

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE ONDAS DE CALOR SOBRE A PRODUÇÃO DE LEITE NO ESTADO DE SÃO PAULO

## HEAT WAVES INFLUENCE ON MILK YIELD IN SÃO PAULO STATE

KARLAA. O. LIMA<sup>1</sup>  
DANIELLA J. DE MOURA<sup>2</sup>  
IRENILZA DE A. NÃÃS<sup>3</sup>  
MAURÍCIO PERISSINOTTO<sup>4</sup>

### RESUMO

O presente trabalho objetivou estimar as perdas da produção leiteira, em função da ocorrência de ondas de calor, baseado no Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Inicialmente, foi determinada a frequência de ocorrências de ITU acima do nível crítico (81), e elaborado um histórico de ocorrência de onda de calor no Estado de São Paulo, baseado em dados climatológicos, de intervalo variando de três a dez anos. Foi também realizada a validação do uso do ITU médio através do cálculo do declínio na produção de leite, (DPL) utilizando dados do controle leiteiro de uma fazenda comercial. Os resultados da ocorrência de ondas de calor mostraram que os municípios do Vale do Paraíba e a cidade de Presidente Prudente foram os que apresentaram o maior número de ondas de calor por ano e que nem sempre as ondas de calor de maior duração apresentaram maior intensidade de ocorrência. Concluiu-se na validação do ITU médio que este índice por si só, não é uma medida acurada para a redução da produção de leite em decorrência de estresse térmico e que o estudo da ocorrência de ondas de calor pode mostrar de forma mais efetiva o efeito nocivo do ambiente térmico.

**Palavras-chave:** Produção leiteira, mudança climática, ITU

### ABSTRACT

This research has as general objective to estimate milk production losses as function of heat wave incidence based on the temperature and humidity index (THI). Therefore it was determined the THI frequency of occurrence above the critical level (81). A historical of heat wave occurrence was developed based on climatic data in an interval of three to ten years. It was validated the use of medium THI through the MDEC (milk decline) using milk yield data from a commercial farm. The results showed that the countries within the Paraíba Valley dairy region as well as Presidente Prudente Country presented the highest number of heat wave occurrence per year, and that not always the heat

---

\* Extraído da dissertação apresentada pela primeira autora à FEAGRI/ Unicamp, no curso de Engenharia Agrícola.

<sup>1</sup> Médica Veterinária, Doutoranda da FEAGRI, UNICAMP, Campinas, SP, e-mail: karla.lima@agr.unicamp.br.

<sup>2</sup> Eng. Agrônoma, Prof. Construções Rurais e Ambiente, FEAGRI/ Unicamp.

<sup>3</sup> Eng. Civil, Prof. Construções Rurais e Ambiente, FEAGRI/ Unicamp.

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Doutorando em Física do Ambiente Agrícola, ESALQ/ USP.

wave with longest period presented higher intensity of occurrence. The results of THI validation demonstrated the use it just a single parameter it's not a good indicator of reducing in milk yield by thermal stress. The conclusion is that the study of heat wave occurrence shows in a more effective way the heat stress effect on dairy production which is not practically identified when studying just the average THI occurrence.

**Keywords:** Milk yield, weather change, THI

## INTRODUÇÃO

De acordo com o Glossário de Meteorologia (AMS, 1989), onda de calor é um período de calor desconfortável anormal geralmente acompanhado de alta umidade relativa com duração de pelo menos um dia, mas convencionalmente se estendendo por alguns dias ou mesmo semanas. Outra definição mais detalhada é dada por NIENABER et al. (2003) como sendo um evento que ocorre de três a cinco dias consecutivos com temperaturas máximas acima de 32°C. Apesar destas definições, MEEHL & TEBALDI, (2004) sugerem que em determinadas regiões a seqüência de dias acima de um ponto crítico possa não ser das máximas, mas sim com elevação das temperaturas mínimas.

A importância do estudo da ocorrência de altos valores do Índice de temperatura e umidade, (ITU) em dias consecutivos deve-se ao fato da produção leiteira apresentar uma defasagem na resposta fisiológica do animal ao estresse térmico sofrido. WEST et al., (2003) e LINVILL & PARDUE (1992), observaram em estudos sobre o declínio na produção de leite (DPL), uma correlação significativa entre a produção e o valor do ITU, de dois a quatro dias anteriores, respectivamente. Com base nesses e outros estudos sobre o que é chamado "atraso da resposta", a análise do estresse animal quando exposto às ondas de calor torna-se importante para a mensuração da resposta não imediata ao estresse, uma vez que a onda de calor ocorre num período

mínimo de três dias consecutivos, intervalo esse aproximado ao período para que seja desencadeada a resposta do animal.

As pesquisas sobre a ocorrência de ondas de calor e seus impactos sobre a produção animal, bovinos de leite, corte e suínos têm sido bastante realizadas por diversos pesquisadores, (HUBBARD et al., 1997, HUHNEKE et al., 2001 e NIENABER & HAHN, 2004), tendo sido encontrado durante as ondas de calor que o valor do ITU esteve na maioria das horas de um dia de evento acima de 84 (situação de emergência). MARTELLO (2006) pesquisando o ITU na microrregião de Pirassununga em São Paulo, mostrou que as comparações na produção de leite das vacas submetidas a diferentes ambiente térmicos indicaram que a condição de estresse moderado, 72 a 78, (DU-PREEZ, 1990), não apresentou diferença na produção de leite quando comparada a produção das vacas em ambiente de conforto. Em vista da provável adaptação dos animais às condições climáticas nacionais, tornou-se imprescindível adotar valores de ITU acima de 80 para que fosse possível adotar uma correlação entre estresse térmico e índice de conforto.

Outra característica durante esse evento são os altos valores de ITU também no período noturno, não tendo as horas mais amenas para os animais se recobrem do estresse sofrido durante o período do dia, podendo com isso causar a morte destes animais.

MADER et al., (2004), enfatizaram a importância do estudo do ITU também em pesquisas realizadas com gado de corte nos EUA. Estes autores afirmaram que o aumento de 0,5°C na temperatura média da Terra, pode causar um grande impacto sobre a indústria da carne, chegando a perdas de 5 bilhões de dólares por ano. Em análises posteriores, observaram que se o número total de horas com ITU acima de 75 durante um ano excedesse 2.500 horas, haveria grande probabilidade que esses animais migrassem para áreas de clima mais ameno.

Devido ao estudo da ocorrência de ondas de calor considerar além do valor do ITU o número de horas e dias nesta situação, mostrando o risco potencial que determinada região pode apresentar para a produção de leite, o presente trabalho teve como objetivo estimar as perdas da produção leiteira, em função da ocorrência destes eventos, elaborando um histórico de ocorrência de onda de calor no estado de São Paulo, baseado em dados climatológicos num intervalo de três a dez anos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo da ocorrência de ondas de calor no Estado de São Paulo, foi realizado um levantamento dos dados climáticos, temperatura de bulbo seco (Tbs) e umidade relativa (UR) de períodos variando de três a dez anos, obtidos das seguintes bases de dados: CPTEC-INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), totalizando 23 estações meteorológicas apresentadas na Tabela 1. A quantidade de estações utilizadas encontra-se dentro de um intervalo considerado representativo, em que PIRES

et al. (2003) realizando o zoneamento do estado de São Paulo com o ITU médio consideraram para o este estudo 28 estações, já no estado de Oklahoma, situado nos Estados Unidos da América, HUNKE et al. (2001), utilizaram 17 estações meteorológicas.

A partir dos dados climáticos obtidos (Tbs e UR) e calculada a (Tpo), foi determinado o Índice de temperatura e umidade (ITU), de acordo com a **Equação 1**.

$$ITU = Tbs + 0,36Tpo + 41,2 \quad (1)$$

Onde:

Tbs=temperatura de bulbo seco, °C e  
Tpo=temperatura de ponto de orvalho, °C.

Primeiramente, foram utilizados valores médios anuais do ITU para as categorias<sup>1</sup> de alerta, perigo e emergência e o número de horas para cada categoria, assim como, o valor médio do ITU noturno<sup>2</sup>, neste caso, considerando valores iguais ou superiores a 76, e o número de horas nesta condição.

<sup>1</sup> Os valores de ITU menor ou igual a 74 caracterizam situação normal, em alerta de 75 a 78, perigo 79 a 83 e de emergência quando for maior ou igual a 84 (USDC-ESSA, 1970).

<sup>2</sup> Os valores do ITU noturno divergem entre autores, HAHN & MADER (1997) e NIENABER & HAHN (2003) consideraram durante as ondas de calor para o período noturno valores do ITU maiores ou iguais a 70 e menores e iguais a 74, respectivamente.

**Tabela 1.** Identificação das estações meteorológicas utilizadas para representar o estado de São Paulo.

Localidade	Latitude (°)	Longitude (°)	Intervalo de anos	Altitude (m)
Barretos	-20.422	-48.567	1997-2006	530
Bauru	-22.314	-49.060	2002-2006	526
Cachoeira Paulista	-22.395	-45.003	1996-2006	521
Campos do Jordão	-22.44	-45.32	2000-2006	1628
Caraguatatuba	-23.371	-45.244	2000-2006	2
Cruzeiro	-22.34	-44.57	1998-2006	517
Cunha	-23.042	-44.573	2000-2006	950
Franca	-20.538	-47.400	2003-2006	996
Garça	-22.123	-49.392	2004-2006	683
Guaratinguetá	-22.485	-45.113	2000-2006	530
Iguape	-24.708	-47.555	2004-2006	3
Itu	-23.155	-47.175	2003-2006	583
Jaboticabal	-21.151	-48.192	2004-2006	605
Jaú	-22.174	-48.332	2003-2006	522
Miguelópolis	-20.104	-48.015	2003-2006	510
Monteiro Lobato	-22.572	-45.502	1999-2006	685
Paraibuna	-22.01	-43.17	2001-2006	635
Presidente Prudente	-22.125	-51.388	2003-2006	475
Queluz	-22.321	-44.462	2000-2005	471
São Carlos	-22.017	-47.890	2003-2006	856
São José do Barreiro	-22.384	-44.344	2000-2006	510
Silveiras	-22.395	-44.511	2000-2006	615
Taquarivaí	-23.552	-48.413	2003-2006	555
Votuporanga	-20.252	-49.582	2003-2006	525

Para a caracterização de onda de calor foram seguidas as definições segundo NIENABER & HAHN, (2004), HUNKE, et al., (2001), HUBBARD, et al., (1997). A princípio foram selecionadas todas as possibilidades de ocorrência de onda, sendo que para esta caracterização preliminar o valor considerado do ITU foi de 81, ocorrido em no mínimo três dias consecutivos em pelo menos um horário de cada dia correspondente. Na segunda condição imposta foi considerada a condição anterior, adicionada ao valor de ITU maior ou igual a 81, à condição desse valor ter sido alcançado com uma temperatura acima ou igual a 32°C, ainda em três dias consecutivos, sendo considerada como efetiva onda de calor.

A caracterização admitida de onda de calor foi para valores de ITU iguais ou acima

de 81, dentro da classificação de perigo, conforme USDC-ESSA, (1970). O valor de 81 ainda pode ser alcançado com temperaturas acima de 28°C, estando portanto, fora da condição termoneutra para bovinos de leite que de acordo com HUBER (1990), esta condição sem perdas estaria entre 4 e 26°C, embora Pires et al., (2003) em suas pesquisas consideravam valores de  $ITU \geq 78$ , como estresse severo, e que dependendo da duração da sua ocorrência reduzem significativamente a produção de leite e a eficiência reprodutiva, podendo, até mesmo, colocar em risco a vida do animal.

Após a identificação do evento climático extremo, a onda de calor, foi calculada a sua magnitude, isto é, o quão intensa ela foi, de acordo com o valores alcançados acima de 81 e sua duração em horas por evento,

**Equação 2.**

$$Magnitude = \sum (ITU \geq 81) - 81 \times \sum (\text{número de horas}) \quad (2)$$

No cálculo da magnitude foram somados todos os valores de ITU maior ou igual a 81, diminuídos do somatório do número total de horas com  $ITU \geq 81$  e multiplicados pelo valor constante, aqui considerado valor crítico, 81.

A validação das perdas na produção de leite, em função do ITU, foi realizada na fazenda Campestre, situada no município de São Pedro, latitude 22°32'55" Sul e longitude 47°54'50" Oeste, e altitude de 550 metros. O município apresenta clima quente e úmido, segundo classificação Koppen, com estação chuvosa no verão e seco no inverno, com valores médios anuais de pluviosidade e temperatura são, 1200mm e 22°C respectivamente.

Para validação da eficiência do ITU diante da produção de leite de animais confinados, foram utilizados dados horários de Tbs e UR coletados em *data-logger* da marca HOBO®, durante 24 dias consecutivos do mês de março de 2006. A coleta e armazenamento dos dados era feita a cada 15 min, estando o *data-logger* instalado no centro geométrico do galpão a 2,5 m do piso.

Os dados de produção foram obtidos junto ao controle leiteiro da fazenda que possui animais da raça Holandesa (produção média de 30 L animal dia<sup>-1</sup>), mantidos totalmente confinados em galpão tipo *freestall*. O galpão contava com equipamentos de climatização (ventiladores e aspersores) localizados nas áreas de comedouro e camas.

Para a validação do (DPL), primeiramente utilizaram-se dados de ITU médio diário em relação à produção média por animal. A partir do valor da produção diária média, foi aplicada a fórmula para predição do DPL estimado, proposta por Berry et al. (1964). **Equação 3.**

$$DPL = -1,075 - 1,736(PN) + 0,2474(PN).(ITU) \quad (3)$$

Onde: DPL = declínio absoluto na produção de leite (kg/vaca/dia), PN = nível normal de produção de leite (kg/vaca/dia) e

ITU = valor do Índice de temperatura e umidade encontrado.

Para a análise do DPL estimado foi feita a comparação numérica com a perda produtiva observada na fazenda. A partir de então se estabeleceu a análise comparativa entre DPL estimado e DPL observado, para tanto foi realizada uma análise exploratória de dados utilizando um histograma de comparação entre DPL estimado e DPL observado além do teste T de comparação de médias, para  $P = 0,0001$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores médios anuais do ITU, do ITU máximo, das categorias alcançadas, além do ITU noturno nas estações meteorológicas avaliadas. O valor de ITU médio mais encontrado foi 69 devido ao maior número de estações presentes na região do Vale do Paraíba que por ter temperaturas mais amenas apresenta valores mais reduzidos do ITU médio.

Para o número de horas de ocorrência de cada categoria, foi realizada a somatória do número de horas de todas as estações meteorológicas estudadas, para então se obter o valor médio nas categorias. As médias do número de horas para as categorias de alerta, perigo e emergência foram 1160, 472 e 36 horas respectivamente para todo o estado em todo o período de estudo.

**Tabela 2.** Valores médios anuais do ITU máximo, noturno e diferentes categorias.

<b>Município</b>	<b>ITU médio</b>	<b>TU máx</b>	<b>Noturno</b>	<b>Alerta</b>	<b>Perigo</b>	<b>Emergência</b>
Barretos	70	82	78	77	80	87
Bauru	69	70	78	77	80	0
Cachoeira Paulista	67	77	77	77	80	85
Campos do Jordão	57	72	0	76	79	0
Caraguatatuba	72	79	78	78	82	87
Cruzeiro	70	83	78	77	81	85
Cunha	65	79	77	77	80	85
Franca	69	70	77	76	79	0
Garça	66	77	78	77	80	0
Guaratinguetá	68	80	77	78	82	84
Iguape	69	79	78	77	81	85
Itu	68	78	78	77	80	0
Jaboticabal	69	79	78	77	80	0
Jau	69	80	78	77	80	89
Miguelópolis	69	82	78	77	80	89
Monteiro Lobato	70	86	81	77	81	87
Paraibuna	65	83	78	77	81	85
Presidente Prudente	69	79	79	77	81	84
Queluz	69	83	78	77	81	85
São José do Barreiro	69	84	78	77	81	85
São Carlos	66	80	78	77	80	89
Silveiras	65	77	77	77	80	0
Taquarivaí	66	77	78	77	80	87
Votuporanga	72	81	78	77	80	85

Para a ocorrência do ITU noturno, obteve-se uma média de 224 horas em que o ITU noturno alcançou ou ultrapassou o valor de 76 em todas as estações meteorológicas. O número de horas discriminado para cada estação está apresentado na Tabela 3. Nota-se que o número de horas de exposição ao estresse indica uma situação que influencia negativamente sobre a produção (MADER et al, 2004).

Analisando o ITU noturno observou-se que o maior valor encontrado foi no município de Monteiro Lobato, (81-

categoria perigo), porém o número de horas de ocorrência médio foi de 255 horas, enquanto o município de Caraguatatuba apresentou um menor valor do ITU noturno (78 – categoria de alerta), apresentou mais que o dobro do número de horas. Isso significa que essa região está fora das condições ideais para a produção de leite.

Em relação ao ITU noturno um estudo feito no Arizona mostrou que Tbs noturnas menores que 21 que ocorrem por três ou quatro horas minimizam os efeitos do estresse sofrido por vacas leiteiras durante o dia (IGONO & JOHNSON, 1992).

**Tabela 3.** Número de horas do ITU noturno e das categorias encontrado no intervalo de anos correspondente ao banco de dados de cada estação meteorológica.

<b>Município</b>	<b>Intervalo de anos</b>	<b>Noturno</b>	<b>Alerta</b>	<b>Perigo</b>	<b>Emergência</b>
Barretos	1997-2006	699	3238	1308	7
Bauru	2002-2006	304	1059	232	0
Cachoeira Paulista	1996-2006	334	2619	679	2
Campos do Jordão	2000-2006	0	165	1	0
Caragatuatuba	2000-2006	604	1545	783	270
Cruzeiro	1998-2006	467	2569	1720	96
Cunha	2000-2006	24	1440	187	2
Franca	2003-2006	37	328	0	0
Garça	2004-2006	114	679	120	0
Guaratinguetá	2000-2006	178	1058	604	19
Iguape	2004-2006	189	633	325	26
Itu	2003-2006	102	765	185	0
Jaboticabal	2004-2006	159	808	237	0
Jau	2003-2006	211	952	348	3
Miguelópolis	2003-2006	381	1399	442	2
Monteiro Lobato	1999-2006	255	469	319	246
Paraibuna	2001-2006	91	1230	698	11
Presidente Prudente	2003-2006	378	969	491	12
Queluz	2000-2005	166	1100	797	71
São José do Barreiro	2003-2006	187	1595	1073	88
São Carlos	2000-2006	87	677	98	2
Silveiras	2000-2006	25	1025	163	0
Taquarivaí	2003-2006	79	420	109	6
Votuporanga	2003-2006	315	1111	422	1
<b>Média Total</b>		<b>224</b>	<b>1161</b>	<b>473</b>	<b>36</b>

Comparando as Tabelas 2 e 3 pode se observar que mesmo que algumas estações tenham alcançado altos picos de ITU na categoria de emergência, como por exemplo, São Carlos, com valor médio 89 e o número de horas em que essa condição foi encontrada, 2 horas, é muito menor que em outras localidades, como Monteiro Lobato que apresentou um valor médio nesta categoria de 87 em 246 horas nesta condição, como pode ser observado na Tabela 3. De acordo com HUBBARD et al., (1997), a identificação do número de horas do ITU em qualquer uma das categorias é importante na caracterização do estresse animal, pois uma única hora em que o ITU alcançou 84 não necessariamente terá um efeito severo sobre a produção, devido a capacidade de manter a homeostase, sem ocorrer grandes perdas.

O resultado da ocorrência de ondas de calor revelou que foram encontradas 329 possíveis ocorrência deste evento em um intervalo de anos que variou de três a 10 anos de acordo com os dados das estações meteorológicas. Na Tabela 4 observa-se que os municípios que apresentaram mais que três ondas de calor por ano estão todos localizados na Região do Vale do Paraíba com exceção de Presidente Prudente que apresentou uma ocorrência também de 3 ondas de calor por ano. O município de Caragatuatuba, situado no Litoral Norte Paulista foi o que apresentou a maior magnitude de onda, de 193,9 e 11 dias de duração, enquanto que em São José do Barreiro, também Vale do Paraíba, foi encontrada a onda de maior duração, 17 dias com magnitude de 54,7.

**Tabela 4.** Relação do intervalo de anos de coleta de dados, do número de provável ocorrência de ondas e número de ondas ocorridas por ano para cada estação meteorológica estudada.

Município	Intervalo de anos	Probabilidade de ocorrência	Efetiva ocorrência de ondas de calor	Nº de ondas/ano
Barretos	1997-2006	18	7	0,7
Bauru	2002-2006	3	2	0,4
Cachoeira Paulista	1996-2006	7	2	0,2
Campos do Jordão	2000-2006	-	-	-
Caraguatatuba	2000-2006	22	6	0,9
Cruzeiro	1998-2006	73	46	5,1
Cunha	2000-2006	-	-	-
Franca	2003-2006	-	-	-
Garça	2004-2006	-	-	-
Guaratinguetá	2000-2006	25	19	2,7
Iguape	2004-2006	9	2	0,6
Itu	2003-2006	3	3	0,7
Jaboticabal	2004-2006	4	3	1
Jau	2003-2006	5	4	1
Miguelópolis	2003-2006	5	5	1,2
Monteiro Lobato	1999-2006	11	7	0,9
Paraibuna	2001-2006	24	19	3,1
Presidente Prudente	2003-2006	12	11	2,7
Queluz	2000-2005	41	24	4
São José do Barreiro	2003-2006	45	38	9,5
São Carlos	2000-2006	-	-	-
Taquarivaí	2000-2006	1	1	0,1
Votuporanga	2003-2006	1	1	0,2

Os resultados da validação do DPL na forma de histograma comparativo mostrou uma superestimação por parte dos resultados do DPL estimado em relação ao DPL observado.

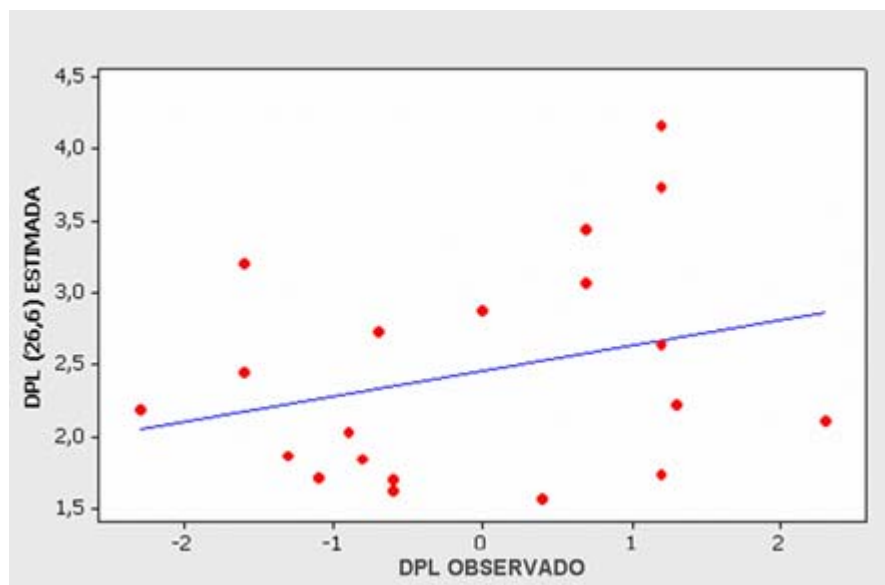
Para a confirmação da superestimação detectada fez-se o teste T para amostras pareadas, cujos resultados estão apresentados na Tabela 5. Nesse teste comprovou-se que a diferença entre o DPL médio e o DPL estimado é

estatisticamente significativa ( $P < 0,0001$ ). Apesar ter sido verificado que a fórmula de BERRY et al. (1964) produz valores superestimados, como foi comprovado nos testes anteriores, observou-se na Figura 1 que o modelo apresentou resultados correlacionados com os valores reais observados de perda de produção o que indica que a fórmula é eficiente, mas necessita de ajustes por meio de calibração.

**Tabela 5.** Valores encontrados na comparação do DPL observado e DPL estimado após teste T.

	N	Média	Desvio padrão	Erro padrão
DPL (Médio) Observado	20	-0,065	1,2164	0,27988
DPL (26,6) Estimado	20	2,4435	0,7672	0,17122
Diferença	20	-2,5085	1,26318	0,28245





**Figura 1.** Distribuição dos pontos graficados em relação aos valores encontrados de DPL estimado e DPL (médio).

Para explicar a superestimação do DPL estimado em relação aos dados produtivos da fazenda, podem ser consideradas três hipóteses: 1) O desenvolvimento da fórmula proposta por BERRY et al. (1964) foi conduzido sob condições controladas, e testadas por Johnson (1965) em diferentes regiões dos Estados Unidos nos anos 60. 2) Segundo FOLLAND et al., (2001), HOUGHTON et al., (2001) e IPCC, (2001), a temperatura média da Terra vem sofrendo aumento nas últimas décadas, fazendo com que, os animais venham se adaptando a essa nova condição, não respondendo fisiologicamente da mesma forma que os animais de 40 anos atrás. 3) O uso dos sistemas de resfriamento evaporativo, aspersores e ventiladores pode ter amenizado a sensação térmica dentro do *freestall*, o que de acordo com SOUZA (2002), PERISSINOTTO (2004), MATARAZZO (2004), minimizam o efeito da redução de perdas na produção de leite.

Segundo RAVAGNOLO & MIZTAL, (2003), o ideal para pesquisa do DPL em relação ao ITU seria impor um limite crítico para cada fazenda, através da observação da adaptação do animal à condição a qual ele está exposto, as condições climáticas

da região e o tipo de sistema de resfriamento, caso este seja usado.

## CONCLUSÕES

A identificação do número de horas em cada valor limite para as categorias de ITU mostrou-se como bom indicador para caracterização de regiões de risco para a produção de leite. O número de horas do ITU noturno em cada estação meteorológica também é de extrema importância para a caracterização neste período, pois pode ser um indicativo de uma provável recuperação dos animais ao estresse térmico diurno.

O estudo da ocorrência de ondas de calor, uma vez que este leva em consideração, o valor crítico do ITU e o número de horas e dias nesta condição, pode demonstrar de forma mais efetiva as regiões mais propensas ao estresse térmico na produção leiteira, o que praticamente não pode ser identificado simplesmente no estudo da ocorrência de ITUs médios, como foi ocorrido na validação realizada neste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY. *Glossary of Meteorology*, 5th ed. Boston, MA: AMS, 1989.

ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, Savoy, IL., v.77, p.2045-2050, 1994.

BERRY, I.L.; SHANKLIN, M.D.; JOHNSON, H.D. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*, v.7, p.329-331, 1964.

DU-PREEZ, J.H.; GIESECKE, W. H.; HATTINGH, P. J.; EISENBERG, B. E. Heat stress in dairy cattle under Southern African conditions : identification of areas of potential heat stress during summer by means of observe true and predicted temperature-humidity index values. *Onderstepoort Journal Veterinary Research*, v. 57, p.183-187, 1990.

FOLLAND, C.K. ; KARL, T.R.; CHRISTY, J.R.; CLARKE, .R.A.; GRUZA,G.V.; JOUZEL, J.; MANN, M.E.; OERLEMANS, J.; SALINGER, M. J.;WANG,

Observed Climate Variability and Change. In: HOUGHTON, J. T. et al. (Eds.). *Climate Change 2001: the scientific basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

HAHN, G. L.; MADER, T. L. Heat waves in relation of thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5., Minnesota, 1997. *Proceedings*. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1997. p.125-129.

HOUGHTON.J.L.; DING,Y.; GRIGGS,D.G.; NOGUER, R.J.; LINDEN, Van der; XIAUSU, D. (Eds). *Climate Change (2001): the*

scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press. 2001.

HUBBARD, K.G; STOCKSBURY, D. E.; HAHN,G. L. A climatological perspective on feedlot cattle performance and mortality related to the THI. 10.ed. reprints. *American Meteorological Society*, Boston, MA, p.349-353, 1997. (Conference on Applied Climatology)

HUBER, J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITERA. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1990. p.33-48.

HUHNKE, R. L.; McCOWAN, L.C. MERAZ, G. M.; HARP, S.L.; PAYTON, M. E. Determining the frequency and duration of elevated Temperature-Humidity Index. *American Society of Agriculture Engineering*, St. Joseph, Michigan, American Society of Agricultural Engineers. Paper 01-4111, 2001. 12p.

IGONO, M. O.; JOHNSON, H. D. Physiologic stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature Summer season. *Journal of Dairy Science*, Savoy, IL., v.68, p. 979-985, 1992.

INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGES- IPPCC. *Climate Change 2001: impacts adaptation and vulnerability*. Genebra, Suíça: World Health Organization, 2001

LINVILL, D. E.; PARDUE, F.E. Heat stress and milk production in the South Carolina Coastal Plains. *Journal of Dairy Science*, Savoy IL., v.75, p.2598–2604. 1992.

MADER, T.L.; HU, Q.S.; HARRINGTON, J.A. *Evaluating models predicting livestock output due to climate change*. Disponível

em: <<http://www.gprcnigec.unl.edu/research/attachments/Annual%20Reports%2003%2004/Mader%202003-04%20Annual%20Report.doc>>. Acesso em 10/10/2006.

MARTELLO, L. S. *Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall*. Pirassununga, 2006. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

MATARAZZO, S.V. *Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo freestall para vacas em lactação*. Piracicaba, 2004. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MEEHL, G. A. TEBALDI, C. More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*, v. 305, n. 5686, p.994-997, 2004.

NIENABER, J. A.; HAHN, G. L. Engineering and management practices to ameliorate livestock heat stress. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF THE CIGR. NEW TRENDS IN FARM BUILDINGS, 2004, Évora. *Proceedings...* Evora, Portugal, 2004, Lecture 6, 1-18. May 2-6, 2004, CD-ROM.

NIENABER, J. A.; HAHN, G. L.; BROWN-BRAND, T.M.; EIGENBERG, R. A. Heat stress climatic conditions and physiological responses of cattle. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 5., Fort Worth. In: *Proceedings...* Fort Worth:

American Society of Agricultural Engineers, 2003.

PERISSINOTTO, M. *Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistema de climatização em galpões tipo "freestall" para confinamento de gado leiteiro*. Piracicaba, 2003. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

PIRES, M.F.A.; SILVAJR, J.L.C.; CAMPOS, A.T. ; COSTA, L.C. *Zoneamento bioclimatológico da região sudeste do Brasil, para gado leiteiro usando o Índice de Temperatura e Umidade*. Embrapa Gado de Leite. Disponível em: <<http://www.cnppl.embrapa.br>>. Acesso em 16 de março de 2005.

RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I. Studies on genetics of heat tolerance in dairy cattle with reduced weather information via cluster analysis. *Journal of Dairy Science*, Savoy, IL., v. 85, p.1586-1589. 2002.

SOUZA, S.R.L. ; MARCHETO, F.G.; NÃÃS, I. A.; SALGADO, D.D. Efeito das temperaturas de bulbo seco e de globo negro e do índice de temperatura e umidade, em vacas em produção alojadas em sistema de free-stall. *Brazilian Journal of Veterinary Research. Animal Science*, São Paulo, v.39, n.6, 2002.

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