a rentabilidade e a sustentabilidade no setor (BOTEGA et al., 2008). Nos trópicos, o maior problema para a criação de bovinos, especialmente os de produção de leite, está na eliminação do calor corporal para o ambiente. As condições climáticas nessas regiões constituem os maiores desafios para os produtores, por alterarem os três processos vitais dos animais: a manutenção, a reprodução e a produção de leite (ARCARO et al., 2006). A maioria dos sistemas de automação necessita de algum tipo de interface que lhe permita avaliar o estado atual do sistema. Essa interface geralmente consiste em sensores que medem variáveis do ambiente, tais como temperatura, intensidade luminosa, teor de determinados gases no ar, umidade, etc. Os sensores captam as variáveis e as transformam num pulso elétrico. Esse pulso é geralmente transmitido a um controlador central, que reage ao estímulo segundo um método pré-estabelecido e enviam a informação aos atuadores (FROST et. al., 1997). Sendo assim, este trabalho foi conduzido com o objetivo de desenvolver um sistema de monitoramento e controle das variáveis meteorológicas, temperatura e umidade relativa do ar, de baixo custo, associado a um sistema de resfriamento adiabático evaporativo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi conduzido junto ao Departamento de Tecnologia Rural, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE e compreendeu as etapas de montagem, teste e aferição do sistema controlador em laboratório e, posteriormente a etapa de validação do equipamento realizada no campo. O controlador foi desenvolvido em laboratório, utilizando *Proto-board* para ensaios e testes operacionais. As etapas que se procederam para teste, aferição e validação foram feitas com auxílio do datalogger modelo HOBO Pro HB8 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA) para o registro da temperatura de bulbo seco (Tbs) e da umidade relativa do ar (UR%) com posterior avaliação da relação funcional entre os equipamentos por meio de análise de regressão. O controlador foi composto por uma caixa metálica com dimensões de 0,13 m de largura, 0,25 m de comprimento e 0,06 m de espessura. Dentro desta caixa haviam placas conectadas entre si formando um circuito eletrônico, e também outros componentes como display, botões, leds, chave para ligar e desligar o equipamento, porta fusível para proteger o equipamento de grandes variações de corrente, conectores do tipo DB, sendo um DB 9 utilizado para programação, um DB 15 que recebia dados registrados pelos sensores e um DB 25 para comunicação com os contactores (Figuras 1 e 2).



Figura 1. Montagem do controlador (A), vista frontal do controlador (B), conector DB 25 para comunicação entre o controlador e os atuadores.



Figura 2. Chave liga/desliga (A), entrada RS232 (DB 9) para programação (B) e comunicação RS232 (DB 15) com os sensores.

O sistema controlador baseou-se em determinados parâmetros específicos de umidade relativa do ar e temperatura, o que permitiu reduções significativas de operações e no custo de aquisição dos dispositivos eletrônicos. Foram utilizados sensores semicondutores (LM35), com variação de até 0,75 °C, dentro da faixa de temperatura de -55 °C a 150 °C e sensor série (HIH-4004), com variações de 0,5% dentro da faixa de umidade relativa de 0 a 90% e variações de até 3%, quando exposto a umidade acima de 90%. Esses sensores possuíam saída com baixa impedância, tensão linear e calibração inerente, fazendo com que a interface de leitura fosse simples, reduzindo o custo de todo sistema. O equipamento operou os dados registrados pelos sensores de temperatura (LM35) e de umidade relativa do ar (HIH-4004) e os enviou para o controlador por meio de um cabo do tipo manga, conectado ao aparelho em uma entrada DB 15, quando o controlador recebia os dados, o mesmo processava e interpretava se precisaria ou não ligar ou desligar algum dos atuadores (ventiladores e conjunto motobomba) automaticamente. Esta interpretação dependia de como fosse feita a programação do controlador, ou seja, o equipamento atuava de acordo com os limites de temperatura e umidade relativa previstos pelo programador. Para evitar falsas leituras, os sensores foram abrigados em um recipiente branco aberto na parte inferior para circulação do ar, pois, uma vez que os sensores ficassem expostos diretamente a luz solar, nebulização e ventilação poderiam alterar a leitura e assim implicar no mau funcionamento do controlador. A etapa de validação do sistema controlador foi realizada na pré-ordenha de bovinos leiteiros, equipado com o SRAE, composto por dois ventiladores axiais da marca Ventiave<sup>®</sup>, modelo P3D-Plus, diâmetro de 1,0 m, vazão de 240 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>, 965 RPM, motor trifásico de 0,5 HP e velocidade de deslocamento da massa de ar de até 2,5 m s<sup>-1</sup>. No curral de espera esses ventiladores foram fixados na face sul, com espaçamento de 6 m entre os equipamentos, a uma altura de 2,5 m do piso (medido a partir do centro do equipamento) e com inclinação, em relação à vertical, de 20°, direcionados para o piso. O sistema de nebulização foi composto por cinco linhas (tubo de polietileno), com quatro bicos nebulizadores por linha, marca Asbrasil, modelo Hadar 7110, com espaçamento de 1,5 m entre os bicos e entre as linhas, a uma altura de 3,0 m do piso. Esse sistema foi equipado com uma bomba centrífuga da marca Schneider<sup>®</sup>, modelo BC-92SK, de 0,75 CV e motor trifásico, cujo consumo de energia era equivalente a 0,65 KW h<sup>-1</sup>. A vazão de água nas linhas de nebulização foi de 240 L h<sup>-1</sup>. O SRAE foi ligado a um painel de potência e acionado automaticamente pelo controlador, o que permitiu o funcionamento do sistema de forma intermitente, durante a permanência dos animais no curral de espera. Os ventiladores e a bomba centrífuga eram acionados quando a temperatura ambiente ultrapassasse 26,0°C e a umidade relativa do ar fosse inferior a 65%, respectivamente. Para desativar os atuadores foi utilizado histerese de 1 (uma) unidade, tanto para temperatura como para umidade relativa do ar, ou seja, o controlador desligava os ventiladores e a bomba centrífuga quando a temperatura ambiente atingisse uma unidade abaixo de 26,0°C (25°C) e umidade relativa uma unidade acima de 65% (66%). Características técnicas do controlador: tensão de alimentação: 8 a 15Vcc; consumo - 61/81mA com relés desligados, 198mA com 2 relés operados; capacidade para até 10

sensores: (requer ajustes de hardware); entradas de sensores configuráveis (temperatura e umidade); ajustes de “preset” e histerese via porta serial; sensibilidade das entradas: 1,275V (fundo de escala); escala de temperatura: 0°C a 127,5 °C em passos de 0,5°C; escala de umidade: 0 a 100% em passos de 0,5%; tempo entre medições (aproximado): 8 s; avanço automático ou manual de sensores; display LCD 16x2 com luz de fundo verde, com opção liga/desliga; teclado com funções para reset, menu, sair, avanço e recuo; comunicação serial RS232 com fácil interface com o hyper terminal ou outro emulador de terminal (4800-8-n-1); configurável via porta serial; microcontrolador AT89S8252 MCS-51 INTEL, com 8 Kbytes de memória flash, 256Bytes de memória RAM, 2 Kbytes de memória EEPROM, uma interface USART, 3 timers/counters. Para iniciar a programação foi necessária a realização de algumas etapas para configurar o “hyper” terminal para em seguida o Windows criar uma conexão serial. A programação foi conduzida por meio da comunicação serial RS232 (conector DB 9). Existiam duas opções iniciais no ambiente de programação, tecla 1 (um) para iniciar e a 0 (zero) para interromper a transmissão de dados. Após iniciada a transmissão de dados, usava-se a tecla C para configurar valores de “preset” (valor de ajuste) e histerese para temperatura. Na configuração do “preset” e histerese digitava-se o valor do ajuste da variável ambiental com três algarismos sem vírgula (ex: 285 ⇔ 28,5 °C) e posteriormente realizava-se o mesmo processo para configuração da variável ambiental umidade relativa. Depois de executado todos os ajustes, usava-se a tecla S para salvar modificações, caso contrário os ajustes seriam perdidos quando desligasse o equipamento.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A etapa de teste realizada no laboratório mostrou que a relação funcional obtida pela regressão linear foi aceitável, em que se verificou coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da ordem de 0,76 e 0,86 para temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente, com base nos dados de referência registrados pelo datalogger Pro HB8 HOBO e os dados obtidos pelo monitoramento do sistema controlador (Tabela 1). No entanto, nota-se que ainda existiu a necessidade de calibração com ajuste da programação do controlador. Outro ponto de extrema importância estava associado a duas causas simultâneas: os diferentes tempos de resposta dos instrumentos, fazendo com que cada um fornecesse valores de umidade e temperatura distintos, por não estarem em equilíbrio e, a interferência devido à falta de proteção para os sensores do controlador. Na etapa de aferição, após mudança na programação do equipamento para deixar suas leituras simultaneamente em equilíbrio com o HOBO e, a disposição dos sensores do controlador em abrigo, possibilitou melhor ajuste entre os equipamentos obtendo valores de  $R^2$  de 0,97 e 0,96 para temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente, confirmando a hipótese citada na etapa anterior. A etapa de validação conduzida na pré-ordem, após os devidos ajustes no equipamento em condição de laboratório, verificou-se ótimo ajuste entre os dados registrados pelo HOBO e do sistema controlador, com valores de  $R^2$  da ordem de 0,95 e 0,94 para temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente. Estes resultados corroboram com os obtidos por SILVA et al. (2007) que desenvolveram um sistema automatizado para aquisição de dados de umidade relativa do ar e encontraram coeficiente de determinação de 0,99, quando comparado com instrumentação convencional.

Tabela 1. Valores dos coeficientes de determinação das análises de regressão para as etapas de teste, aferição e validação das variáveis temperatura e umidade relativa do ar registrada pelo controlador em relação ao HOBO.

$R^2$	Teste	Aferição	Validação
Tbs (°C)	0,76	0,97	0,95
UR (%)	0,86	0,96	0,94

Esta etapa apresentou coeficientes de determinação bem próximos aos da etapa anterior, confirmando que o equipamento mostrou-se eficiente não só em condições de laboratório, mas também de campo. Após 40 min de climatização no curral de espera o equipamento mostrou-se eficiente no controle da temperatura do ambiente, mantendo-a abaixo da temperatura crítica superior de 26 °C (PERISSINOTTO & MOURA, 2007), média de 25,09 °C, além de garantir o grau de automação necessário para o funcionamento intermitente dos atuadores. O custo do controlador incluindo todos componentes elétricos necessários para seu funcionamento foi de R\$ 325,76 (Tabela 2). Em termos comparativos com outros sistemas já existentes no mercado, como um controlador digital de temperatura e umidade relativa, modelo com dois canais, sendo um canal para temperatura e outro para umidade relativa do ar, requer um investimento de aproximadamente R\$ 453,00, ou seja, custo superior em R\$127,24, quando comparado com o protótipo desenvolvido neste trabalho.

Tabela 2. Análise do custo total do controlador de temperatura e umidade relativa.

Investimento inicial	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Controlador	1	293,39	293,39
Sensor LM35	1	3,87	3,87
Sensor HIH-4004	1	19,80	19,80
Cabo Tipo manga	2	4,35	8,70
Total R\$			325,76

**CONCLUSÕES:** 1. O sistema controlador pode ser utilizado com segurança no monitoramento e controle das variáveis ambientais, temperatura e umidade relativa ar, garantindo o grau de automação necessário para o acionamento intermitente dos atuadores na climatização de bovinos leiteiros. 2. O equipamento apresentou custo inferior quando comparado a média de outros modelos no mercado.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- ARCARO, J.R.P.; ARCARO JUNIOR, I.; POZZI, C.R.; MATARAZZO, S.V.; DIB, C.C.; FAGUNDES, H.; COSTA, E.O. Efeitos do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em free-stall sobre as respostas fisiológicas de vacas em lactação. *Boletim de Indústria Animal*, v. 63, p. 209-215, 2006.
- BOTEGA, J.V.L.; BRAGA JÚNIOR, R.A.; LOPES, M.A.; RABELO, G.F. Diagnóstico da automação na produção leiteira. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 32, n. 2, p. 635-639, 2008.
- FROST, A.R.; SCHOFIELD, C.P.; BEAULAH, S.A.; MOTTRAM, T.T.; LINES, J.A.; WATHES, C.M. A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, n.17 p. 139-159. 1997.
- 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.
- SILVA, K. O.; MORAES, S. O.; MIRANDA, J. H.; PALMIERI, A. M. Sistema automatizado para aquisição de dados de umidade relativa do ar. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v.27, n.3, p.630-638, set./dez.2007.