

## **SOFTWARE DE AGRICULTURA DE PRECISÃO PARA MONITORAR PARÂMETROS AMBIENTAIS DE CONFORTO TÉRMICO NA BOVINOCULTURA DE LEITE**

**M. M. Neto<sup>1\*</sup> e I. de A. Nääs<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> UNESP – Univ Estadual Paulista, Campus de Tupã, SP, Brasil

<sup>2</sup> UNICAMP - Univ Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola FEAGRI, Campinas, SP, Brasil

### **RESUMO**

A agropecuária brasileira precisa introduzir novas tecnologias de suporte administrativo, rompendo com práticas tradicionais e possibilitando o surgimento de novas abordagens gerenciais. Um conhecido agente estressor relacionado aos indicadores ambientais, que é o índice de temperatura e umidade (ITU) causa perdas produtivas e precisa ser monitorado corretamente para evitar que se deprima o desempenho de vacas leiteiras. Neste sentido, com base em quatro categorias do ITU, como função de valores obtidos através de análise climatológica de calor, este trabalho teve como objetivo desenvolver um aplicativo para ambiente operacional Windows que permita o acompanhamento dos valores do índice de temperatura e umidade.

**Palavras-chave:** Bem-estar animal, Índice de Temperatura e Umidade, *Software*.

### **PRECISION FARMING SOFTWARE TO MONITOR ENVIRONMENTAL THERMAL COMFORT PARAMETERS IN DAIRY CATTLE**

#### **ABSTRACT**

Brazilian agriculture needs to introduce new technologies for administrative support, breaking with traditional practices and enabling the emergence of new management approaches. A known stressor related to environmental indicators, which is the temperature and humidity index (THI) cause production losses and need to be properly monitored to avoid depress the performance of dairy cows. In this sense, based on four categories of ITU, as a function of values obtained from climatological analysis of heat, this study aimed to develop an application for Windows operating environment that allows the monitoring of index values for temperature and humidity.

**Keywords:** Animal welfare, Temperature and Humidity Index, *Software*.

---

\* [mariomollo@tupa.unesp.br](mailto:mariomollo@tupa.unesp.br)

## INTRODUÇÃO

A agropecuária brasileira encontra-se em um momento que exige e propicia a geração, difusão e utilização de modernas técnicas de produção agropecuária e de administração da propriedade agrícola. Segundo OAIGEN et al. (2013) a bovinocultura de corte brasileira tem passado por mudanças estruturais e conjunturais, sobretudo no uso de tecnologias agropecuárias, no aumento das exportações de carne e na distribuição geográfica do rebanho. Somente assim, aplicando estas novas ferramentas, o produtor terá instrumentos efetivos para auxiliá-lo no planejamento, implementação, direção e controle das atividades a serem executadas (WILKINSON, 2010; PINEDA, 2001). De acordo com AJIMASTRO JR. & PAZ (1998), é necessário introduzir novas tecnologias de suporte administrativo, rompendo com práticas tradicionais e possibilitando o surgimento de novas abordagens gerenciais. No processo de informatização e modernização da bovinocultura, diversas são as aplicações e usos da informática, muitas delas relatadas por LOPES et al. (2007), LOPES (1997) e LOPES (2002). Entre essas, destaca-se o desenvolvimento de sistemas computacionais, visando a ajudar produtores e profissionais a tomarem decisões corretas.

A prospecção da literatura revelou, entre outros, um agente estressor cuja característica pode disparar com maior ou menor intensidade o desconforto nos animais. Este agente estressor foi prospectado de maneira a revelar os seus

domínios e transforma-los em funções de pertinência como variáveis independentes como sugere o trabalho de PERISSINOTTO et al. (2009) e de AMENDOLA & SOUZA (2004). O possível estressor é o ITU (Índice Temperatura Umidade) e suas características foram abstraídas das informações obtidas do trabalho clássico de JOHNSON et al. (1963) que relatou que a produção de leite e a ingestão de matéria seca apresentaram decréscimo significativo quando o ITU mostrou valor desfavorável. Assim, como NÄÄS, (1986) afirma que a combinação de altas temperaturas com elevada umidade deprime o desempenho de vacas leiteiras. Além destes autores, WEST (2003) verificou a influência do ambiente térmico na produção de leite nos dias que precederam a ocorrência de estresse em seus experimentos e observou declínio de produção de leite por unidade de aumento no ITU. Observa-se, também, que as variáveis climáticas referentes aos índices de conforto térmico, onde os valores de ITU mostram valores desfavoráveis, estas podem ser relacionadas com o acréscimo do pH ruminal durante o estresse térmico através do mecanismo de perda de saliva como resposta psicológica para a compensação do estresse térmico. Estes conceitos foram revisitados no trabalho de FARIA et al. (2008).

Com base nos fatores acima citados, este trabalho teve como objetivo desenvolver um aplicativo para ambiente operacional Windows que permita o acompanhamento dos valores do índice de temperatura e umidade.

### *Conforto Animal, Ambiência e Bem-Estar*

Um animal é considerado em estado de estresse, ou fora da região de conforto, quando se fazem necessários

ajustes (naturais ou artificiais) em seu comportamento e/ou fisiologia, com a finalidade de facilitar a expressão de seu

fenótipo e fazer frente aos aspectos anti-homeostáticos do ambiente. Um agente estressor é definido como fator individual, natural ou artificial, endógeno ou exógeno, que contribui, direta ou indiretamente, para o estresse do indivíduo (GIESECKE, 1985).

As respostas aos estressores climáticos dependem principalmente do genótipo do animal e da intensidade do agente estressor. Seu efeito sobre os sistemas fisiológicos dos bovinos pode ser de tal magnitude, que afeta sua capacidade de crescimento, reprodução e produção (YOUSEF, 1985).

A redução na produção de leite das vacas sob estresse térmico advindo de elevadas temperaturas deve-se, primordialmente, à redução no consumo de alimentos, hipofunção da tiroide e ao gasto de energia despendida para eliminar calor do corpo. A redução no consumo de alimentos é maior quanto mais intenso o estresse térmico e seria devida, principalmente, à inibição, pelo calor, do centro do apetite localizado no hipotálamo,

### ***Termodinâmica e Parâmetros Ambientais***

MATARAZZO (2004) descreve a resposta dos animais a um evento estressante compreende três componentes principais: o reconhecimento da ameaça à homeostase ou ao bem-estar, a resposta e as consequências do estresse. Uma série de

resultante da hipertermia corporal (BACCARI, 1998). Assim, a combinação de altas temperaturas com elevada umidade deprime o desempenho de vacas leiteiras (NÄÄS, 1986). Esta redução leva a busca de pontos críticos para mitigação (BOND et al. 2012). JOHNSON & VANJONACK; apud BACCARI (1998), estudaram os efeitos da temperatura do ar e da umidade sobre a produção de leite para vacas das raças Holandesa, Jersey e Pardo Suíça, submetidas a variação da temperatura de bulbo seco (TBS) de 24 a 34 °C, enquanto a umidade relativa (UR) foi de 38 a 80% e quantificaram as respectivas perdas de produção. Enquanto para os registros de produção dentro da zona de termo neutralidade (TBS=24°C e UR=38%) os valores de produção foram de 100%, à medida que estes valores foram aumentando (TBS=34°C e UR=80%), ocorreu decréscimo na produção de leite de 59% para as vacas da raça Holandesa, 44% para as vacas da raça Jersey e, finalmente, 29% para aquelas da raça Pardo-Suíça.

fatores, como experiência anterior, genética, idade, sexo ou condições fisiológicas modela a natureza da resposta biológica de um animal a um estressor (MOBERG, 1987). As respostas aos estressores são ilustradas pela Figura 1.

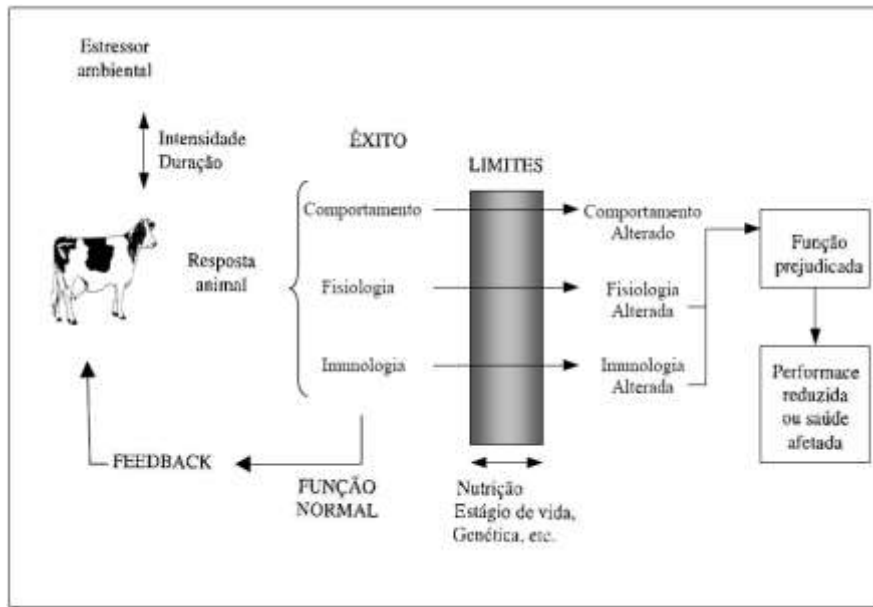


Figura 1: respostas dos animais aos estressores ambientais (MATARAZZO, 2004; HAHN, 1993).

A intensidade e duração do agente estressor atuando sobre o animal irão desencadear alterações fisiológicas, imunológicas e comportamentais à agressão do organismo em sua totalidade. O êxito das respostas de adaptação permite que a função normal continue. Entretanto, quando certos limites são ultrapassados, a função é prejudicada, afetando a sanidade e o desempenho produtivo e reprodutivo (HAHN, 1993).

As respostas fisiológicas incluem a vasodilatação periférica e aumentos na taxa de sudorese e frequência respiratória. No campo imunológico, os glicocorticoides produzem alterações no número de

glóbulos brancos e inibem a resposta linfocitária aos desafios imunogênicos. Como reação à resposta comportamental, verifica-se que os bovinos de origem europeia, não bem adaptada geneticamente ao calor, procuram sombra nas horas mais quentes do dia, durante o verão, tentando amenizar os efeitos do estresse térmico causado pela radiação solar direta (BACCARI JUNIOR, 2001). Também ocorre um aumento no número de visitas ao bebedouro, procura por sombra, e quando há disponibilidade de lagoas, os animais tendem a permanecer em pé na água, de modo a facilitar a perda de calor por condução (PIRES et al., 1998).

### ***Termoneutralidade***

MATARAZZO, 2004, chama a atenção para o fato de que os bovinos são animais homeotérmicos, isto é, são capazes de manter a temperatura corporal independente das variações da temperatura ambiente. As vacas em lactação, dependendo da raça, nível de produção, estágio fisiológico e plano nutricional,

apresentam uma faixa de temperatura ambiente na qual se encontram em conforto térmico, isto é, não sofrem estresse por frio ou calor, denominada zona de termo neutralidade (Figura 2).

Na zona de termo neutralidade, o sistema termorregulador não é acionado, seja para fazer termólise ou termogênese.

Assim, o gasto de energia para manutenção é mínimo, resultando em máxima eficiência produtiva. Os limites da zona de termo neutralidade são: a temperatura crítica inferior (TCI) e a temperatura crítica

superior (TCS). Abaixo da TCI, a vaca entra em estresse pelo frio, e acima da TCS, em estresse pelo calor (BACCARI JUNIOR, 1998).

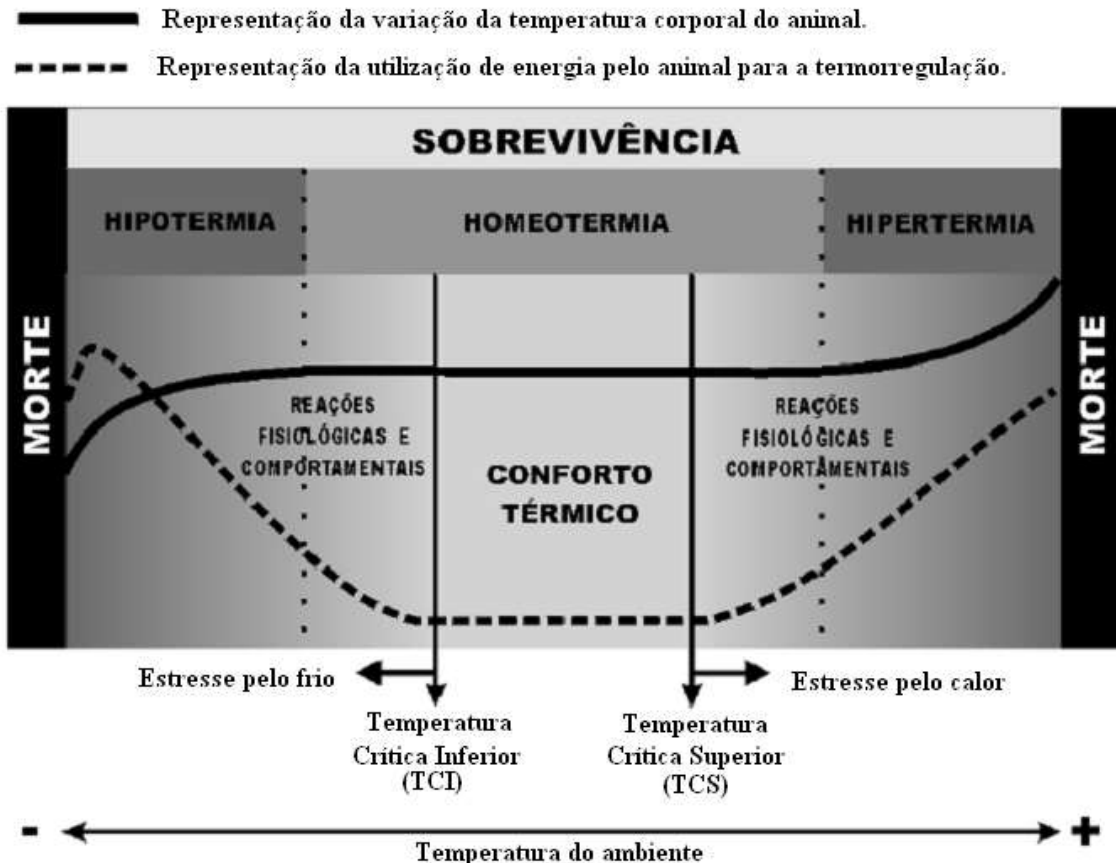


Figura 2: Zona de Termo neutralidade (MATARAZZO, 2004).

Ao ultrapassar a TCS, começam a atuar os primeiros mecanismos de termo regulação, como vasodilatação periférica, sudorese e polipnéia. Na persistência dessa situação de estresse térmico, os mecanismos de termo regulação intensificam-se, e o animal busca reduzir seu metabolismo por meio da depressão da atividade da tireóide, produzindo uma menor quantidade de tiroxina. Tal evento está associado à diminuição da ingestão de alimentos e mobilização das reservas corporais. Mesmo sob essas condições, o animal é capaz de manter a homeotermia. Entretanto, irá ocorrer um momento em

que os mecanismos de defesa se tornam insuficientes, ocorrendo um quadro de hipotermia acentuada que, se persistir durante algumas horas, provoca a morte do animal (HAFEZ, 1973).

Embora se saiba que a genética das vacas produtoras de leite tem origem em países de clima temperado, há uma eminente adaptação desses animais às situações de climas quentes. Entretanto, existe uma grande variação na literatura sobre as temperaturas crítica superior e inferior. Os valores mais altos de temperatura crítica superior indicam maior tolerância ao calor. Uma vaca mantida com

alto nível de produção será mais sensível ao calor que uma vaca de baixa produção. Tal fato deve-se à maior taxa metabólica da primeira (BACCARI JUNIOR, 2001).

A temperatura crítica superior estaria entre 25 a 26°C, para vacas em lactação, independente de estas terem sido submetidas à aclimação prévia ou nível de produção (BERMAN et al., 1985). Essa especificidade generalizada de temperatura crítica superior contradiz as considerações de YOUSEF & JOHNSON (1985), mencionaram que a zona de termo neutralidade varia com o estado fisiológico e as condições ambientais.

FUQUAY (1997) considerou para o gado europeu valor de temperatura crítica superior entre 25 a 27°C. De acordo com NÄÄS (1989), em função da umidade relativa do ar e radiação solar local, a faixa de termo neutralidade poderia ser restringida entre 7 e 21°C. HUBER (1990) considerou como adequadas para o

conforto térmico de vacas em lactação temperatura do ar entre 4 e 26°C.

Quando a temperatura ambiente for superior a 29°C e a umidade relativa correspondente a 40%, as produções das vacas Holandesas, Jerseys e Pardo- Suíças equivalem a 97, 83 e 98% da produção de leite normal. Quando a umidade relativa é igual a 90%, a produção de leite foi 69, 75 e 83% da produção normal (WEST, 2003).

Acima da temperatura crítica superior, o aumento da temperatura corporal influencia negativamente o desempenho, reduzindo a produção e alterando a composição do leite (ROENFELDT, 1998).

Com referência a esses valores, pode-se concluir que o Brasil apresenta frequentemente temperaturas superiores a estas, por várias horas do dia e em grande parte do ano, submetendo, então, as vacas leiteiras ao estresse térmico.

### ***Índices de Conforto Térmico Para Bovinocultura de Leite***

Em MATARAZZO (2004) são apresentados os índices de conforto térmico que foram desenvolvidos para caracterizar e quantificar as zonas de conforto adequadas às diferentes espécies animais, apresentando em uma única variável, tanto os fatores meteorológicos (temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar) como o estresse que tal ambiente possa estar causando no momento (CLARK, 1981).

Conforme a maneira como o índice foi desenvolvido, NÄÄS (1998) propôs a seguinte classificação:

#### ***Índices de temperatura e umidade (ITU)***

O índice de temperatura e umidade (ITU), conhecido também por *Temperature Humidity Index* (THI), foi desenvolvido por THOM (1959) como um índice de

- **Índices biofísicos:** baseiam-se nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos de conforto com as trocas de calor que os originam;
- **Índices fisiológicos:** baseiam-se nas relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura ambiente, temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade do ar;
- **Índices subjetivos:** baseiam-se nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em que os elementos de conforto variam.

conforto para humanos. Posteriormente, foi utilizado para descrever o conforto térmico para animais, desde que JOHNSON et al. (1962) observaram quedas significativas na

produção de vacas leiteiras, associadas ao aumento no ITU.

Esse índice pode ser calculado a partir da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa do ar, conforme descrito por JOHNSON (1980). Assim como apresenta a equação 1:

$$\text{ITU} = T_s + 0,36 T_{po} + 41,2 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:  $T_s$  = temperatura do termômetro de bulbo seco, °C;  $T_{po}$  = temperatura do ponto de orvalho, °C.

Este indicador pode, também, ser obtido por meio da temperatura do ar e da umidade relativa (HANSEN, 2005) calculado pela seguinte fórmula da equação 2:

$$\text{ITU} = 0,8 T_{bs} + \text{UR} (T_{bs} - 14,3)/100 + 46,3 \quad \text{Eq. 2}$$

onde  $T_{bs}$  = temperatura do bulbo seco °C e UR = umidade relativa.

Existem vários relatos sobre os limites do ITU. Dessa forma, o trabalho clássico de JOHNSON et al. (1963) relatou que a produção de leite e a ingestão de matéria seca apresentaram decréscimo significativo quando o ITU mostrou valor máximo de 77. Um ITU igual ou menor a 70 expressa uma condição normal; um valor entre 71 e 78 é crítico; entre 79 e 83 a situação é de perigo e acima de 83, uma situação de emergência está presente (HAHN, 1985). Trabalhos realizados posteriormente determinaram que os

valores críticos para o mínimo, médio e máximo ITU seriam, respectivamente, 64, 72 e 76 (IGONO et al. 1992).

O estresse severo pode levar os animais a óbito, quando o ITU for superior a 84 e não ocorrer recuperação durante o período noturno, ou seja, se o ITU não for inferior a 74 (HAHN & MADER, 1997).

Para vacas em lactação em sistema intensivo de produção, os efeitos do estresse térmico a que são submetidas durante o dia, podem ser aliviados quando a temperatura noturna cai, conferindo certa tolerância em curto prazo ao estresse térmico (AKARI et al., 1987). Esse fenômeno pode ser explicado pelo padrão circadiano, caracterizado por temperatura corporal elevada entre 17 e 19 horas e mínima entre 4 e 6 horas (BITMAN et al., 1984).

Os distanciamentos da temperatura ambiente dos valores próximos à região de conforto, que representa um segmento da região termo neutra, perturbam o mecanismo termodinâmico que os animais têm, de se protegerem de extremos de temperatura e umidade relativa, levando ao desperdício de energia, em seu conceito mais amplo e, conseqüentemente, refletindo nos números que medem o desempenho. Neste sentido, NIENABER (2004) apresenta um total de quatro categorias do Índice temperatura-umidade, denominado ITU, como função de valores obtidos através de análise climatológica de calor, considerando eventos ocorridos no período de 1949-1991 em *Grand Island*, Nebraska.

**Valores dos Índices de Temperatura-Umidade**  
**Umidade Relativa (%)**

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
20	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	66	66	66	66	67	67	67	67	68	68
22	64	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72
24	66	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
26	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	77	77	78	78	79
28	70	70	71	72	72	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82
30	71	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86
32	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90
34	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
36	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96	97
38	78	79	81	82	83	84	85	86	88	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100
40	80	81	82	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	101	103	104

**Categorias de Segurança Climática de Estoques Vivos Associados com os Valores de ITU:**  
**Normal: ≤ 74      Alerta: 75-78      Perigo: 79-83      Emergência: ≥ 84**

Figura 3: Categorias de Segurança Climática x ITU (NIENABER, 2004).

Na Figura 3, observa-se, de acordo com as nuances de cinza, os intervalos a partir dos quais o autor sugere as categorias das condições de conforto: Normal, Alerta, Perigo e Emergência, que revelam informações linguísticas.

Estas informações compiladas permitem inferir que estes dados podem ser

calculados e realimentados de forma automática em um *software* que possa prever a possibilidade de incidência estresse com base no ITU, obtido de variáveis climáticas, seguindo como um indicador de suporte à tomada de decisão no processo produtivo.

**MATERIAIS E MÉTODOS**

Levando em consideração o balanço termodinâmico animal e as recomendações dos autores MATARAZZO (2004), BACCARI JUNIOR (1998), BERMAN et al. (1985), YOUSEF & JOHNSON (1985) e, NÄÄS (1998), foram focalizados os esforços para a utilização dos índices de temperatura e umidade como índice de conforto. Estes índices foram calculados a partir da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa do ar, conforme descrito por JOHNSON (1980) na equação 1 e por Hansen (2005) na equação 2 anteriormente apresentadas.

NIENABER (2004) considerou que os distanciamentos da temperatura ambiente dos valores próximos à região de

conforto, que representa um segmento da região termo neutra, perturbam o mecanismo termodinâmico que os animais têm, de se protegerem de extremos de temperatura e umidade relativa. Isso leva ao desperdício de energia, em seu conceito mais amplo e, conseqüentemente, refletindo nos números que medem o desempenho, apresentou quatro categorias do Índice temperatura-umidade, denominado ITU, como função de valores obtidos através de análise climatológica de calor. Estas quatro categorias são as seguintes: **Normal, Alerta, Perigo e Emergência**, que revelaram informações linguísticas.



Desta forma foram avaliados os patamares de transição das categorias e destes foram derivadas as funções de pertinência aplicadas ao gráfico da Figura

ITU entre 0 e 74 %	=>	Normal.
ITU entre 75 e 78 %	=>	Alerta.
ITU entre 79 e 83 %	=>	Perigo.
ITU maior que 84 %	=>	Emergência.

4. Os patamares são retirados da tabela experimental por ele gerada e são numericamente representados por:

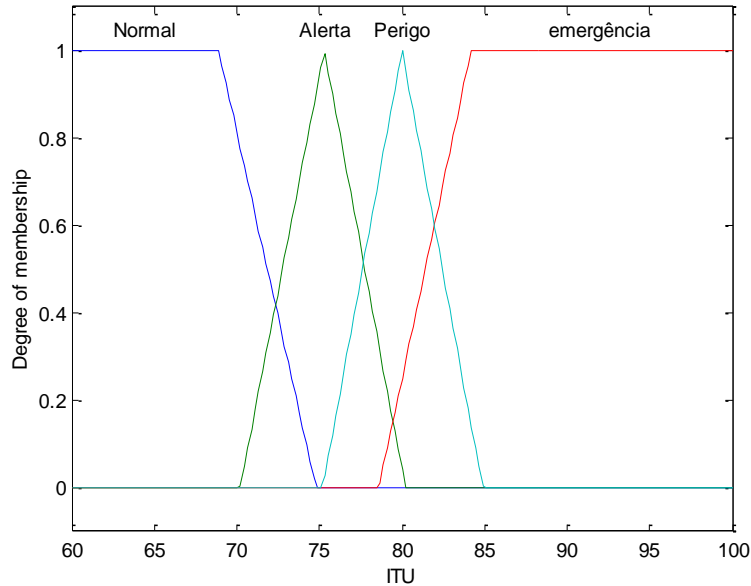


Figura 1: Variável Independente ITU para inserção no algoritmo de execução do sistema.

Estes dados foram transferidos para uma aplicação (Figura 4) codificada em linguagem de programação orientada a eventos, Microsoft Visual Basic em sua VERSÃO 6, fato que permitiu confirmar a construção das tabelas de índices desenvolvidas nos estudos de NIENABER (2004).

O trabalho publicado por AMENDOLA et al. (2005), referente ao desenvolvimento destas funções de pertinência e a reconstrução dos experimentos de NIENABER (2004), tornou possível a utilização dos dados na construção das funções de pertinência para o ITU e destas, por meio do algoritmo construído na aplicação que, ao receber os

valores de entrada referentes às variáveis climáticas da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa, entrega na sua interface de saída os valores do ITU e o termo linguístico correspondente ao patamar de estresse do indicador para a tomada de decisão. Para a validação final, foram coletados dados da estação meteorológica da estação meteorológica automática do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo e, foram calculadas as médias dos valores de umidade relativa (%), Tbs (°C) e Tpo (°C) para comparação com os valores fornecidos pela ferramenta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A equação escolhida para ser o motor principal do algoritmo de decisão foi a equação 2, devido ao fato desta só depender da entrada de dados dos valores da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa do ar.

Optou-se por apresentar os patamares de estresse nos intervalos **Normal, Alerta, Perigo e Emergência**, com animações de imagens diretamente sobre a interface com a apresentação das cores como segue:

**Normal – Animação na cor VERDE;**

**Alerta – Animação na cor AMARELA;**

**Perigo – Animação na cor LARANJA e**

**Emergência – Animação na cor VERMELHA.**

A construção do algoritmo para a operacionalização do *software* obedeceu ao fluxograma apresentado na Figura 5 que permite verificar as sequências das atividades desde a entrada de dados, passando pelo processamento e seleção de patamares de estresse e por fim permitindo a visualização das saídas de dados por meio da apresentação do valor do ITU calculado e das seleções de decisão que permitem o acionamento das animações com as cores descritas.

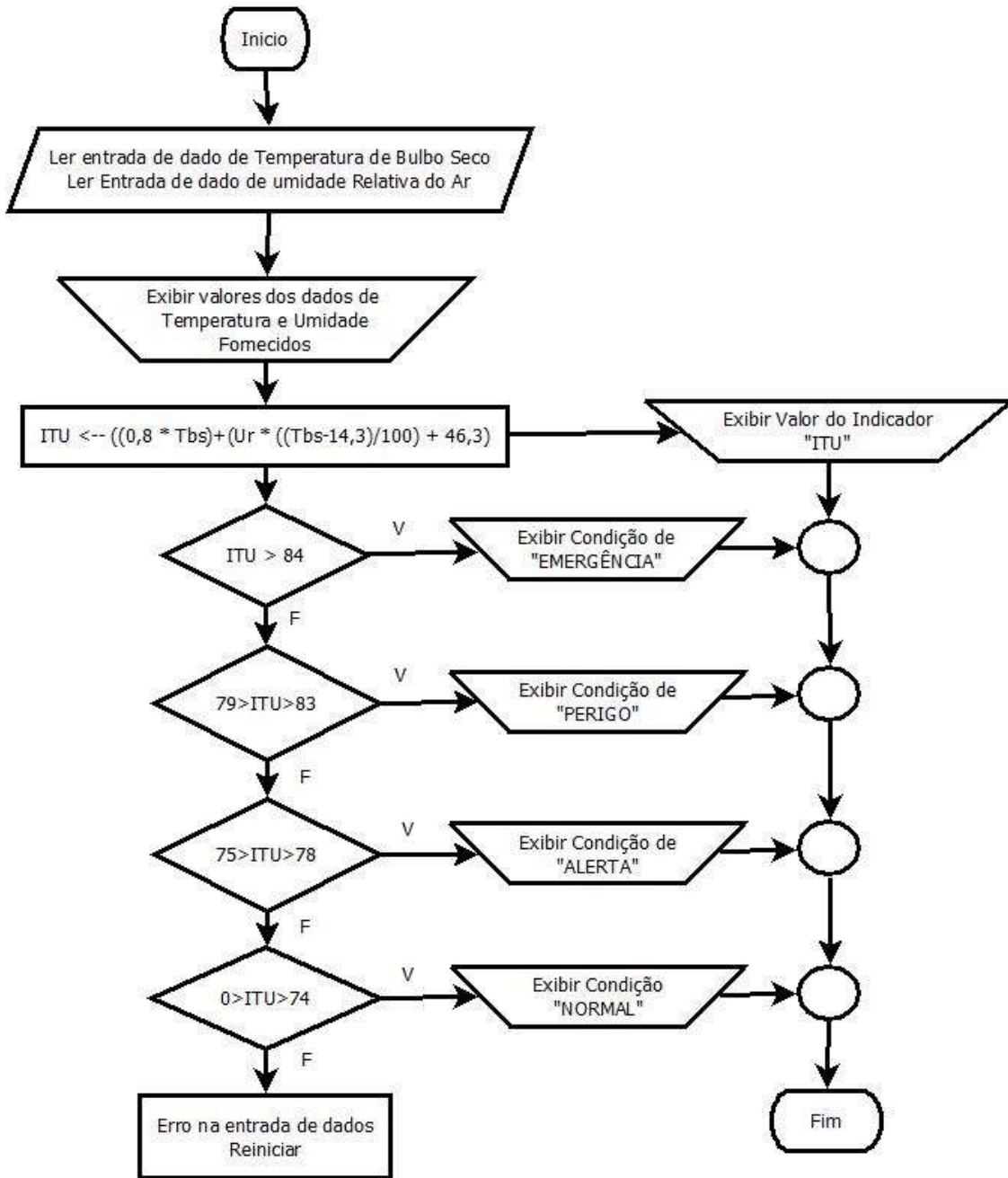


Figura 5: Fluxograma do algoritmo do sistema. (construída pelos autores).

A partir deste fluxograma iniciou-se a construção do aplicativo por meio da sua codificação na ferramenta de desenvolvimento da Microsoft (Visual Basic 6.0). A aplicação recebeu uma interface gráfica que permite de maneira, intuitiva e simples, que o usuário forneça

por meio do teclado de seu computador os valores das variáveis climáticas referentes à temperatura de bulbo seco (Tbs) e a umidade relativa (Ur).

A interface final ficou com o aspecto apresentado na Figura 6.



Figura 6: Interface desenvolvida para o cálculo do índice ITU em Visual Basic 6.0 (construída pelo autor).

**Aplicação da ferramenta desenvolvida para validação:**

A ferramenta desenvolvida foi validada, conforme também sugere o trabalho de SCHMISSEUR, 1992, utilizando uma estratégia para a validação onde foi escolhida uma unidade de amostra, com o objetivo de tirar vantagem das oportunidades dos testes de campo, pois, como afirma o autor SCHMISSEUR (1992), “nenhuma técnica de validação garante que se encontrem todos os erros de um programa”, para tanto se deve proceder aos testes de campo mesmo que os cuidados anteriores de todas as demais

fases componentes da abordagem estruturada venham a terem sido concluídas.

Dos dados climáticos coletados obtidos diretamente da estação meteorológica automática do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, foram calculadas as médias dos valores de umidade relativa (%), Tbs (°C) e Tpo (°C) e transferidas para a Tabela 1.

Tabela 1: Médias obtidas dos dados da estação meteorológica.

<i>Descrição:</i>	<b>Valor Médio:</b>
umidade relativa (%),	75,9
Temperatura de Bulbo úmido - Tbs (°C)	15,7
<b>Temperatura do Ponto de Orvalho - Tpo (°C)</b>	13,5

Estes valores foram utilizados para a simulação efetuada pelo sistema para o estudo de caso. O cálculo foi realizado pela equação 1 proposta por JOHNSON (1980). O resultado obtido foi:

ITU = 58,82, o que indicaria situação de estresse Normal.

Aplicando o *software* desenvolvido, foi possível obter as informações exibidas na Figura 7.

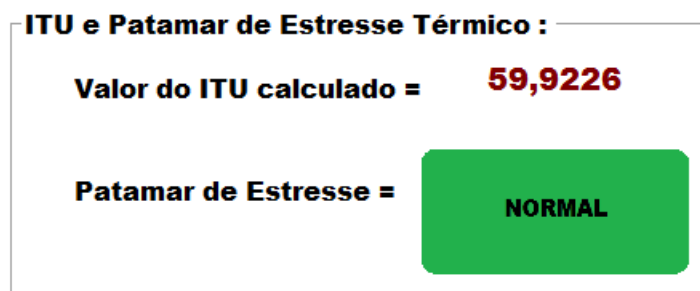


Figura 7: Resposta obtida na interface desenvolvida com o cálculo do índice ITU para os mesmos valores indicados pela estação meteorológica (construída pelo autor).

A comparação dos resultados obtidos do campo e dos cálculos versus os resultados obtido com o *software* desenvolvido:

Como os dados da estação meteorológica também foram aplicados ao sistema por meio de médias de muitos dias de coleta, é possível que os animais analisados estivessem expostos a um maior período de estresse térmico do que o considerado na ferramenta fugindo dos patamares indicado por NÄÄS (1989).

## CONCLUSÕES

Foi possível desenvolver um *software* monitorar parâmetros ambientais de conforto térmico na bovinocultura de leite confinado em *freestall*, abstraindo dados e informações dos especialistas, que permitiu a construção e organização de uma consistente base de conhecimentos pertinente à condição de estresse térmico e a determinação das características matemáticas das variáveis que determinam a sua manifestação.

As informações coletadas e transferidas para o ambiente computacional permitem determinar automaticamente os

Estas considerações, portanto, justificam a diferença encontrada entre o valor real e o encontrado na ferramenta de diagnóstico construída e remetem à necessidade de novos experimentos para refinar a base de regras, aumentando o conhecimento do sistema e detectando-se a necessidade, eventualmente da inserção de novas variáveis a serem consideradas na aquisição dos dados para alimentação do sistema desenvolvido.

cenários de resposta do sistema para condições extremas de ambiente térmico (estresse) e em condição de termo neutralidade e, estas foram validadas frente a dados obtidos dos produtores do setor pecuário leiteiro.

O uso deste sistema especialista poderá ser indicado, como previsto, ao público alvo que contempla os médicos veterinários, os proprietários de plantéis, tratadores, consultores, fabricantes de ração e projetistas/construtores de galpões para alojamento do plantel.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJIMASTRO JR., C., PAZ, M.E.DA.: Identificação Eletrônica. In: Congresso Brasileiro das Raças Zebuínas – A integração da Cadeia Produtiva, Uberaba, M.G. Anais: Uberaba, MG: ABCZ, 1998, pp. 167-169.
- AKARI, C. T.; NAKAMURA, R. M.; KAM, L. W. G. Diurnal temperature sensitivity of dairy cattle in a naturally cycling environment. **Journal of Thermal Biology**, v.12, n.1, p.23-26, 1987.
- AMENDOLA, M., SOUZA, A. L., E BARROS, L. C. Manual do uso da teoria dos conjuntos fuzzy no MATLABr 6.5. FEAGRI, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas. (<http://www.agr.unicamp.br>), 2004.
- AMENDOLA, M., MOLLO, M.N., CRUZ, V.F., Using Fuzzy sets theory to analyze environmental condition in order to improve animal productivity, IMECC – UNICAMP, **Biomatemática** 15, 29-40, (2005).
- BACCARI, F. Jr. Adaptação de Sistemas de Manejo na Produção de Leite em Clima Quente. In: SILVA, I.J.O. **Ambiência na Produção de Leite**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 24-65.
- BACCARI JUNIOR, F. Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes. Londrina:UEL, 2001. 142p
- BERMAN, A.; FOLMAN, Y. M.; KAIM, M.; et al. Upper critical temperature and forced ventilation effects of high yielding dairy cows in a tropical climate. **Journal of Dairy Science**, v.67, p. 488-495, 1985.
- BITMAN, J. A.; LEFCOURT, D. L.; STROUD, B. Circadian and ultradian temperature rhythms of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.68, p.1014-1023, 1984.
- BOND, G. B. et al. Métodos de diagnóstico e pontos críticos de bem-estar de bovinos leiteiros. **Ciência. Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, jul. 2012 .
- CLARK, J. A. Environmental aspects of housing for animal production. London: Butterworths, 1981. 511p.
- FARIA, F. F. de, et al. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência. Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, dez. 2008 .
- FUQUAY, J. W. Heat stress and it affects animal production. **Livestock Environment**, v.2, p.1133-1137, 1997.
- GIESECKE, W. H. The effect of stress on udder health of dairy cows. Onderstepoort. **Journal Veterinary Research**, Pretória, 1985, v.52, .p.175-193
- HAFEZ, E.S.E. Adaptacion de los animales domesticos. Barcelona:Labor, 1973. 358p.
- HAHN, G. L.; MADER, T. L. Heat waves in relation o thermoregulation, feeding behavior, and mortality of feedlot cattle. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5., Minnesota, 1997. Proceedings. St. Joseph: ASAE, 1997. p.125-129
- HAHN, G. L. Bioclimatologia e instalações zootécnicas: aspectos teóricos e aplicados. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 2., Jaboticabal, 1993. Boletim H148b. Jaboticabal: FUNEP, 1993.p.132-146.

- HAHN, G. L. Management and housing of farm animals in hot environment. In: YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock**. v.2, 1985. p. 151-174.
- HANSEN, J.P. Managing the Heat-Stressed Cow to Improve Reproduction. Proceedings of the 7 th Western Dairy Management Conference. March 9-11, 2005.
- HUBER, J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA. Piracicaba: FEALQ. 1990. p. 33-48.
- IGONO, M. O.; JOHNSON, H. D. Physiologic stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature. **Journal of Interdisciplinary Cycle Research.**, v. 21, p.303-320, 1992.
- JOHNSON, H. D. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic change. **International Journal Biometeorology**, v.24, p.65-78, 1980.
- JOHNSON, H. D.; RAGSDALE, A. C; BERRY, I. L. et al. Temperature-humidity effects including influence of acclimation in feed and water consumption of Holstein cattle. Columbia:Missouri Agricultural Experimental Station, 1963.(Research Bulletin, 846).
- JOHNSON, H. D.; RAGSDALE, A. C; BERRY, I. L. et al. Effects of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. Columbia:Missouri Agricultural Experimental Station, 1962. (Research Bulletin, 791).
- LOPES, M.A.; LAGO, A.A.; COCARO, H. Uso de softwares para gerenciamento de rebanhos bovinos leiteiros. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 2, abr. 20070.
- LOPES, M.A.: Informática Aplicada à Bovinocultura Leiteira. Lavras, M.G., UFLA, 2002, pp. 130.
- LOPES, M.A.: Informática Aplicada à Bovinocultura. Jaboticabal, S.P. FUNEP, 1997, pp. 82.
- MATARAZZO, S. V. Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo *free-stall* para vacas em lactação. Tese de doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP SP, 2004.
- MOBERG, G. P. A model for assessing the impact of behavioral stress of domestic animals. **Journal of Animal Science**, v.65, p. 1228-1265, 1987.
- NÄÄS, I.A. Tipologia de instalações em clima quente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, Piracicaba, 1998. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.146-155.
- NÄÄS, I.A. Princípio de conforto térmico na produção animal. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.
- NÄÄS, I. A. Efeito do ambiente na eficiência de produção de pequenos ruminantes. **Ecosystema**. 1986, v.11, p 5-13.
- NIENABER, J.A.; HAHN, G. L.; EIGENBERG, R.A. Engineering and Management Practices to Ameliorate Livestock Heat Stress. In: International Symposium of the CIGR - New Trends in Farm Buildings, 2nd Technical Section.

Book of abstracts. CD-ROM Congresso Évora, Portugal. May 02 – 06/2004.

OAIGEN, R. P. et al. Competitividade inter-regional de sistemas de produção de bovinocultura de corte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, n. 8, ago. 2013 .

PERISSINOTTO, M. et al. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, ago. 2009

PINEDA, N. A pesquisa Mostra o Caminho de Precocidade no Gado Zebu. Informativo ABCZ, Uberaba, M.G., Agosto 2001, No. 149.

PIRES, M. F. A.; VILELA, D.; VERNEQUE, R. S.; TEODORO, R. L. Reflexos do estresse térmico no comportamento das vacas em lactação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, Piracicaba, 1998 b. Anais. . Piracicaba: FEALQ, p.68-102, 1998.

ROENFELDT, S. You can't afford to ignore heat stress. **Dairy manage**, v.35, n.5, p.6- 12, 1998.

SCHMISSEUR, E. Validation O F Expert Systems. ACAAA - Advanced Computer Applications In Animal Agriculture, Dallas, Texas, USA, February 26-28, 1992.

THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*, v.12, p.57-59, 1959.

WILKINSON, J. Transformações e perspectivas dos agronegócios brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, supl esp, p.26-34, 2010.

WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.86, p.2131-2144, 2003.

YOUSEF, M. K. Stress physiology in livestock. Boca Raton: CRC PRESS, 1985, 217p.

YOUSEF, M. K.; JOHNSON, H. D. Endocrine system and thermal environment. In: YOUSEF, M. K. Stress physiology in livestock. Boca Raton: CRC Press, 1985, v.1, p.133-142.