

ISSN 0104-1347

# Freqüência de ocorrência de valores horários do índice de temperatura e umidade na escala mensal para o Estado do Paraná

Frequency of distribution of temperature-humidity index in Paraná State, Brazil, in a monthly scale

Elcio Silvério Klosowski<sup>1</sup>, Alessandro Torres Campos<sup>1</sup>, Paulo Henrique Caramori<sup>2</sup>,  
Eliane Gasparino<sup>3</sup>, Aloísio Torres de Campos<sup>4</sup>

**Resumo:** Em regiões tropicais a ocorrência em quase todo ano de altas temperaturas associadas à alta umidade do ar, provoca estresse térmico e problemas na produção animal. O uso de índices de conforto térmico, que combinam dois ou mais elementos climáticos em uma equação, é altamente conveniente destacando-se entre eles o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Neste trabalho o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi estimado para os municípios de Planalto, Pato Branco, Morretes, Londrina e Telemaco Borba, localizados ao sudoeste, sul, leste, norte e região central do Estado do Paraná, respectivamente. Para tanto, utilizou-se dados de temperatura de bulbo seco, bulbo úmido e umidade relativa do ar registrados pela rede de estações meteorológicas do IAPAR. Visando a complementar as análises, foram calculadas as distribuições de freqüência dos valores horários de ITU na escala mensal. Com os resultados obtidos foi possível verificar, em todas as regiões, a possibilidade de exploração da maioria das espécies de animais domésticos. As localidades que apresentaram maior vocação ambiental para criação animal foram Telemaco Borba e Pato Branco. Em termos de acondicionamento térmico, merecem maior atenção Morretes, Planalto e Londrina, especialmente no período de novembro a abril, onde se observou valores de ITU superiores a 70.

**Palavras-chave:** biometeorologia, conforto térmico, índices térmicos, produção animal, temperatura.

**Abstract:** In tropical regions the occurrence of high air temperatures and humidity along of the most of the year, provokes thermal stress, representing a problem to the animal production. The use of thermal comfort indexes, which combine several variables in a equation, is very useful, among them the Temperature Humidity Index (THI). The THI was estimated for Planalto, Pato Branco, Morretes, Londrina and Telemaco Borba counties, located respectively at Southwest, South, East, North and Central regions of Paraná State, Brazil. Data of dry and wet bulb temperature and relative humidity were collected from the IAPAR weather stations. In order to improve the analyses, the distribution of frequency of THI values was calculated in a monthly scale. The results showed that all the areas are suitable for the most of domestic animal species. The best environmental conditions for animal production were found in Telemaco Borba and Pato Branco. Counties such as Morretes, Planalto and Londrina should have special attention in terms of conditioned thermal atmosphere mainly from November to April, when THI values are normally above 70.

**Key words:** biometeorology, thermal comfort, thermal indexes, animal production, temperature.

<sup>1</sup> Professor Adjunto, Doutor, UNIOESTE, Grupo de Pesquisas em Ambiente do Oeste do Paraná - GPEA, Rua Pernambuco, 1777, Marechal Cândido Rondon - PR, CEP 85960-000, e-mail: [elciosk@unioeste.br](mailto:elciosk@unioeste.br)

<sup>2</sup> Pesquisador, PhD., IAPAR, Rod. Celso Garcia Cid, km 375, Três Marcos, CEP 88047-902, Londrina - PR.

<sup>3</sup> Professora, Doutora, UEM, GPEA, Av. Colombo, 5790, Jardim Universitário, CEP 87020-900, Maringá - PR.

<sup>4</sup> Pesquisador, Doutor, EMBRAPA - Gado de Leite, GPEA, Rua Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG

## Introdução

Um grave problema na produção animal nos países situados na região tropical, como é o caso do Brasil, é a ocorrência de altas temperaturas, principalmente se associadas à alta umidade relativa do ar durante quase todo o ano provocando o chamado estresse térmico (SEVEGNANI et al., 1994; NAÃS & ARCARO JR., 2001).

O estresse térmico pode ter efeito sobre o desempenho produtivo e reprodutivo, crescimento e desenvolvimento, aspectos relacionados à sanidade e alimentação dos animais e têm sido estudado por MIRAGLIOTTA et al. (2002), NÃÃS et al. (2001), DOBSON & SMITH (2000), AGUIAR & TARGA (1999), TIMMONS & GATES (1998), BARBOSA et al. (1995), ARMSTRONG (1994), BECKER et al. (1992) e CURTIS (1983), entre outros.

O efeito de cada um dos elementos climáticos sobre o desempenho animal, no entanto, não acontece de forma isolada, mas de forma combinada. A combinação de dois ou mais elementos climáticos em uma equação matemática consiste em um índice, tendo como principal finalidade melhor avaliar a temperatura ambiente efetiva e seus efeitos sobre o conforto e o desempenho dos animais (BACCARI JR., 2001).

Dentre os índices de conforto térmico para avaliar a adequação de um ambiente em relação a uma atividade de exploração animal, pode-se destacar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Este índice foi desenvolvido por Thom em 1958, sendo calculado a partir da temperatura de bulbo seco e da temperatura do ponto de orvalho (KELLY & BOND, 1971).

Para as condições de São José dos Campos, SP, ARAÚJO (2001) verificou que o ITU, entre outros índices utilizados, foi eficaz em avaliar o ambiente das instalações de produção de leite tipo "B" por vacas da raça Holandesa Preta e Branca em relação às condições externas. As instalações de *free-stall* e *tie-stall* proporcionaram maior conforto aos animais que o estábulo convencional e o ambiente externo, para os quais não houve diferença estatística significativa.

A qualidade térmica do sombreamento natural de algumas espécies arbóreas em Pirassununga foi

estudada por MARTINS (2001). Os valores deste índice variaram de acordo com o horário de observação, da época do ano e da espécie arbórea utilizada para o sombreamento. A espécie que apresentou a melhor qualidade de sombreamento foi o angico (*Anadenanthera macrocarpa* Brenan) com valores de ITU variando de 72,6 a 81,3 contra 79,2 a 87,8 obtidos para condições de céu aberto.

PERISSINOTTO (2003) utilizou o ITU como forma de avaliar a eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo *free-stall* para confinamento de gado leiteiro. Já CAMPOS et al. (2001) e KLOSOWSKI et al. (2002) utilizaram este índice na determinação do declínio na produção de leite para diferentes níveis de produção normal em Goiânia, GO, e no período de verão para Maringá, PR, respectivamente. O nível normal de produção é um dado utilizado como referência, de uma forma genérica, considerando-se uma situação em que o animal não sofresse estresse térmico, ou seja, a produtividade que um animal sadio apresentaria caso submetido a uma condição de termoneutralidade.

Por ser um índice que exige como variáveis de entrada apenas a temperatura e a umidade relativa do ar, a aplicabilidade de cálculo deste índice é vasta, já que emprega elementos meteorológicos observados rotineiramente nas estações meteorológicas. Visando à se caracterizar os valores de ITU para o banco de dados meteorológicos disponível no Estado do Paraná, o presente trabalho teve como objetivo comparar os valores de ITU estimados para cada localidade, calcular a sua frequência de ocorrência para valores horários na escala mensal e verificar o ajuste de uma distribuição de probabilidade para isso.

## Material e Métodos

Neste trabalho foram utilizados valores de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e umidade relativa do ar, registrados diariamente às 9:00h, 15:00h e 21:00h pelas estações meteorológicas do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) nas localidades apresentadas na Tabela 1 e Figura 1.

Para os diferentes locais e horários foi determinado o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) utilizando-se a equação proposta por

**Tabela 1.** Relação dos locais, com suas respectivas coordenadas geográficas e série de dados, utilizados neste estudo.

Local	Coordenadas Geográficas			Período de observação
	Latitude	Longitude	Altitude (m)	
Planalto	25°42'S	53°47'W	400	1991 - 2002
Pato Branco	26°07'S	52°41'W	700	1991 - 2003
Morretes	25°30"S	48°49'W	59	1995 - 2003
Londrina	23°22'S	51°10"W	585	1995 - 2004
Telemaco Borba	24°20'S	50°37'W	768	1995 - 2003

BACCARI JR. *et al.* (1983) citados por BACCARI JR. (2001).

$$ITU = t_s + 0,36 \times t_{po} + 41,2 \quad (1)$$

em que:  $t_s$  é a temperatura do termômetro de bulbo seco (°C) e  $t_{po}$  a temperatura do ponto de orvalho (°C).

A equação matemática que expressa a temperatura do ponto de orvalho, em que se considera a pressão atual de vapor igual à pressão de saturação, é:

$$t_{po} = \frac{237,3 \times \log\left(\frac{e_a}{0,6108}\right)}{7,5 - \log\left(\frac{e_a}{0,6108}\right)} \quad (2)$$

em que:  $e_a$  é a pressão atual de vapor (kPa).

Agrupou-se mês a mês os valores do ITU para as três observações diárias, e procurou-se verificar se a variação desses valores obedecia uma distribuição de probabilidade normal, em que a média ( $\mu$ ) e a variância ( $s^2$ ) foram calculadas pelas equações 3 e 4, respectivamente.

$$\mu = \frac{\sum fX}{\sum f} \quad (3)$$

$$s^2 = \frac{\left( \sum fX^2 - \frac{(\sum fX)^2}{\sum f} \right)}{(\sum f - 1)} \quad (4)$$

em que:  $f$  é a frequência observada da classe;  $X$  é o ponto médio da classe.

A variável transformada ( $Z$ ) foi calculada pela equação 5:

$$Z = \frac{(X' - \mu)}{s} \quad (5)$$

em que:  $X'$  é o limite superior da classe;  $\mu$  é a média da amostra e  $s$  o desvio padrão.

O valor de  $f(Z)$  foi obtido por meio de tabelas dos valores da distribuição normal padrão, apresentadas em ASSIS *et al.* (1996). A  $f(X)$ , ou seja, a probabilidade de ocorrer um valor de ITU menor ou igual ao da classe, foi calculada subtraindo-se do valor de  $f(Z)$  de cada classe do valor de  $f(Z)$  da classe anterior. As frequências esperadas ( $f_e$ ) em cada classe foram obtidas multiplicando-se o valor de  $f(X)$  pela soma de todas as frequências.

Obtidas as distribuições de frequência do ITU para cada mês do ano aplicou-se o teste de aderência. Para tanto, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 1% de probabilidade (ASSIS *et al.*, 1996).

## Resultados e Discussão

Os valores médios mensais da temperatura de bulbo seco (a) e da umidade relativa do ar (b) são apresentados na Figura 2. A temperatura na zona de conforto térmico varia de acordo com a espécie e idade do animal. Os valores médios mensais de temperatura do ar mantiveram-se abaixo de 27,0°C para todas as localidades, como mostra a Figura 2 (a). Este valor de temperatura encontra-se acima do



Figura 1. Localização geográfica dos municípios utilizados neste estudo.

limite superior da zona de conforto térmico para bovinos recém-nascidos que é de 21°C e abaixo do limite superior da zona de conforto térmico para ovelhas e galinhas poedeiras que é de 30 e 28°C, respectivamente (TEIXEIRA, 2001). Para animais adultos, considerando-se os limites propostos pelo mesmo autor, observa-se que as temperaturas médias mensais, ultrapassaram o limite superior da zona de conforto térmico de bovinos europeus (16°C), exceto em Pato Branco e Telemaco Borba, nos meses de junho e julho. Nas localidades de Planalto, Morretes e Londrina, as temperaturas médias do período de verão, encontram-se acima do limite térmico para a criação de coelhos que é de 25°C. Para suínos a partir de 35 dias de idade, o limite superior de temperatura da zona de conforto térmico (21°C) é ultrapassado

no período de outubro a abril para todas as localidades. Complementando, TIMMONS & GATES (1988) consideram a temperatura do ar externo uma causa primária para o estresse, com subsequente mudança na eficiência produtiva, uma vez que a mesma produz efeito direto sobre a temperatura interna das instalações.

Observa-se na Figura 2 (b), que os valores médios mensais de umidade relativa do ar mantiveram-se acima de 60%, exceto para o mês de agosto em Londrina. A umidade relativa do ar ótima para bovinos encontra-se entre 70 e 80%, para suínos e cordeiros por volta de 70% e para frangos de corte e poedeiras em torno de 60% (TEIXEIRA, 1997). Considerando-se esses limites ótimos de umidade relativa do ar, comparados aos valores médios mensais das diferentes localidades, observa-se que tanto Telemaco Borba e, especialmente, Morretes apresentam valores médios de umidade relativa do ar muito acima do limite ótimo para as diferentes espécies de animais domésticos. TINÔCO *et al.* (2001) alertam que nas condições tropicais a intensa radiação solar, com altas temperaturas, associada a umidade relativa elevada podem inibir drasticamente o desempenho de frangos no período de verão.

Na Figura 3 são apresentados os valores médios mensais de ITU estimados para cada uma das localidades analisadas. Os valores de ITU seguem uma variação semelhante à da temperatura do ar (Figura 2a).

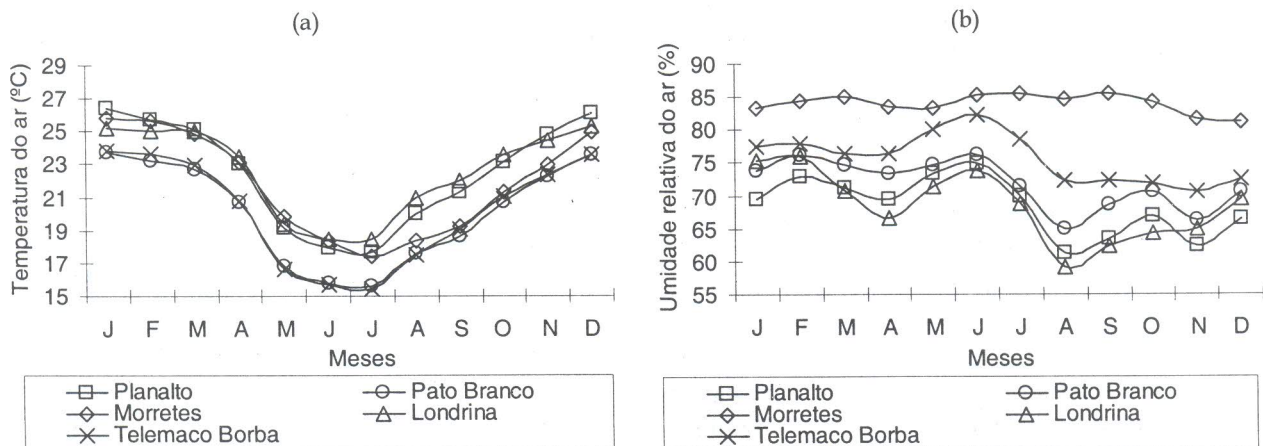
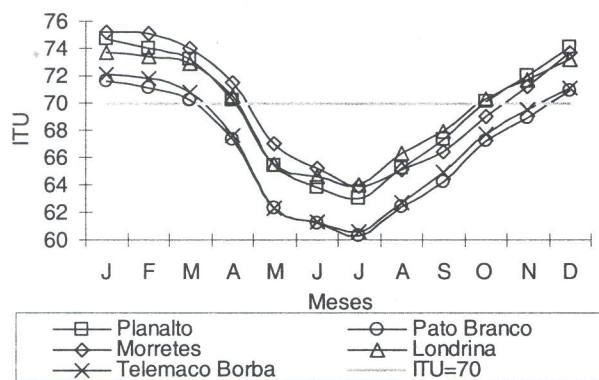


Figura 2. Valores médios mensais de temperatura do ar (a) e de umidade relativa do ar (b), para diferentes localidades do Estado do Paraná.



**Figura 3.** Valores médios mensais do ITU para as localidades estudadas, e suas relações com a condição limite (ITU = 70).

Os valores médios mensais de ITU variaram entre 63 e 75, 60 e 72, 64 e 75, 64 e 74 e 61 e 72 para Planalto, Pato Branco, Morretes, Londrina e Telemaco Borba, respectivamente. Nas cinco localidades em estudo, a menor média mensal ocorreu em julho e a maior em janeiro. Foi possível verificar, ainda, que os valores médios mensais, exceto no período de verão para todas as localidades; em abril e novembro para Londrina, Planalto e Morretes e no mês de outubro em Planalto e Londrina, encontram-se abaixo do valor limite de ITU igual a 70. Este limite foi adotado por SILVA (2000), e se refere até o qual pode-se considerar uma condição normal, não estressante para animais domésticos em geral.

Entretanto, por se tratar de valores médios mensais, os valores extremos observados para o local não são representados na Figura 3. Desta forma, para melhor representar a ocorrência de valores pontuais horários, estes foram distribuídos em intervalos de classe como mostram as Tabelas 2 e 3.

Para Planalto, Morretes e Londrina (Tabela 2), a probabilidade dos valores de ITU serem maiores do que 70, foram de 92%, 94% e 88%, no mês de janeiro e para o mês de julho de 15%, 11% e 15%, respectivamente. Na Tabela 3, em Pato Branco e Telemaco Borba, a probabilidade de ocorrerem valores maiores que 70 foi de 62% e 72% para o mês de janeiro e de 6% e 8% para o mês de julho, respectivamente.

Valores horários de ITU acima de 70 foram observados para todos os meses do ano e para todas

as localidades, com maior frequência no período de verão. De acordo com ARMSTRONG (1994), valores deste índice acima de 72 representam condições adversas para alta produção de leite. CASA & RAVELO (2003) encontraram, na região de Córdoba, Argentina, probabilidade de ocorrência de valores de ITU maiores que 72 igual a 21% para o período de outubro a março e de 40% para o mês de janeiro. As reduções médias na produção de leite foram de 6 a 9% para animais de nível de produção normal de 22 L vaca<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Esses autores observaram, também, que o resfriamento noturno, resultando em ITU abaixo de 72, provocam condições menos estressantes para as vacas.

Para a exploração suinícola, SAMPAIO *et al.* (2004), na região de Lages, SC, verificaram que valores de ITU superiores a 70 não proporcionaram conforto térmico nas horas mais quentes do dia, embora os valores de umidade relativa do ar tenham ficado nos patamares ideais para suínos. Já na criação de poedeiras, BARBOSA FILHO (2004) considera como ambiente confortável, aquele no qual o ITU varia entre 71 e 75 (temperatura do ar de 26°C e umidade relativa de 60%) e um ambiente estressante no qual o ITU varia entre 84 a 87 (temperatura do ar de 35°C e umidade relativa de 70%). Como se observa nas Tabelas 2 e 3, valores de ITU na faixa de 70 e 75 são os mais frequentes entre os intervalos de classe estudados, especialmente no período de verão, para todas as localidades. Tanto o peso de ovos como a espessura de casca, obtidos por este último autor, foram maiores nas condições de ambiente de conforto em relação ao ambiente de estresse, com ITU entre 85 e 90, intervalo que é muito pouco frequente para as localidades em estudo, apresentando, frequência nula em Pato Branco, Londrina e Telemaco Borba, para todos os meses do ano.

As respostas fisiológicas de cabras leiteiras foram estudadas por NUNES *et al.* (2003), para a região de Maringá, PR. Os autores verificaram que apesar das condições climáticas observadas, de ITU > 82 com frequência de ocorrência durante o período experimental de 23,5% no período da tarde, estas não apresentaram potencial estressante para as cabras. Isto se deve a uma possível adaptação dos animais aos sistemas de produção. No presente trabalho, valores de ITU entre 80 e 85 ocorreram com maior frequência no período de setembro a abril para todas as localidades (Tabelas 2 e 3).

**Tabela 2.** Distribuição de frequência (fo - frequência observada e fe - frequência estimada) de valores horários do ITU estimados para Planalto, Morretes e Londrina.

Intervalo de Classe	Jan fo	Jan fe	Fev fo	Fev fe	Mar fo	Mar fe	Abr fo	Abr fe	Mai fo	Mai fe	Jun fo	Jun fe	Jul fo	Jul fe	Ago fo	Ago fe	Set fo	Set fe	Out fo	Out fe	Nov fo	Nov fe	Dez fo	Dez fe	
<b>Planalto</b>																									
40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	15	9	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
45	45	0	0	0	0	0	0	0	2	5	26	15	50	37	15	14	3	3	0	0	0	0	0	0	
50	50	0	0	0	0	0	6	4	45	41	93	83	117	125	75	67	28	24	0	0	0	0	0	0	
55	55	0	0	0	0	1	0	45	38	178	180	182	241	217	268	177	201	90	114	22	27	5	6	0	0
60	60	0	7	3	13	13	36	153	177	369	389	385	384	342	356	310	347	310	303	136	170	52	75	13	20
65	65	104	133	151	169	277	262	374	391	435	408	386	329	362	295	435	361	443	410	525	443	370	339	178	196
70	70	626	547	603	528	610	569	455	408	219	217	160	159	169	152	194	217	267	283	423	455	518	515	603	553
75	75	456	504	345	399	324	363	196	194	54	56	27	41	30	49	90	76	99	103	159	178	268	273	408	431
80	80	115	106	86	75	77	68	31	44	0	7	0	6	0	11	2	16	20	19	37	28	47	49	100	95
85	85	1	5	0	3	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	3	0	6	
<b>Morretes</b>																									
40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
50	50	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	10	16	34	37	15	21	4	5	0	0	0	0	0	0
55	55	0	0	0	0	0	0	4	3	46	51	98	112	140	170	114	125	40	64	4	9	0	3	0	0
60	60	0	5	0	5	0	11	35	52	244	249	339	308	410	332	337	306	280	272	100	130	34	60	2	17
65	65	52	82	55	79	124	137	267	269	428	390	321	319	243	277	332	317	446	369	497	418	335	287	154	156
70	70	432	360	396	331	476	413	441	396	180	202	109	125	74	96	99	134	96	166	267	316	398	397	461	401
75	75	348	378	298	340	265	310	134	162	28	33	21	19	27	15	28	23	25	24	59	55	106	136	248	293
80	80	85	99	96	89	62	57	18	19	4	2	1	0	0	0	5	2	7	0	3	2	25	16	57	59
85	85	13	6	4	6	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	8	3
<b>Londrina</b>																									
40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	10	6	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0
50	50	0	0	0	0	0	0	3	0	13	17	29	32	42	46	18	17	9	9	0	0	0	0	0	0
55	55	0	0	0	0	0	0	14	13	102	109	133	145	149	170	83	98	40	60	4	15	0	3	0	0
60	60	0	6	0	6	5	17	83	102	314	298	309	298	312	306	263	260	214	200	106	111	38	50	6	15
65	65	110	132	116	130	190	188	298	300	337	332	275	278	277	266	330	319	328	312	358	317	278	258	168	171
70	70	529	464	479	435	478	451	358	332	136	146	140	119	134	112	187	180	215	230	313	333	389	389	471	443
75	75	255	294	231	252	231	244	137	133	28	26	8	22	4	23	46	48	85	77	123	134	176	177	255	264
80	80	36	33	23	25	26	30	7	20	0	2	0	2	0	2	0	6	7	13	26	20	19	24	30	36
85	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

O teste de aderência, ao nível de 1%, demonstrou que os valores horários mensais de ITU ajustam-se à distribuição normal para todas as localidades, exceto para os meses de junho e julho em Pato Branco e para o mês de setembro em Morretes (Tabela 4).

### Conclusões

As localidades que apresentaram menores valores de ITU e, conseqüentemente, com maior

vocação ambiental para criação da maioria das espécies animais foram Telemaco Borba (região central) e Pato Branco (região sul), regiões estas de maior altitude dentre as estudadas.

As localidades que merecem maior atenção na busca de acondicionamento térmico foram Morretes, Planalto e Londrina, especialmente no período de novembro a abril, no qual se observou valores de ITU superiores a 70.

**Tabela 3.** Distribuição de frequência (fo - frequência observada e fe - frequência esperada) de valores horários de ITU para Pato Branco e Telêmaco Borba.

Intervalo de Classe	Jan		Fev		Mar		Abr		Mai		Jun		Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez		
	fo	fe	fo	fe	fo	fe	fo	fe	fo	fe	fo	fe	fo	fe	fo	fe	fo	fe	fo	fe	fo	fe	fo	fe	
<b>Pato Branco</b>																									
40	45	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10	6	31	17	8	5	1	0	0	0	0	0	0	0
45	50	0	0	0	0	0	0	3	0	15	14	55	41	76	64	46	33	14	10	0	0	0	0	0	0
50	55	0	0	0	0	1	0	20	15	90	94	140	158	135	172	114	130	50	64	7	10	2	0	0	0
55	60	0	1	0	0	4	10	84	94	275	296	262	332	217	287	244	256	198	228	73	89	20	28	4	5
60	65	11	51	33	33	85	120	238	285	452	424	466	377	382	295	451	429	459	399	352	330	179	200	48	88
65	70	445	356	432	432	529	441	486	406	279	276	231	240	205	187	279	289	359	357	518	493	522	472	487	407
70	75	505	572	455	455	402	464	240	271	84	82	90	82	70	73	145	124	126	162	266	299	350	370	468	515
75	80	243	211	184	184	163	141	99	85	1	11	0	16	0	18	15	31	53	37	83	73	95	92	193	178
80	85	5	18	0	0	4	12	0	13	0	0	0	2	0	3	0	5	0	5	3	7	2	7	9	17
85	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Telêmaco Borba</b>																									
40	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	9	8	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
45	50	0	0	0	0	0	0	2	0	10	13	29	26	46	40	17	18	4	4	0	0	0	0	0	0
50	55	0	0	0	0	0	0	9	9	76	77	100	107	112	133	74	81	17	34	1	4	0	0	0	0
55	60	0	0	0	0	0	4	57	64	222	227	232	239	252	247	215	202	138	138	21	45	7	13	1	3
60	65	7	24	9	9	53	69	183	211	343	319	311	278	286	268	318	292	322	282	255	215	107	121	35	58
65	70	255	241	275	275	362	323	391	322	197	216	142	177	148	164	159	218	264	275	385	369	404	355	357	309
70	75	489	471	399	399	371	396	170	217	77	67	84	59	77	57	135	93	107	133	191	237	281	317	380	408
75	80	168	181	160	160	141	128	87	67	5	11	0	11	0	12	11	21	46	31	76	55	99	86	152	140
80	85	11	13	6	6	3	11	1	10	0	0	0	0	0	1	0	3	1	4	1	5	2	7	5	12
85	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabela 4.** Valores de D<sub>máx</sub>, obtidos a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov, para cada mês nas localidades estudadas.

Local	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Planalto	0,0323	0,0380	0,0251	0,0256	0,0162	0,0314	0,0381	0,0159	0,0322	0,0191	0,0331	
Pato Branco	0,0397	0,0311	0,0405	0,0426	0,0192	0,0565	0,0151	0,0303	0,0203	0,0233	0,0334	
Morretes	0,0398	0,0426	0,0419	0,0307	0,0258	0,0213	0,0282	0,0665	0,0468	0,0331	0,0448	
Londrina	0,0384	0,0264	0,0175	0,0185	0,0122	0,0168	0,0134	0,0198	0,0266	0,0160	0,0156	
Telêmaco Borba	0,0181	0,0246	0,0211	0,0389	0,0148	0,0227	0,0328	0,0270	0,0303	0,0311	0,0268	

Os valores horários de ITU ajustam-se a distribuição normal para todas as localidades, exceto para os meses de junho e julho em Pato Branco e para o mês de setembro em Morretes.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), que gentilmente cedeu os dados meteorológicos utilizados neste trabalho e à Fundação Araucária pelo financiamento deste projeto (Convênio 021/2004, Protocolo número 4792).

### Referências Bibliográficas

AGUIAR, I.S., TARGA, L.A. Respostas termorreguladoras, armazenamento de calor corporal e produção de leite de vacas holandesas mantidas ao sol e com acesso a sombra natural. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.14, n.4, p.9-21, 1999.

ARAÚJO, A.P. **Estudo comparativo de diferentes sistemas de instalações para produção de leite tipo B, com ênfase nos índices de conforto térmico**

- e na **caracterização econômica**. Pirassununga: USP, 2001. 69 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2001.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.7, p.2044-2050, 1994.
- ASSIS, F.N., ARRUDA, V.H., PEREIRA, A.R. **Aplicações de estatística à climatologia**. Pelotas: Ed. Universitária, 1996. 161p.
- BACCARI JR., F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Ed. UEL, 2001. 142p.
- BARBOSA, O.R., et al. Utilização de um índice de conforto térmico no zoneamento bioclimático da ovinocultura. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 24, n.5, p. 661-671, 1995.
- BARBOSA FILHO, J.A.D. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens**. Piracicaba: USP, 2004. 140 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2004.
- BECKER, B.A., et al. Effect of a hot environment on performance, carcass characteristics, and blood hormone and metabolites of pigs treated with porcine somatotropin. **Journal of Animal Science**, v.70, n.9, p. 2732-2740, 1992.
- CAMPOS, A.T. et al. Prognóstico de declínio na produção de leite em função do clima para a região de Goiânia, GO. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 11-13
- CASA, A.C., RAVELO, A.C. Assessing temperature and humidity conditions for dairy cattle in Córdoba, Argentina. **International Journal of Biometeorology**, Berlin, v. 48, n. 1, p. 6-9, 2003.
- CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: Iowa State University Press. 1983. 409p.
- DOBSON, H., SMITH, R.F. What is stress, and how does it affect reproduction? **Animal Reproduction Science**, v.60-61, n.2, p. 743-752, 2000.
- KELLY, C.F., BOND, T.E. Bioclimatic factors and their measurement. In: **National Academy of Sciences**. A Guide to environmental research on animals. Washington: IAS, 1971. 76p.
- KLOSOWSKI, E.S., et al. Estimativa do declínio na produção de leite, em período de verão, para Maringá - PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria. v.10, n.2, p. 283-288, 2002.
- MARTINS, J.L. **Avaliação da qualidade térmica do sombreamento natural de algumas espécies arbóreas, em condição de pastagem**. Campinas: UNICAMP, 2001. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2001.
- MIRAGLIOTTA, M.Y., et al. Qualidade do ar de dois sistemas produtivos de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciadas - estudo de caso. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.1-10, 2002.
- NÃÃS, I. A., et al. Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betumem, pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 121-126, 2001.
- NAÃS, I.A.; ARCARO JR., I. Influência da ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p. 139-142, 2001.
- NUNES, A.S., BARBOSA, O.R., DAMASCENO, J.C. Respostas fisiológicas de cabras leiteiras submetidas ao regime de suplementação com concentrado em dois sistemas de produção. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, n.1, p. 157-163, 2003.
- PERISSINOTTO, M. **Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo "freestall" para confinamento de gado leiteiro**. Piracicaba: USP, 2003. 122 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)



- Curso de Pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2003.

SAMPAIO, C.A.P., et al. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.3, p. 785-790, 2004.

SEVEGNANI, K.B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I.J.O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n.1, p.01-07,1994.

SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.

TEIXEIRA, V.H. **Construções e ambiência: instalações para suínos e aves**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 182p.

TEIXEIRA, V.H. **Instalações e ambiência para bovinos leiteiros**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 125p.

TIMMONS, M.B.; GATES, R.S. Predictive model of laying hen performance to air temperature and evaporative cooling. **Transaction of the ASAE**, v.31, n.5, 1503-1509, 1988.

TINÔCO, I.F.F., et al. Performance of two evaporative cooling systems on environmental comfort of broiler houses. In: AGRIBUILDING, 3, Campinas, 2001, **Anais...**, Campinas: UNICAMP, 2001, p. 182-185.