

JOSÉ LUIZ CABRAL DA SILVA JÚNIOR

**ZONEAMENTO DA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL, UTILIZANDO O
ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE, PARA O GADO LEITEIRO**

**Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Meteorologia Agrícola,
para obtenção do título de “Magister
Scientiae”.**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2001**

JOSÉ LUIZ CABRAL DA SILVA JÚNIOR

ZONEAMENTO DA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL, UTILIZANDO O ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE, PARA O GADO LEITEIRO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Aprovada: 15 de outubro de 2001

Dra. Maria de Fátima Ávila Pires
(Conselheira)

Prof. Fernando da Costa Baêta
(Conselheiro)

Prof. Gilberto Chohaku Sedyama

Dr. Aloísio Torres de Campos

Prof. Luiz Cláudio Costa
(Orientador)

BIOGRAFIA

José Luiz Cabral da Silva Júnior, filho de José Luis Cabral da Silva e de Jaci José Silva, nasceu em Maceió, AL, em 24 de julho de 1971.

Em dezembro de 1998, graduou-se na Universidade Federal de Alagoas no curso de Meteorologia, Maceió, Alagoas.

Em agosto de 1999 iniciou o Programa de Pós-Graduação, Mestrado em Meteorologia Agrícola, defendendo tese em outubro de 2001.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais José Luis e Jaci José, a minha noiva e futura esposa Juliana Maria Bertho, pelo apoio e carinho que sempre a mim dedicaram e incentivaram nos momentos de indecisão, fraqueza, razões para prosseguir nesta longa jornada, minha eterna gratidão.

Aos meus irmãos Carlos Luiz e Antônio de Pádua, minhas tias Jurandir Elias (Tereza) e Juraci Elias, pelo incentivo, e que sempre me apoiando nos momentos mais difíceis desta conquista e da minha vida.

A Matheus, meu sobrinho, que chegou para nos trazer mais alegrias e felicidades.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, acima de tudo e todos, guiando-me pelos caminhos mais sinuosos da minha vida, concebendo a sabedoria na hora de decidir o certo ou errado e pela presença constante em minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar o curso.

À Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa, em parte do curso.

EMBRAPA - Gado de Leite, pela parceria no projeto de relevância social e econômica da Pecuária Brasileira.

Ao professor e orientador, PhD. Luiz Cláudio Costa, pelo apoio e a confiança depositados em mim.

Aos professores do Programa de Meteorologia Agrícola, em especial aos Professores Gilberto Sedyama, Aristides Ribeiro, Sérgio Zolnier, Paulo Hamakawa, José Maria Nogueira e Marcos Heil Costa que no decorrer do curso, aprendi a respeitar e admirar como administrador e idealizador.

À Dra. Maria de Fátima A. Pires, pesquisadora da Embrapa, pela amizade e pela orientação.

Ao Prof. PhD. Fernando da Costa Baêta e ao Dr. Aloísio Torres de Campos, pelas sugestões.

Aos meus amigos Unemetianos, José de Lima Filho, Ednaldo Oliveira, Alaílson Santiago, Rosa Maria do Nascimento, Sylvia Farias, José Francisco Júnior, pelas críticas, forças, sugestões e companheirismo durante toda formação acadêmica e pelos objetivos em comum.

Aos meus amigos do Curso de Meteorologia, especialmente Gustavo Bastos Lyra, Bergson Moraes, José Danilo Filho, Joaquim Branco, Olivio Neto, Silvia Monteiro, Tadayuki Yanagi, Leila Leal, Wasghinton Boaretti, Meire Berbet, Márcia Palheta, Agnaldo Alves, Paulo Márcio Freitas, Dalmácio Espíndula, Salomão Medeiros pelo incentivo e companheirismo durante todo o curso.

Aos meus colegas do FUT600 e da Engenharia Agrícola que sempre estiveram comigo nas horas de divertimento e descontração.

Aos amigos que fiz por esta passagem por Viçosa, em especial a família Lopes, que tanto nos acolheu e recebeu, sempre de braços abertos: D. Aparecida, Sr. José, Tânia e irmãos.

E aos funcionários que trabalham no Departamento de Engenharia Agrícola, com destaque a Edna, Sônia, Galinári e Marcos, que nunca mediram esforços e sempre nos trataram com muita simpatia.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE SÍMBOLOS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Localização das estações meteorológicas na região sudeste	18
3.2. Área estudada	18
3.3. Determinação do período mínimo de dados climatológicos	23
3.4. Modelo de estimativa de temperatura média normal	23
3.5. Índice de temperatura e umidade	24
3.6. Estimativa da marcha diária da temperatura do ar	25
3.7. Estimativa da marcha diária da umidade relativa do ar	26
3.8. Mapeamento e classificação da região sudeste do Brasil	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Interpolação dos dados	30
4.1.1. Temperatura do ar	30
4.1.2. Umidade relativa do ar	33
4.2. Variação sazonal do índice de temperatura e umidade	33
4.2.1. Espírito Santo	34
4.2.2. Rio de Janeiro	37
4.2.3. Minas Gerais	41
4.2.4. São Paulo	45
4.3. Variação sazonal do número de horas (média) de estresse calórico moderado ou severo	49
4.3.1. Espírito Santo	50
4.3.2. Rio de Janeiro	51
4.3.3. Minas Gerais	51
4.3.4. São Paulo	53
5. RESUMO E CONCLUSÕES	54

6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
7.	APÊNDICE	61

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Identificação das Estações Meteorológicas do INMET utilizadas no Estado do Espírito Santo com números de anos	15
2	Identificação das Estações Meteorológicas do INMET utilizadas no Estado de São Paulo com números de anos	15
3	Identificação das Estações Meteorológicas do INMET utilizadas no Estado do Rio de Janeiro com números de anos	16
4	Identificação das Estações Meteorológicas do INMET utilizadas no Estado de Minas Gerais com números de anos	16
5	Identificação das Estações Meteorológicas do INMET utilizadas nos Estados circunvizinhos a região sudeste	17
6	Equações de regressões ajustadas para o modelo Y_i (temperatura média normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para o Estado do Espírito Santo	30
7	Equações de regressões ajustadas para o modelo Y_i (temperatura média normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para o Estado de São Paulo	31
8	Equações de regressões ajustadas para o modelo Y_i (temperatura média normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para o Estado do Rio de Janeiro	31
9	Equações de regressões ajustadas para o modelo Y_i (temperatura média normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para o Estado de Minas Gerais	32

LISTA DE FIGURAS

Figuras		Página
1	Localização geográfica das estações meteorológicas da Região Sudeste	18
2	Localização das mesoregiões do estado do Espírito Santo	19
3	Localização das mesoregiões do estado de Minas Gerais	19
4	Localização das mesoregiões do estado do Rio de Janeiro	20
5	Localização das mesoregiões do estado de São Paulo	20
6	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de janeiro no estado do Espírito Santo	34
7	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de fevereiro no estado do Espírito Santo	34
8	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de março no estado do Espírito Santo	35
9	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de abril no estado do Espírito Santo	35
10	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de maio no estado do Espírito Santo	35
11	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de junho no estado do Espírito Santo	35
12	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de julho no estado do Espírito Santo	36
13	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de agosto no estado do Espírito Santo	36
14	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de setembro no estado do Espírito Santo	37
15	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de outubro no estado do Espírito Santo	37

16	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de novembro no estado do Espírito Santo	37
17	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de dezembro no estado do Espírito Santo	37
18	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de janeiro no estado do Rio de Janeiro	38
19	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de fevereiro no estado do Rio de Janeiro	38
20	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de março no estado do Rio de Janeiro	38
21	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de abril no estado do Rio de Janeiro	38
22	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de maio no estado do Rio de Janeiro	39
23	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de junho no estado do Rio de Janeiro	39
24	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de julho no estado do Rio de Janeiro	39
25	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de agosto no estado do Rio de Janeiro	39
26	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de setembro no estado do Rio de Janeiro	40
27	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de outubro no estado do Rio de Janeiro	40
28	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de novembro no estado do Rio de Janeiro	40
29	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de dezembro no estado do Rio de Janeiro	40
30	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de janeiro no estado de Minas Gerais	42
31	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de fevereiro no estado de Minas Gerais	42
32	Distribuição espacial de ITU mensal para o mês de março no estado de Minas Gerais	42
33	Distribuição espacial de ITU mensal para o mês de abril no estado de Minas Gerais	42
34	Distribuição espacial de ITU mensal para o mês de maio no estado de Minas Gerais	43
35	Distribuição espacial de ITU mensal para o mês de junho no estado de Minas Gerais	43
36	Distribuição espacial de ITU mensal para o mês de julho no estado de Minas Gerais	43
37	Distribuição espacial de ITU mensal para o mês de agosto no estado de Minas Gerais	43
38	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de setembro no estado de Minas Gerais	44
39	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de outubro no estado de Minas Gerais	44
40	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de novembro no estado de Minas Gerais	44
41	Distribuição espacial de ITU mensal para o mês de dezembro no estado de Minas Gerais	44

42	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de janeiro no estado de São Paulo	46
43	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de fevereiro no estado de São Paulo	46
44	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de março no estado de São Paulo	46
45	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de abril no estado de São Paulo	46
46	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de maio no estado de São Paulo	47
47	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de junho no estado de São Paulo	47
48	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de julho no Estado de São Paulo	47
49	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de agosto no estado de São Paulo	47
50	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de setembro no estado de São Paulo	47
51	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de outubro no estado de São Paulo	47
52	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de novembro no estado de São Paulo	48
53	Distribuição espacial do ITU mensal para o mês de dezembro no estado de São Paulo	48
1a	isolinhas da média diária do número de horas de ITU moderado mensal para o mês de janeiro	62
2a	isolinhas da média diária do número de horas de ITU moderado mensal para o mês de fevereiro	62
3a	isolinhas da média diária do número de horas de ITU moderado mensal para o mês de março	63
4a	isolinhas da média diária do número de horas de ITU moderado mensal para o mês de abril	63
5a	isolinhas da média diária do número de horas de ITU moderado mensal para o mês de maio	64
6a	isolinhas da média diária do número de horas de ITU moderado mensal para o mês de junho	64
7a	isolinhas da média diária do número de horas de ITU moderado mensal para o mês de julho	65
8a	isolinhas da média diária do número de horas de ITU moderado mensal para o mês de agosto	65
9a	isolinhas da média diária do número de horas de ITU moderado mensal para o mês de setembro	66
10a	isolinhas da média diária do número de horas de ITU moderado mensal para o mês de outubro	66
11a	isolinhas da média diária do número de horas de ITU moderado mensal para o mês de novembro	67
12a	isolinhas da média diária do número de horas de ITU moderado mensal para o mês de dezembro	67
1b	isolinhas da média diária do número de horas de ITU severo mensal para o mês de janeiro	68
2b	isolinhas da média diária do número de horas de ITU severo mensal para o mês de fevereiro	68

3b	isolinhas da média diária do número de horas de ITU severo mensal para o mês de março	69
4b	isolinhas da média diária do número de horas de ITU severo mensal para o mês de abril	69
5b	isolinhas da média diária do número de horas de ITU severo mensal para o mês de maio	70
6b	isolinhas da média diária do número de horas de ITU severo mensal para o mês de junho	70
7b	isolinhas da média diária do número de horas de ITU severo mensal para o mês de julho	71
8b	isolinhas da média diária do número de horas de ITU severo mensal para o mês de agosto	71
9b	isolinhas da média diária do número de horas de ITU severo mensal para o mês de setembro	72
10b	isolinhas da média diária do número de horas de ITU severo mensal para o mês de outubro	72
11b	isolinhas da média diária do número de horas de ITU severo mensal para o mês de novembro	73
12b	isolinhas da média diária do número de horas de ITU severo mensal para o mês de dezembro	73

LISTA DE SÍMBOLOS

ITU	=	índice de temperatura e umidade
T_{bs}	=	temperatura do termômetro de bulbo seco, °C
T_x	=	temperatura máxima
T_n	=	temperatura mínima
UTC	=	tempo universal coordenado
UR	=	umidade relativa do ar, %
ω	=	frequência angular periódica da variação da temperatura, s^{-1}
$\Gamma(t)$	=	função da variação horária da temperatura, adimensional
$T(t)$	=	temperatura para tempo t , °C
t	=	hora
$T_{s,i}$	=	temperatura máxima do dia i , °C
$T_{n,i}$	=	temperatura mínima do dia i , °C
U_x	=	umidade relativa gerada pelo modelo no horário X
U_6	=	umidade relativa do ar às 6:00 horas
U_9	=	umidade relativa do ar às 9:00 horas
U_{15}	=	umidade relativa do ar às 15:00 horas
U_{21}	=	umidade relativa do ar às 21:00 horas
X	=	horário de estimativa da umidade relativa do ar
Y_i	=	temperaturas médias normais mensais estimadas, °C
x_1	=	altitude do lugar
x_2	=	latitude do lugar em graus e décimos (valores positivos)
x_3	=	longitude do lugar em graus e décimos (valores positivos)
ϵ_i	=	erro
a_0	=	Interseção
a_1	=	coeficiente de ajuste da variável x_1
a_2	=	coeficiente de ajuste da variável x_2
a_3	=	coeficiente de ajuste da variável x_3
INMET	=	Instituto Nacional de Meteorologia

RESUMO

SILVA JÚNIOR, José Luiz Cabral, M.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2001, **Zoneamento da região sudeste do Brasil, utilizando o índice de temperatura e umidade, para o gado leiteiro**. Orientador: Luiz Cláudio Costa. Conselheiros: Maria de Fátima Ávila Pires e Fernando da Costa Baêta

Objetivando determinar o índice de temperatura e umidade (ITU), para gado de leite da raça holandesa, na região Sudeste do Brasil, e identificar áreas que possuem condições climáticas adequadas para a atividade leiteira, foi utilizado um zoneamento para toda região. Com dados climáticos normal de temperatura e umidade relativa do ar mensais foram gerados mapas temáticos através de espacialização, levando em consideração as coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) para determinar o ITU. Por meio de simulação foi estimado o número médio de ITU horário por dados diários de temperatura e umidade relativa do ar. Após calculado, os mapas de ITU foram classificados por classes para determinar o nível de estresse térmico em: menor ou igual a 70 (normal); de 70 a 72 (alerta); aproximando do índice crítico para a produção de leite; 72 a 78 (redução na produção de leite); 78 a 82

(perigo); acima de 82 (emergência). Os resultados mostraram que através do mapeamento foi possível identificar áreas da região Sudeste, nas quais há a maior concentração de bacias leiteiras do Brasil, que apresentam condições climáticas adequadas para bovinocultura leiteira de alta produção. Para o estado do Espírito Santo, a região Central e parte da região Sul do estado que fica livre dos efeitos do estresse calórico. No Rio de Janeiro, a região do Centro Fluminense deve-se entretanto tomar com precaução em algumas localidades situadas mais ao Norte, no período de novembro a março. Em Minas Gerais, durante todo o ano, as regiões: Campos das Vertentes e Sul/Sudeste ficam completamente fora dos efeitos do estresse e para estado de São Paulo, o Vale do Paraíba e Macro metropolitana permanecem durante todo o ano livres dos efeitos do estresse.

ABSTRACT

SILVA JÚNIOR, José Luiz Cabral, M.S., Universidade Federal de Viçosa, October 2001. **Zoning of the southeastern region in Brazil by using the temperature and humidity index for dairy cattle.** Adviser: Luiz Cláudio Costa. Committee members: Maria de Fátima Ávila Pires and Fernando da Costa Baêta

Aiming at the determination of the temperature and humidity index (THI) for the Holland dairy cattle on southeastern region of Brazil, as well as the identification of the areas presenting the climatic conditions adequate to dairy activity, a zoning was performed for the whole area. A number of thematic maps were generated through spatialization, using the monthly normal data of the air temperature and relative humidity, taking into account the geographical coordinates (latitude, longitude and altitude) in order to determine the THI. The average number of the hourly THI was estimate by using the daily data of temperature and air relative humidity. Then, the THI maps were classified in order to determine the following thermal stress levels: lower or equal to 70 (normal); from 70 to

72 (alert), approaching the critical index for milk production; from 72 to 78 (reduction in milk production); from 78 to 82 (danger); and above 82 (emergency). The results showed that the zoning made possible to identify those areas in Brazilian southeastern region where there is the highest concentration of dairy cattle herd, and which presents the climatic conditions adequate to raising the highly productive dairy cattle. In Espírito Santo State, the Central region and a part of the Southern region are free from the effects of the heat stress. According to the obtained results, a precaution should be taken relative to the Centro Fluminense region and some localities on northern of Rio de Janeiro State over the period from November to March. In Minas Gerais State, the regions Campos das Vertentes and South/Southern do remain completely free from the effects of the heat stress throughout the year, whereas the Paraíba Valley and the Macrometropolitan region in São Paulo State also remain free from these effects throughout the year.

1. INTRODUÇÃO

Estudos realizados nos últimos anos, vêm evidenciando a forte interferência do clima na produção leiteira, principalmente depois da constatação dos efeitos adversos causados pelo ambiente nos animais mais produtivos. O controle ambiental para a bovinocultura leiteira está se tornando hoje, um tópico assaz importante para minimizar os efeitos do fator clima-animal. Um ambiente é considerado confortável quando o animal está em equilíbrio térmico, ou seja, o calor produzido pelo metabolismo é perdido para o meio ambiente sem prejuízo apreciável no rendimento animal (BOND et al., 1954), citado por CAMPOS (1986).

Para que estas interações clima-animal, que tanto afetam as respostas fisiológicas como as produtivas, venham a ser bem sucedidas, precisam ser adequadamente quantificadas e monitoradas, já que todos os rebanhos do Brasil, em especial a região sudeste se encontram expostos a este ambiente. Assim, o conhecimento do ambiente ótimo bem como do estressante é de importância fundamental para buscar a melhor eficiência do animal e a

sustentabilidade econômica do agronegócio, por meio de manejo mais adequado ao sistema de produção.

A produção de leite no Brasil vem passando por uma grande transformação devido à nova realidade econômica e à adoção de modernas tecnologias, em busca de crescimento substancial da produtividade. Segundo especialistas do setor, este processo de modernização resulta principalmente da abertura da economia, integração regional, liberação dos preços e da concorrência dos produtos lácteos importados do Mercosul e da União Européia.

A escolha de animais especializados, aliado a um correto manejo sanitário, reprodutivo, nutricional e o impacto do clima sobre esses animais, associados à adoção de técnicas de controle do rebanho leiteiro, podem representar acréscimos significativos de renda, sem a necessidade de elevados investimentos nos sistemas de produção de leite (SANTOS, 1998).

Considerando-se que na região Sudeste do Brasil encontra-se a maior concentração de bacias leiteiras do país, e responsável por cerca de mais de 50% de toda produção nacional de leite, justifica-se o delineamento desta região para o estudo.

O presente trabalho teve como objetivo geral, fornecer informações térmicas ambientais, pela combinação das variáveis meteorológicas temperatura e umidade relativa do ar, através do Mapeamento da Região Sudeste de acordo com níveis de estresse para bovinos leiteiros, tendo como base o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e destacando como objetivos específicos:

- 1 – estimar o ITU para a região Sudeste;
- 2 – classificar de acordo com o nível de estresse; e
- 3 – contabilizar a média diária do número de horas de estresse para cada região considerada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

BACCARI (1998b) define o estresse como sendo o conjunto de reações do mecanismos de defesa do organismo em resposta a um estímulo provocado por um agente agressor ou estressor, externo ou interno, para manter a homeostase, e conseqüentemente o bem-estar do animal. Pode ser medido o estresse por respostas comportamentais, fisiológicas e imunológicas à agressão do organismo em sua totalidade.

Segundo BOND & KELLY (1955) citado por (CAMPOS, 1986), sob o ponto de vista climático, um ambiente é considerado confortável, quando o animal está em equilíbrio térmico com o mesmo, ou seja, o calor resultante do metabolismo animal é dissipado para o meio ambiente sem prejuízo apreciável no rendimento animal. Ou ainda, o conforto térmico é caracterizado pela sensação de bem-estar proporcionada por um ambiente em função de sua temperatura, umidade, circulação de ar e trocas radiantes num instante considerado, CURTIS (1983).

BAËTA (1998), afirma que quando o bovino é submetido a um ambiente estressante, várias de suas funções são alteradas, tais como: frequência respiratória, temperatura retal, ingestão de alimentos, utilização de nutrientes, produção, reprodução ou crescimento e resistência à doenças. E que a magnitude das alterações depende de cada animal, pois as respostas aos agentes estressores são diferentes quando comparados animais distintos. A temperatura ambiente é uma das causas principais de estresse calórico em ambiente tropical (MÜLLER, 1989). Condições ambientais adversas, como altas ou baixas temperaturas e umidades relativas do ar, são cruciais para os bezerros e são consideradas as principais causas da alta taxa de mortalidade observada no Brasil (PRESTON, 1969) citado por SOUZA, (1992).

DE LA SOLA, (1996) citado por PIRES et al. (1999) comenta que quando a temperatura ambiente supera o valor máximo de conforto para o animal, a umidade relativa do ar passa a ter importância fundamental nos mecanismos de dissipação de calor, porque em condições de umidade elevada, o ar saturado impede a evaporação da água através da pele e do trato respiratório, e, conseqüentemente, o ambiente torna-se mais estressante para o animal. A umidade relativa do ar constitui, deste modo, fator importante no estudo do conforto térmico (LALLY & WATSON, 1960) citado por SOUZA, (1992).

MULLER (1989) cita um experimento de RASGDALE (1948) em câmara climática comparando a raça Schwyz e a Holandesa, em que se mediu a relação da temperatura com a umidade relativa do ar. O autor concluiu que a umidade relativa do ar não afeta a produção de leite até a temperatura de 24°C. Somente a partir desta é que começa a provocar reações de intolerância ao calor, e quando se aumentou a temperatura para 29,5°C com baixa umidade

(45%), ocorreu um declínio na produção de leite, de 9% Schwyz e de 12,2% para a Holandesa. Mantendo-se a mesma temperatura e apenas dobrando a umidade relativa, o declínio na produção foi mais acentuado: 20% para Schwyz e 36,1% para a Holandesa e em uma segunda etapa deste experimento com uma temperatura de 37,5°C e umidade relativa alta, o declínio na produção foi muito maior, sendo que 55% para a Schwyz e 63,9% para a Holandesa.

As condições climáticas do meio ambiente, que varia ao longo das 24 horas do dia e ao longo do ano, são também função da latitude, altitude e outras características locais, que definem o clima da região (COSTA, 1982) citado por (CAMPOS, 1986).

Quando descrito apenas com base na temperatura, existe uma faixa de temperatura ambiental para a qual o animal está em conforto térmico, ou seja, para a qual a sensação de frio ou calor é ausente. É a chamada zona de conforto térmico, como a faixa de temperatura ambiental para a qual a temperatura corporal do animal é mantida constante com mínimo esforço termorregulatório. Nessa condição, o desempenho em qualquer atividade é otimizado (BAËTA 1985) citado por (SOUZA, 1992).

A zona de conforto térmico é limitada pela temperatura crítica inferior, ou seja, a temperatura ambiental abaixo da qual o animal aciona seus mecanismos termorregulatórios no sentido de produzir o calor necessário para balancear a perda para o ambiente frio. No limite superior tem-se a temperatura crítica superior que é a temperatura ambiental acima da qual ocorre termorregulação no sentido de auxiliar o animal na perda do calor corporal para o ambiente. Podem ser citadas, como exemplo, a ocorrência de tremor muscular, quando a temperatura ambiental abaixa muito, ou de

respiração acelerada e suor, quando essa temperatura aumenta muito CURTIS, (1983).

As temperaturas críticas dependem também do grau de adaptação do animal às condições de frio e calor. Levando-se em conta a adaptação a cada condição crítica considerada, a temperatura crítica inferior está em torno de 13°C, para bezerros de até quatro semanas de vida; após esse período, até a décima segunda semana de vida, o bezerro pode suportar até 7°C. A temperatura crítica superior, nesta idade, está entre 21 a 22°C, sendo tolerável até 30°C sem que haja colapso do controle homeotérmico, (SOUZA,1992).

De acordo com MULLER (1989), a zona de conforto térmico de bovinos europeus, com idade entre 1 a 60 dias, é limitada pelas temperaturas ambientais de 13 a 23°C.

A zona de conforto para a produção ótima e qualidade superior de leite encontra-se entre 13 e 18°C (YOUSEF, 1985), ocorrendo uma queda brusca na produção quando a temperatura ambiente excede a 29°C (RODRIGUES et al., 1985) citados por (PIRES et. al.,1999).

Em ambiente ótimo, ou seja, dentro da zona de conforto térmico, a energia bruta, proveniente da alimentação, é parcialmente retida no organismo do animal para ser usada em seus processos de manutenção e de produção. Parte dessa energia é liberada para o ambiente na forma de fezes e de urina. Porém, num ambiente subótimo, ou seja, com temperaturas efetivas fora da zona de conforto, o animal passa a utilizar, ainda, parte desta energia no combate ao estresse térmico (MULLER, 1989; PHILIPPS & MACHADY, 1983).

Essa redução na eficiência de utilização da energia está relacionada também com a perda de apetite do animal, e conseqüente queda na produtividade (KELLY & BOND, 1950) citado por SOUZA, (1992).

Os bovinos são homeotermos, ou seja, mantêm a temperatura do núcleo corporal em nível aproximadamente estável de 38°C a 39,3°C. Isso ocorre por meio de processos de produção e perda de calor, frente às flutuações ocorridas no ambiente externo. Quando o ambiente possui temperatura acima do limite superior da zona de conforto, o calor proveniente do processamento metabólico somado ao calor recebido do ambiente tem de ser dissipado por condução, convecção, radiação e evaporação de forma a conservar a integridade da homeotermia (MULLER, 1989). Sendo as três primeiras formas de transferências de calor sensíveis, depende fundamentalmente da diferença entre as temperaturas corporal do animal e do ambiente, e da velocidade do ar. A evaporação é uma troca de calor latente e depende da umidade e velocidade do ar. Portanto, o conforto térmico animal está relacionado com a temperatura, umidade e velocidade do ar ambiente, além de depender das trocas de calor entre o animal e o ambiente que o cerca BAËTA, (1985) citado por (SOUZA, 1992).

De modo geral, a zona de termoneutralidade de vacas holandesas, em lactação, situa-se entre 4 a 26°C, (HUBER, 1990). A temperatura crítica superior para vacas em lactação pardas-suíças e jérsei pode alcançar a 27 e 29 °C, respectivamente (HAFEZ, 1975), enquanto para a vaca Zebu o limite crítico superior seria de 30 a 35°C (BIANCA, 1965) todos citados por BACCARI, (1998).

Enquanto MÜLLER (1989) cita que os limites da zona de conforto varia de -1°C a 21°C, a temperatura crítica superior situa-se em 27°C, e o limite de umidade relativa ideal para animais domésticos varia de 60 a 70 %.

Nas afirmações de CURTIS (1983), SEATH & MILLER, (1945), citados por SOUZA (1992), quando os processos de transferências de calor são

prejudicados, sob ambiente estressante, ocorrem variações significativas na temperatura retal e na frequência respiratória dos animais. Dessa forma, tanto a temperatura retal quanto a frequência respiratória são passíveis de alteração quando da adaptação fisiológica dos animais aos meios tropicais.

As vacas de alta produção, em condições de calor, tendem a um grau mais elevado de estresse. Em temperaturas extremas respondem fisiologicamente com reduções de produções de até 40% dependendo da continuidade do nível de estresse (BAËTA et al., 1997).

Quando um ambiente é termicamente adequado, a frequência respiratória normal dos bovinos é de 23 movimentos por minuto, e para cada 1°C de aumento na temperatura do ar, o ritmo respiratório do bovino praticamente dobra, podendo chegar a quase 200 movimentos por minuto (MÜLLER, 1989) citado por SOUZA (1992).

Vários índices têm sido obtidos para se predizer o nível de conforto térmico ambiental, utilizando-se variáveis meteorológicas tais como, temperatura do bulbo seco, a umidade relativa do ar, a velocidade do ar, radiação e outras variáveis, como taxa metabólica, etc. Os índices mais utilizados são o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e a Carga Térmica Radiante (CTR).

THOM (1959) desenvolveu o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que engloba num único valor os efeitos combinados da temperatura e da umidade relativa do ar.

BUFFINGTON et al. (1977) afirmam que o índice mais preciso para medir o conforto térmico de animais é o ITGU, obtido a partir do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), pela inserção da temperatura de globo negro em lugar da temperatura de bulbo seco. Comentam ainda que para o ITU em

locais com sombra e sem sombra não existe diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, assim como não existe diferença entre o ITU e ITGU, na sombra. Já o ITGU mostrou-se superior para avaliar o ambiente térmico de locais descobertos quando comparados com locais cobertos. Também chegaram os autores a conclusão de que, sob severas condições ambientais de estresse por calor, o ITGU é mais apropriado que o ITU. Já em condições de estresse moderado ou pequeno, os dois índices são iguais referente ao conforto térmico animal. Respostas fisiológicas, como temperatura retal e a taxa de respiração de vacas de leite, estão diretamente ligados ao ITGU, enquanto a produção de leite e a eficiência reprodutiva são inversamente relacionadas ao ITGU. O ITGU engloba num único valor os efeitos da temperatura de bulbo seco, da velocidade do ar, da umidade e da radiação.

BAËTA (1985), estudando o comportamento de cinco vacas leiteiras, de alta produção, da raça holandesa preta e branca, em câmara climática estabeleceu um índice térmico, (ITE) Índice de Temperatura Equivalente, que consiste da temperatura do ar (T), a umidade relativa do ar (UR) e a velocidade do vento (V). Este índice foi estabelecido para as condições de temperatura do ar entre 16 a 41°C, umidade do ar entre 40 a 90% e velocidade do vento entre 0,5 e 6,65 m.s⁻¹. Observou-se, em geral, que um acréscimo de 1°C no ITE, acima das condições termoneutras, causa decréscimo de 2,5 % na produção de leite.

O NATIONAL WEATHER SERVICE (1976) publicou valores críticos do ITU para bovinos. Como resultado, o zoneamento bioclimático para bovinocultura de leite, utilizando o ITU e considerando principalmente vacas da raça Holandesa, pode classificar uma região quanto à sua exploração econômica, nas seguintes categorias: normal (74); alerta (75-78); perigo (78-

83) e emergência (>83). Esta classificação serve de base para o Livestock Weather Safety Index (LWSI, 1970) e é usada para aconselhamento meteorológico do U.S. National Weather Service citado por DU PREEZ et al., (1990a).

DU PREEZ et al. (1990a,b e c) utilizou diferentes classes de ITU, baseando-se no modelo proposto pelo Livestock Weather Safety Index (LWSI), (Anônimo,1970) em mapeamento para bovino de leite na África do Sul: ITU menor ou igual a 70 = normal; de 70 a 72 = alerta; aproximando do índice crítico para a produção de leite; 72 a 78 = alerta, e acima do índice crítico para a produção de leite; 78 a 82 = perigo; e acima de 82 = emergência.

Na Austrália, foi realizado um estudo para monitoramento e avaliação econômica da pecuária leiteira pela Univ. Queenslan/DPI/DRDC, através da espacialização do ITU. Esta espacialização pode observar a sazonalidade do ITU, que acompanhou a marcha anual da temperatura e umidade relativa do ar. O ITU apresentou valores mais elevados variando de 72 a 83, nos meses mais quentes, o ITU considerado normal nos meses de temperaturas amenas, em boa parte do país, com exceção de algumas localidades situadas mais ao norte, onde permaneceu com índice de estresse elevado pela metodologia proposta pela Livestock Weather Safety Index (LWSI, 1970)

BACCARI (1998b) faz diversas citações de estudos que mostram várias amplitudes do ITU para vacas holandesas, como segue: IGONO et al (1992) determinou para região central do Arizona (clima quente e seco), os seguintes valores: mínimo, máximo e crítico do ITU; 64, 72 e 76, respectivamente. HAHN (1985) determinou que o ITU igual ou menor a 70 é normal; valores entre 71 a 78 são críticos; entre 79 a 83 situação de perigo e acima de 83, condição de emergência, e ROSENBERG et al. (1983) classificaram o ITU nas

seguintes amplitudes: entre 75 e 78: alerta para os produtores e providências são necessárias para evitar perdas; de 79 a 83: perigo principalmente para os rebanhos confinados e medidas de segurança devem ser tomadas para evitar perdas desastrosas; e acima de 84: emergência e providências urgentes devem ser tomadas.

BACCARI (1998a), citando JHONSON, (1980) afirma que, em geral, vacas holandesas em lactação apresentam declínio na produção de leite a partir de um ITU = 72. Este declínio na produção de leite, em função do índice $ITU > 72$, é mais acentuado nas vacas de maior produção. Quanto maior a produção de leite da vaca, maior a sua taxa metabólica e mais sensibilidade ao estresse pelo calor. A redução na produção acentuou-se a partir do valor do ITU de 76 a 78; e vacas de baixa produção (13 kg/dia) foram menos afetadas do que as de alta produção (22 kg/dia). O autor ainda cita os efeitos do calor sobre a produção demonstrados por vários autores, como MCDOWELL et al. (1976) que observaram um decréscimo de 17% na produção de leite durante o verão, quando comparada com ao inverno; para CHANDLER (1987), nos meses de verão, nos EUA, as vacas apresentaram diminuição de 2,3 a 4,6 Kg de leite por dia, enquanto IGONO et al. (1992) encontrara redução de 11,5 a 16 Kg de leite/vaca/dia, quando comparou as produções de verão com as dos meses com temperaturas amenas, no Arizona.

AGUIAR et al. (1996) em experimento com vacas holandesas, realizados na parte mais central do estado de São Paulo, durante o verão, por 65 dias consecutivos, encontrou valores médios de temperatura do ar e ITU (27,0 a 27,7°C; 72,3 a 74,4), próximos aos valores críticos para produção citados por IGONO et al (1992) e JOHNSON et al (1980); relacionou ainda que 42% da variação da FR esteve associada à variação da temperatura do ar, e 52% à

variação do ITU. Os autores ainda apresentam que o ITU variou de 70 a 74 durante todo o período estudado, e uma média de 4 horas/dia de estresse.

ZOLNIER (1991), estimou a redução na produção de leite (RPL) de vacas da raça holandesa de diferentes níveis de produção, a partir do ITU, utilizando dados de no mínimo 10 anos, em quatro municípios mineiros: Barbacena, Montes Claros, Patos de Minas e Viçosa (1980 a 1989) e 06 anos em Pompéu (1984 a 1989), no período de dezembro a março. O autor apresentou os resultados do ITU por ordem crescente de estresse, para os municípios de Patos de Minas, Viçosa, Barbacena, Pompéu e Montes Claros; evidenciando-se a RPL maior nas localidades de Pompéu e Montes Claros.

Para valores da média diária do número de horas de estresse LEVA (1998) publicou valores de um período de 10 anos, em sete localidades da bacia leiteira da Argentina durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro (meses mais quentes). Neste estudo foi encontrada uma média de ITU horário nas duas faixas: de 72 a 74 e valores maiores de 74; para as 7 localidades: 14 horas/dia para dezembro; 17 horas/dia para janeiro e 13 horas/dia em fevereiro. A autora ainda comenta sobre a variabilidade diária e anual e que podem existir dias e/ou períodos com maior ou menor número de horas de estresse e concluiu que durante o estudo realizado no verão de 1994 o ITU não esteve abaixo de 70.

NASCIMENTO (1975) realizou um zoneamento ecológico para pecuária bovina do estado de São Paulo, utilizando-se de dados de temperatura e precipitação a partir da classificação do uso da terra para pastagens, tendo como objetivo identificar as zonas mais convenientes para as diversas raças de bovinos criadas em regime extensivo. Identificou ainda que os rebanhos com predominância mais rústica, no caso do sangue zebu, se adaptam nas

regiões de pastagens mais quentes do norte e oeste, e os rebanhos leiteiros com sangue das raças européias, nos climas mais amenos do leste e nordeste do estado.

BARBOSA et al. (1995) utilizando-se de um índice de conforto térmico realizou um zoneamento para ovinocultura para os estados de São Paulo e Paraná, traçando isolinhas através da temperatura do ar, umidade, velocidade do vento com média de 10 anos a partir de estações meteorológicas, nos meses de janeiro, maio, julho e outubro. Identificaram as regiões que pelas condições climáticas encontradas e pelas características das mais variadas raças. Observaram que raças de características de altas temperaturas e baixa umidade se adaptam melhor nas regiões do Noroeste e Oeste de São Paulo e na região Noroeste do estado do Paraná.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climáticos foram obtidos através de levantamento junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET-DF), de um banco de dados do período de 1961-1978 e das Normais Climatológicas INMET (1992) do período de 1961-1990. Os dados diários foram tratados quanto a falhas existentes das variáveis estudadas. Foram utilizadas, no total, 102 Estações Meteorológicas da Região Sudeste do Brasil, sendo 09 estações circunvizinhas da região estudada , listadas nos Quadros 1 a 5.

Quadro 1 - Identificação das Estações Meteorológicas do INMET utilizadas no estado do Espírito Santo com números de anos analisados.

No. da Estação	Localidade	Latitude (°)	Longitude (°)	Número de anos	Altitude (metros)
83550	São Mateus	-18,716	-39,858	9	25
83597	Linhares	-19,391	-40,072	9	29
83646	C. Itapemirim	-20,848	-41,112	18	77,5
83648	Vitória	-20,319	-40,337	18	6,3

Quadro 2 - Identificação das Estações Meteorológicas do INMET utilizadas no estado de São Paulo com números de anos analisados.

No. da Estação	Localidade	Latitude (°)	Longitude (°)	Número de anos	Altitude (metros)
83204	Fazenda Ipanema	-23,250	-47,350	10	583
83625	Barretos	-20,422	-48,567	14	530
83626	Colina	-20,713	-48,540	14	595
83629	Usina Junqueira	-20,00	-47,460	11	575
83630	Franca	-20,538	-47,400	15	996
83666	Tamoio	-21,470	-48,100	10	618
83667	Sertãozinho	-21,137	-47,990	16	579
83669	S. Simão	-21,479	-47,550	18	665
83670	S. Rita do Passa Quatro	-21,710	-47,478	18	748
83672	Araçatuba	-21,208	-50,432	18	390
83676	Catanduva	-21,137	-48,972	18	503
83712	Bananal	-22,683	-44,323	13	454
83716	Pres. Prudente	-22,125	-51,388	18	475
83722	Bauru	-22,314	-49,060	18	526
83726	S. Carlos	-22,017	-47,890	18	854
83729	Campinas	-22,905	-47,060	15	854
83760	Coop. Agr.	-23,603	-46,919	11	860
83772	Mogi das cruces	-23,522	-46,188	17	742
83774	Itapeva	-23,982	-48,875	11	684
83776	Itapetinga	-23,591	-48,053	10	656
83781	SP	-23,547	-46,636	18	760
83782	Santos	-23,960	-46,336	17	2
83784	Taubaté	-23,026	-45,555	17	580
83786	Ubatuba	-23,433	-45,071	15	3
83809	S. J. dos Campos	-23,179	-45,886	15	600
83821	Iguape	-24,708	-47,555	18	3
83847	Paraibuna	-22,01	-43,17	12	635
83856	SP (horto)	-23,270	-46,380	18	760

Quadro 3 - Identificação das Estações Meteorológicas do INMET utilizadas no estado do Rio de Janeiro com números de anos analisados.

No. da Estação	Localidade	Latitude (°)	Longitude (°)	Número de anos	Altitude (metros)
83696	S. Maria Madalena	-21,955	-42,008	18	615
83698	Campos	-21,45	-41,2	18	8
83719	Alcalis (cabo frio)	-22,879	-42,018	13	4
83741	Ecol. Agrícola	-22,48	-43,41	18	34
83742	Vassouras	-22,403	-43,662	18	434
83743	Rio de Janeiro	-22,902	-43,207	18	2
83744	Teresópolis (ilha rosa)	-22,412	-42,965	17	871
83745	Nova Friburgo	-22,281	-42,531	18	846
83749	Macaé	-22,370	-41,786	18	2
83752	Barreirinha	-22,270	-44,500	17	407
83757	Piraí	-22,629	-43,898	18	387
83759	S. Pedro da Aldeia	-22,839	-42,102	12	5
83763	Tingua	-22,35	-43,21	18	809
83765	Araras	-22,310	-43,110	16	872
83789	Santa Cruz	-21,555	-42,290	15	118
83790	Bangu	-22,520	-43,280	18	19
83791	Penha	-22,420	-43,130	17	872
83792	Eng. Dentro	-22,540	-43,180	17	872
83793	Jacarepaguá	-22,550	-43,220	17	2
83796	J. Botânico	-22,58	-43,130	12	5
83805	S. Ant. de Pádua	-21,539	-42,180	14	86
83807	Carmo	-21,933	-42,608	17	347

Quadro 4 - Identificação das Estações Meteorológicas do INMET utilizadas no estado de Minas Gerais com números de anos analisados.

No. da Estação	Localidade	Latitude (°)	Longitude (°)	Número de anos	Altitude (metros)
83023	Lavras	-21,245	-44,999	18	919
83027	Cataguases	-21,389	-42,696	18	169
83037	Água Limpa	-21,587	-43,265	13	484
	Coronel Pacheco				
83385	São Francisco	-15,948	-44,864	18	695
83386	Januária	-15,488	-43,064	13	520
83437	Montes Claros	-16,735	-43,861	8	648
83440	Minas Novas	-17,218	-42,590	18	635
83442	Araçuaí	-16,847	-42,07	18	307
83481	João Pinheiro	-17,742	-46,874	18	765
83483	Pirapora	-17,345	-44,941	13	489
83488	Itamarandiba	-17,85	-42,85	17	910
83492	Teófilo Otoni	-17,857	-41,503	17	334

83514	Capinópolis	-18,681	-49,569	9	564
83531	Patos de Minas	-18,58	-46,520	18	832
83536	Curvelo	-18,756	-44,430	17	632
83543	Governador Valadares	-18,851	-41,949	18	170
83570	Pompeu	-19,224	-44,935	7	657
83574	Frutal	-20,024	-48,940	18	516
83577	Uberaba	-19,748	-47,931	18	801
83579	Araxá	-19,593	-46,940	8	997
83581	Florestal	-19,889	-44,432	18	776
83582	BambuÍ	-20,006	-45,976	7	706
83586	Sete Lagoas	-19,465	-44,246	18	761
83587	Belo Horizonte	-19,920	-43,937	18	858
83589	Conceição M. Dentro	-19,037	-43,425	18	701
83592	Caratinga	-19,790	-42,140	16	578
83595	Aimorés	-19,495	-41,063	9	80
83632	Ibirité	-20,021	-44,058	17	872
83637	Oliveira	-20,696	-44,827	18	982
83642	Viçosa	-20,753	-42,881	30	650
83681	Poços de Caldas	-21,787	-46,561	18	1196
83683	Machado	-21,718	-45,919	18	820
83685	Camanducaía (Cambuquira)	-21,852	-45,295	14	1048
83688	São João Del Rei	-21,135	-44,261	17	910
83689	Barbacena	-21,225	-43,773	18	1164
83692	Juiz de Fora	-21,764	-43,350	18	695
83732	Ouro Fino	-22,283	-46,368	10	908
83736	São Lourenço	-22,116	-45,054	18	874
83737	Passa Quatro	-22,390	-44,966	18	938

Quadro 5 - Identificação das Estações Meteorológicas do INMET utilizadas nos estados circunvizinhos à região sudeste com números de anos analisados.

No. da Estação	Localidade	Latitude (°)	Longitude (°)	Número de anos	Altitude (metros)
83339	Caetité(BA)	-14,069	-42,478	18	882
83498	Caravelas(BA)	-17,731	-39,2658	16	3
83766	Londrina(PR)	-23,310	-51,162	18	566
83767	Maringá(PR)	-23,425	-51,938	17	542
83769	Jacarezinho(PR)	-23,160	-49,469	17	501
83842	Curitiba(PR)	-25,427	-49,273	18	934
83844	Paranaguá(GO)	-25,520	-49,273	17	4.5
83379	Formosa(GO)	-15,537	-47,334	17	916
83526	Catalão(GO)	-18,17	-47,94	18	835

3.1 – Localizações das estações meteorológicas na Região Sudeste

As localizações das estações meteorológicas da região Sudeste do Brasil podem ser observadas na Figura 1.

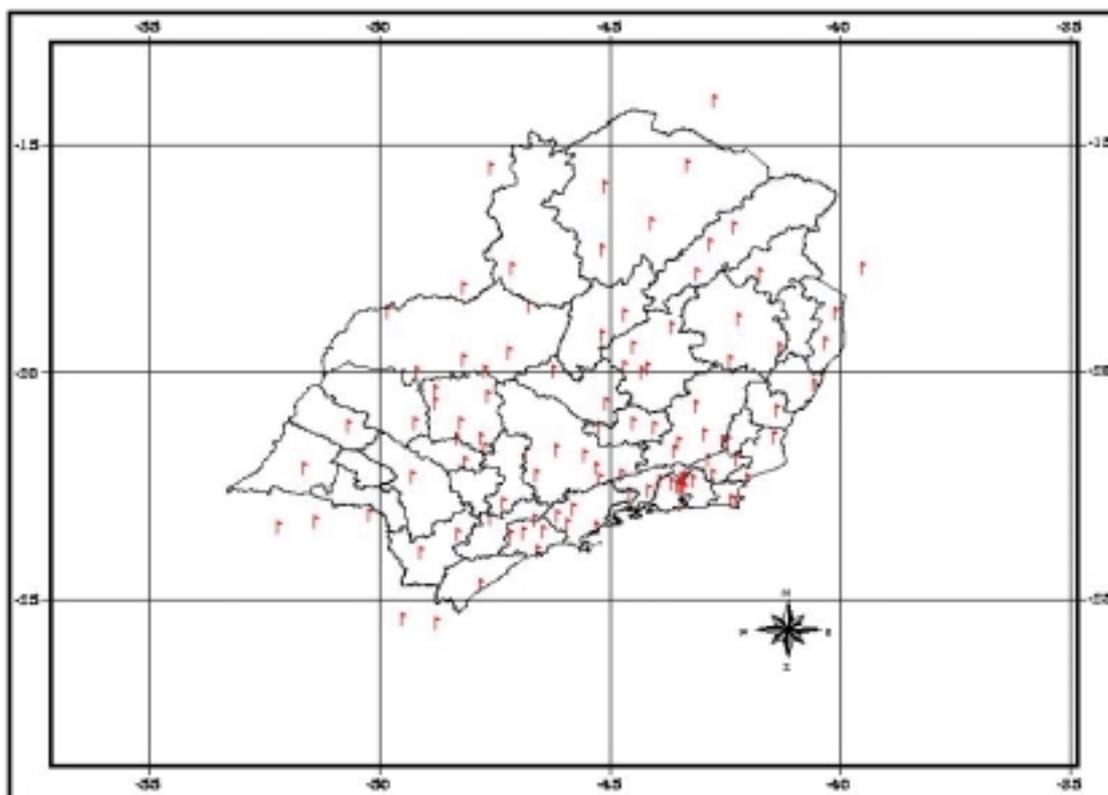


Figura 1 – Localizações geográficas das estações meteorológicas utilizadas na região Sudeste

3.2 – Área Estudada

A região Sudeste do Brasil é formada pelos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Esta região ocupa uma área de 924.573,8 km² equivalente a 10,86% do território nacional, onde se concentra uma população de 72.297.351 habitantes (IBGE, 2000) correspondentes a 42,65% da população brasileira, com densidade demográfica de 78,20 hab/km².

Caracterização dos estados da região Sudeste:

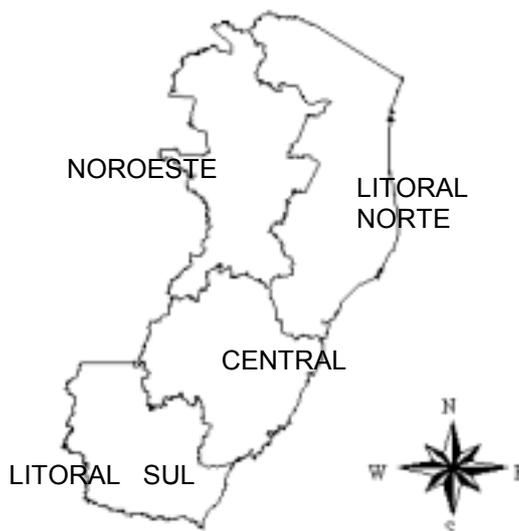


Figura 2 – Localização das mesoregiões do estado do Espírito Santo

Espírito Santo: localizado entre os Estados da Bahia ao norte, Minas Gerais a oeste, Rio de Janeiro ao sul e o Oceano Atlântico a leste, ocupa uma área de 46.047,3 km², incluindo as ilhas de Trindade e Martin Vaz. Possui 71 municípios, reunidos em 13 microrregiões. A população residente era de 3.094.390 habitantes (IBGE, 2000), sendo a agropecuária sua principal atividade econômica.



Figura 4 – Localização das mesoregiões do estado de Minas Gerais

Minas Gerais: localizado entre os Estados da Bahia ao norte e nordeste, o Espírito Santo a leste, o Rio de Janeiro ao sul e a sudeste, São Paulo ao sul e a sudoeste, Mato Grosso do Sul a oeste e Goiás a oeste e noroeste, Minas Gerais ocupa uma área de 586.552,4 km² com 756 municípios agrupados em 66 microrregiões. A população residente era de 17.866.402 habitantes (IBGE, 2000), e a agropecuária é sua principal atividade econômica.

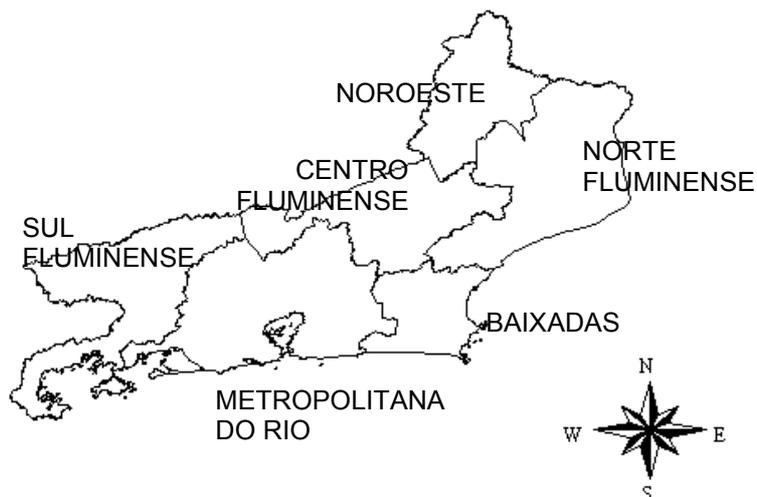


Figura 4 – Localização das mesoregiões do estado do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro: situado entre os Estados de São Paulo a oeste, Minas Gerais e Espírito Santo ao norte e o Oceano Atlântico a leste e ao sul, ocupa uma área de 43.797,4 km² com 70 municípios, agrupados em 18 microrregiões. A população residente era de 14.367.083 habitantes (IBGE, 2000) e os setores agropecuário e industrial são a base de sua atividade econômica.



Figura 5 – Localização das mesoregiões do estado de São Paulo

São Paulo: situado entre os Estados de Minas Gerais ao norte e a nordeste, Rio de Janeiro a leste, Paraná ao sul e a sudoeste, Mato Grosso do Sul a oeste e o Oceano Atlântico a sudeste, São Paulo ocupa uma área de 248.176,7 km², dividida em 625 municípios, reunidos em 63 microrregiões. A população residente era de 36.969.476 habitantes (IBGE, 2000), tendo as atividades industriais e agropecuárias como base de sua economia.

O Sudeste é a região do país com maior variedades de tipos de clima. Desde o clima subtropical, da região sul, até o clima semi árido, do nordeste, se fazem presentes no sudeste brasileiro. O tipo de relevo da região influencia muito o clima. O planalto e serras do Leste-Sudeste é um tipo de relevo conhecido como " mar de morros" , que no litoral se caracteriza por morros em "meia laranja" ou pão de açúcar, bastante conhecido no litoral carioca. Já o interior se caracteriza por serras acidentadas e com picos acima de 2.000 metros, como o Agulhas Negras, localizado no estado do Rio de Janeiro com mais de 2.700 metros. Este tipo de relevo se estende por grande parte de São Paulo, Minas Gerais e uma faixa do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Por causa da altitude, as temperaturas acabam ficando mais amenas e, em certos pontos, assoma-se um clima frio, como por exemplo em Campos de Jordão, SP.

Na classificação, apresentam-se cinco tipos de clima. O Cfa (inverno frio e verão quente), Cwa (temperaturas moderadas com verão quente), Cwb (inverno frio e verão brando), Aw (temperaturas elevadas com chuva de verão) e Bsh (semi-árido com temperaturas elevadas). O Cfa se encontra em uma pequena área do sul de São Paulo na divisa com o Paraná, já o Cwa se estendo por grande parte de São Paulo, exceto o oeste, em parte do centro sul de Minas Gerais e na parte serrana ocidental do Rio de Janeiro e Espírito Santo. O Cwb compreende apenas as partes mais altas da serra da

Mantiqueira no nordeste paulista e sudeste mineiro. Aw se encontra no oeste paulista, oeste mineiro e com exceção das áreas serranas, todo o Rio de Janeiro e Espírito Santo. O Bsh tem sua ocorrência apenas em uma pequena área do extremo norte mineiro, na divisa com a Bahia.

As temperaturas variam bastante. A média fica abaixo dos 17°C na serra da Mantiqueira e chegam a ficar, em certas cidades, acima dos 25°C no sertão mineiro. No verão, as temperaturas chegam a ficar acima dos 34°C no litoral carioca e capixaba, nas partes tropicais de Minas Gerais e, também no, oeste paulista. Já nas partes mais altas, as temperaturas não chegam a ficar com frequência acima dos 30°C, mas nos dias mais quentes podem atingir valores de até 34°C, diferentemente da Serra da Mantiqueira, onde raramente se chega a mais de 27°C. A temperatura pode chegar a 40°C no sertão de Minas Gerais. Já no inverno, algumas partes não apresentam diferença de temperatura, como o Espírito Santo e norte de Minas Gerais. Já nas partes altas as temperaturas mínimas atingem 10°C, podendo diminuir com as massas de ar polar. Em Campos do Jordão, por exemplo, as temperaturas mínimas médias em julho são de 4°C e em alguns dias chegam a ficar abaixo de 0°C. Quando massas de ar polar mais fortes atingem a região, podem ocorrer geadas no oeste e sul de São Paulo e na serra da Mantiqueira, onde a média é de mais de 15 geadas/ano. No interior de São Paulo raramente se registra mais de 5 geadas/ano.

3.3 – Determinação do período mínimo de dados climatológicos

Foi utilizado um período mínimo de medições climáticas para selecionar as estações meteorológicas, com o objetivo de acrescentar e melhorar a distribuição da área de estudo. O período mínimo requerido para representar a normal climática, referente ao período recomendado pela Organização Meteorológica Mundial que indica quando a média acumulada das temperaturas médias e precipitações totais não diferem significativamente do valor médio de 30 anos e quando o desvio padrão é mínimo. Estudos realizados por RUFINO (1986) citado por MARTINS et al. (1992), determinaram para Minas Gerais e Espírito Santo e POWELL & MACIVER (1977) para o Canadá, um período mínimo de 10 anos nestas regiões. Para este estudo trabalhou-se com exceções para assegurar uma boa representatividade na grade, nas seguintes localidades: São Mateus e Linhares (9 anos), no Espírito Santo; Capinópolis (9 anos), Montes Claros (8 anos), Araxá (8 anos), Bambuí (7 anos), Aimorés (9 anos) e Pompeu (7 anos) no Estado de Minas Gerais.

3.4 – Modelo de estimativa da temperatura média normal

A partir do modelo proposto por SEDIYAMA et al. (2001), para o estado Capixaba, utilizando regressões lineares múltiplas para a estimativa da temperatura média normal, e considerando a altitude, latitude e longitude, estimou-se esta variável para os três estados restantes do sudeste. Assim, foi possível analisar a abrangência geográfica de campos homogêneos, materializando os valores de temperatura em forma de mapas georeferenciados, para cada região e para cada mês. Os dados da temperatura média do ar foram utilizados para determinar modelos lineares (método dos

mínimos quadrados) de todas as estações meteorológicas disponíveis do banco de dados, bem como estações circunvizinhas à região Sudeste, no intuito de minimizar possíveis erros com ausência de estações meteorológicas na região estudada. As análises de regressões múltiplas foram calculadas com estes dados, obedecendo o seguinte modelo geral:

$$Y_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \varepsilon_i \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que,

Y_i = temperaturas médias normais mensais estimadas;

x_1 = altitude do lugar, em metros;

x_2 = latitude do lugar, em graus e décimos (valores positivos);

x_3 = longitude do lugar, em graus e décimos (valores positivos);

ε = erro

3.5 – Índice de Temperatura e Umidade

Neste estudo, em razão das restrições de informações climatológicas, o índice de conforto térmico a ser utilizado será o ITU, calculado segundo a equação abaixo:

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

Em que,

T_{bs} = temperatura do termômetro de bulbo seco, °C

UR = umidade relativa do ar, %

ITU = Índice de Temperatura e Umidade (ITU), adimensional.

Para se determinar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), foram utilizados os dados meteorológicos de temperatura média e umidade relativa do ar normal. Já para o cálculo do ITU horário foram simulados, a partir dos

dados diários da temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa do ar, todos obtidos nas estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da região Sudeste do Brasil. Esses dados foram analisados considerando a sua variação diária e sazonal.

3.6 – Estimativa da marcha horária da temperatura do ar

Os dados diários de temperatura, dos três horários padrão (12:00, 18:00, 24:00 UTC), foram transformados em horários conforme metodologia proposta por CAMPBELL & NORMAN (1997)

$$\Gamma(t) = 0.44 - 0.46 \text{ sen } (\omega t + 0.9) + 0.11 \text{ sen } (2 \omega t + 0.9) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$T(t) = T_{x,i-1} \Gamma(t) + T_{n,i} [1 - \Gamma(t)] \quad 0 < t \leq 5 \quad (\text{Eq. 4})$$

$$T(t) = T_{x,i} \Gamma(t) + T_{n,i} [1 - \Gamma(t)] \quad 5 < t \leq 14 \quad (\text{Eq. 5})$$

$$T(t) = T_{x,i-1} \Gamma(t) + T_{n,i+1} [1 - \Gamma(t)] \quad 14 < t \leq 24 \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que,

$\Gamma(t)$ = função da variação horária da temperatura, adimensional

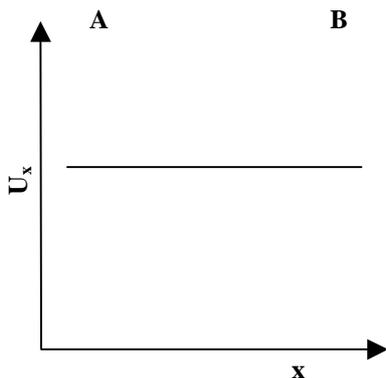
T_x = é a temperatura máxima

T_n = é a temperatura mínima

$$\omega = \pi/12$$

3.7 – Estimativa da marcha horária da umidade relativa

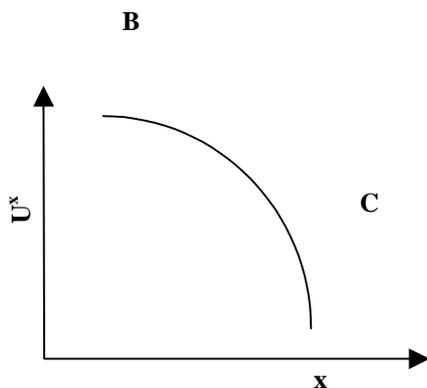
Os dados diários de umidade relativa, dos três horários (12:00, 18:00, 24:00 UTC) foram transformados em horários conforme metodologia proposta por ZOLNIER (1996).



Admite-se que a umidade relativa permanece constante e igual àquela das 21:00 horas.

Para estimativas dos valores relativos às 22:00 e 23:00, 24:00, 1:00, 2:00, 3:00, 4:00, 5:00 e 6:00 horas.

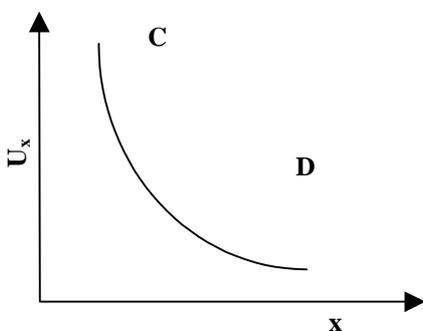
$$U_x = U_6 = U_{21} \quad (\text{Eq. 7})$$



Decréscimo da umidade relativa de B para C, sendo mais acentuada próxima ao ponto C.

Para estimativas dos valores relativos às 7:00 e 8:00 horas.

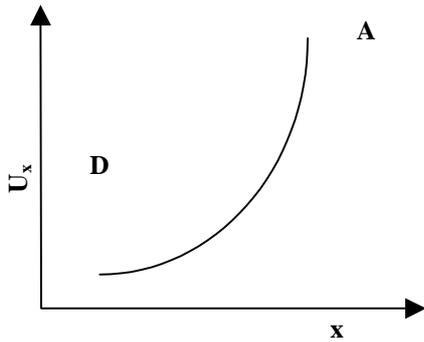
$$U_x = U_9 + (U_6 - U_9) \left[\sin \frac{\pi}{2} \left(\frac{9 - X}{3} \right) \right] \quad (\text{Eq. 8})$$



Decréscimo da umidade relativa de C para D, sendo mais acentuada próxima ao ponto C.

Para estimativas dos valores relativos às 10:00, 11:00, 12:00, 13:00 e 14:00 horas.

$$U_x = U_9 - (U_9 - U_{15}) \left[\sin \frac{\pi}{2} \left(\frac{X - 9}{6} \right) \right] \quad (\text{Eq. 9})$$



Acréscimo da umidade relativa de D para A, sendo mais acentuada próximo ao ponto A.

Para estimativas dos valores relativos às 16:00, 17:00, 18:00, 19:00 e 20:00 horas.

$$U_x = U_{21} - (U_{21} - U_{15}) \left[\text{sen } \frac{\pi}{2} \left(\frac{21 - X}{6} \right) \right] \quad (\text{Eq. 10})$$

Em que,

x = horário de estimativa da umidade relativa do ar.

3.8 – Mapeamento e classificação da região Sudeste do Brasil

Para o mapeamento do ITU primeiramente foram gerados mapas temáticos de temperatura média e umidade relativa normal mensais para toda região do Sudeste. Os mapas temáticos criados para a espacialização da temperatura média mensal foram derivados das regressões lineares múltiplas das variáveis temperatura média, latitude, longitude e altitude, onde também foram criadas duas grades de latitude e longitude com resolução de 5,65 x 5,65 km e utilizados os dados altimétricos fornecidos pelo United States Geological Survey (USGS) no arquivo GTOPO30, em forma de grade regular de 30s x 30s de grau (800 x 800 metros) nas coordenadas geográficas. Posteriormente foi calculado o ITU pela equação (2), dos temas de temperatura do ar e umidade relativa, assim gerando mapas temáticos do ITU médio mensais.

Após calculado, o ITU foi classificado segundo DU PREEZ et al. (1990b) de acordo com as diferentes classes de ITU e código de cores:

menor ou igual a 70 = normal (Azul Claro);

de 70 a 72 = alerta (Verde);

72 a 78 = alerta, e acima do índice crítico para a produção de leite (Azul Escuro);

78 a 82 = perigo (Marrom) ;

acima de 82 = emergência (Vermelho).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição geográfica das estações meteorológicas e a escassez de dados meteorológicos em grandes áreas limitam estudos suficientemente detalhados. Neste trabalho, a distribuição não é a mais adequada, e o banco de dados das estações meteorológicas utilizado nem sempre conseguiram representar adequadamente as condições climatológicas das diferentes regiões. Foram representadas neste estudo as estações meteorológicas disponibilizadas pelo banco de dados, portanto se admite que tais pontos sejam representativos de algumas grandes áreas dos estados estudados. Tendo em vista a indisponibilidade de uma malha de estações meteorológicas mais abrangente, optou-se por trabalhar com os pontos de observação disponíveis.

4.1 – Interpolação dos dados

4.1.1 – Temperatura do Ar

Para SEDIYAMA et al. (2001), nos mapeamentos de campos homogêneos dos elementos do clima, a utilização de modelos lineares, cujas variáveis englobam os fatores geográficos, facilita as regiões limítrofes desses campos além da representatividade dos campos ficarem mais próximos da realidade. Nos Quadros de 6 a 9, encontram-se as equações de regressões ajustadas para o modelo Y_1 (temperatura média normal mensais e respectivos coeficientes de determinação (R^2), para todos os estados da região Sudeste do Brasil, proposto por SEDIYAMA et al. (2001).

Quadro 6 – Equações de regressões ajustadas para o modelo Y_i (temperatura média normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para o estado do Espírito Santo

Mês ¹	a_0	a_1	a_2	a_3	R^2
$Y_1 =$	-3,3219	-0,006887	-0,121913	0,806183	0,90
$Y_2 =$	4,1139	-0,006887	-0,098807	0,621411	0,89
$Y_3 =$	7,4195	-0,006864	-0,346105	0,646924	0,91
$Y_4 =$	14,4639	-0,006919	-0,412984	0,472089	0,89
$Y_5 =$	26,7419	-0,007066	-0,480115	0,160771	0,86
$Y_6 =$	17,3301	-0,007345	-0,610043	0,418457	0,86
$Y_7 =$	13,1274	-0,007576	-0,604443	0,507897	0,86
$Y_8 =$	-6,9663	-0,007679	-0,595119	1,009949	0,87
$Y_9 =$	-10,8969	-0,007093	-0,595634	1,129578	0,88
$Y_{10} =$	-14,5461	-0,006895	-0,494529	1,203096	0,87
$Y_{11} =$	-7,9695	-0,006614	-0,341636	0,990352	0,86
$Y_{12} =$	23,7859	-0,006403	-0,020120	0,069253	0,83
$Y_{13} =$	4,9712	-0,007030	-0,391392	0,676111	0,88

¹ – Y_1, \dots, Y_{12} e Y_{13} - Temperaturas médias normais mensais calculadas, respectivamente, de janeiro a dezembro e média anual.

Quadro 7 – Equações de regressões ajustadas para o modelo Y_i (temperatura média normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para o estado de São Paulo

Mês ¹	a_0	a_1	a_2	a_3	R^2
$Y_1 =$	26,64426	-0,00516	-0,45034	0,197335	0,71
$Y_2 =$	21,06119	-0,00542	-0,31784	0,257671	0,70
$Y_3 =$	28,01044	-0,00575	-0,52194	0,204082	0,75
$Y_4 =$	37,65454	-0,00548	-0,80017	0,090313	0,76
$Y_5 =$	34,79809	-0,00488	-0,76729	0,080281	0,81
$Y_6 =$	27,84458	-0,00452	-0,73856	0,178081	0,83
$Y_7 =$	31,778	-0,00428	-0,87923	0,151024	0,83
$Y_8 =$	38,07263	-0,00396	-1,22	0,2105	0,90
$Y_9 =$	45,25831	-0,00419	-1,43885	0,197306	0,86
$Y_{10} =$	47,8304	-0,00479	-1,35411	0,128443	0,86
$Y_{11} =$	34,3926	-0,00457	-1,01355	0,26583	0,75
$Y_{12} =$	33,23786	-0,00525	-0,75906	0,189058	0,73
$Y_{13} =$	34,17203	-0,00485	-0,8569	0,173779	0,83

¹ – Y_1, \dots, Y_{12} e Y_{13} - Temperaturas médias normais mensais calculadas, respectivamente, de janeiro a dezembro e média anual.

Quadro 8 – Equações de regressões ajustadas para o modelo Y_i (temperatura média normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para o estado do Rio de Janeiro

Mês ¹	a_0	a_1	a_2	a_3	R^2
$Y_1 =$	41,3838	-0,004648	-0,607798	-0,048871	0,78
$Y_2 =$	39,3993	-0,005430	-0,677374	0,044623	0,86
$Y_3 =$	39,6524	-0,005273	-0,487156	-0,072977	0,88
$Y_4 =$	41,2036	-0,005611	-0,394609	-0,200727	0,88
$Y_5 =$	42,2787	-0,006034	-0,337194	-0,299010	0,87
$Y_6 =$	43,0452	-0,006139	-0,212393	-0,410883	0,87
$Y_7 =$	42,4755	-0,006177	-0,155938	-0,440968	0,87
$Y_8 =$	39,6062	-0,005747	-0,543707	-0,149731	0,86
$Y_9 =$	35,5977	-0,005037	-0,735522	0,058058	0,87
$Y_{10} =$	36,5362	-0,004454	-0,768445	0,075425	0,86
$Y_{11} =$	40,2660	-0,004758	-0,825007	0,045163	0,85
$Y_{12} =$	36,6817	-0,004698	-0,575899	0,023960	0,89
$Y_{13} =$	39,8840	-0,005340	-0,53537	-0,11111	0,88

¹ – Y_1, \dots, Y_{12} e Y_{13} - Temperaturas médias normais mensais calculadas, respectivamente, de janeiro a dezembro e média anual.

Quadro 9 – Equações de regressões ajustadas para o modelo Y_i (temperatura médias normais mensais) e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para o estado de Minas Gerais

Mês ¹	a_0	a_1	a_2	a_3	R^2
$Y_1 =$	26,4812	-0,006028	-0,193021	0,105030	0,88
$Y_2 =$	27,3549	-0,005927	-0,210385	0,097573	0,90
$Y_3 =$	27,8201	-0,006069	-0,327839	0,134636	0,90
$Y_4 =$	27,2290	-0,005820	-0,506397	0,188383	0,90
$Y_5 =$	30,9109	-0,004930	-0,727615	0,144738	0,80
$Y_6 =$	24,0625	-0,005611	-0,651858	0,240866	0,86
$Y_7 =$	22,0860	-0,005816	-0,686367	0,296277	0,85
$Y_8 =$	17,4003	-0,005758	-0,708604	0,448583	0,85
$Y_9 =$	18,3201	-0,005601	-0,742989	0,476095	0,83
$Y_{10} =$	22,1655	-0,005451	-0,637314	0,366021	0,89
$Y_{11} =$	23,2297	-0,005549	-0,507840	0,289149	0,81
$Y_{12} =$	21,3197	-0,005218	-0,231483	0,208995	0,74
$Y_{13} =$	24,0355	-0,005670	-0,506240	0,247845	0,85

¹ – Y_1, \dots, Y_{12} e Y_{13} - Temperaturas médias normais mensais calculadas, respectivamente, de janeiro a dezembro e média anual.

As temperaturas médias normais no geral apresentaram um coeficiente de determinação R^2 , em média, 0,88; 0,88; 0,85; 0,83, respectivamente, para Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. Todas as equações de regressões lineares foram significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Resultados para o estado de São Paulo (Quadro 7), indicam coeficientes de determinação menores que 0,80 de novembro a abril, coeficientes maiores que 0,81 de maio a outubro. Provavelmente, devido ao número de estações meteorológicas e de altitudes representativas, o modelo não tenha se ajustado tanto quanto à dos outros estados, e devido às mudanças da transição climática do período seco para o período chuvoso, fato também observado por SEDIYAMA et al. (2001) observou para o estado do Espírito Santo, onde os coeficientes de determinação reduziram no intervalo de maio a novembro. O modelo linear para o estado de São Paulo foi simulado com 8 (oito) Estações Meteorológicas constantes nas Normais Climatológicas do INMET (1992), e apresentaram um coeficiente de determinação (R^2) médio

de 0,90, mas as altitudes destas estações variaram acima de 500 metros de altitude, e assim não se estariam representando outros municípios com altitudes inferiores a estas. Entretanto, acredita-se que mesmo com R^2 para alguns meses serem inferiores a 0,80 e o teste F sendo significativos ao nível de 5% de probabilidade demonstra que estes dados são bem representativos.

4.1.2 – Umidade relativa

Quanto à umidade relativa do ar, optou-se em fazer a interpolação pelo método do inverso do quadrado da distância (IDW), onde é usada uma média ponderada. Provavelmente, esta interpolação nas regiões onde há uma maior concentração de Estações Meteorológicas seja mais precisa do que nas regiões onde há escassez de estações, e este método possa causar sub ou superestimativas, mas nada que venha comprometer os resultados, já que a UR é função da temperatura do ar.

4.2 – Variação sazonal do Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

O ITU foi espacializado para toda a região do Sudeste, dividido por estados, para atender a todas as sazonalidade das mesmas. As grades geradas para o ITU, através dos dados climatológicos, permitem uma maior precisão para identificar a interação clima-animal durante todo o ano.

As grades para o estado do Espírito Santo foram derivados de 377 x 313, (linhas x colunas), com pixel de 8,37 x 8,37 km. Para o estado do Rio de Janeiro, 912x808 (linhas x colunas) com pixel 2,10 x 2,10 km. Para o estado de Minas Gerais, 300x260 (linhas x colunas) com pixel 6,73 x 6,73 km e, para o estado de São Paulo, 377 x 313 (linhas x colunas), com pixel de 8,37 x 8,37

km. Com esta precisão pode-se verificar claramente os efeitos da temperatura e altitude sobre o ITU.

4.2.1 – Espírito Santo

Os resultados apresentados nas Figuras 6 a 8, referentes aos meses de janeiro a março, mostram que os ITUs variaram de 70 a 78 em todo o estado nestes meses mais quentes do ano. Observa-se que, no Litoral Norte e Noroeste espírito-santense, o ITU variou de 72 a 78 significando áreas de risco para a produção de leite devido ao estresse provocado pelo calor. Ainda no mês de fevereiro, mês este com a maior média histórica de temperatura média anual, variando de 24 a 27°C e UR variando de 76 a 82 %, em todo o estado, é verificam-se algumas áreas de perigo no Litoral Norte espírito-santense, com ITU variando de 78 a 82, devido às altas temperaturas. Também observa-se o ITU normal em grande parte do Central, estendendo-se em direção ao Sul; nas mesoregiões as variações do ITU de Normal à Alerta são decorrentes da variação da temperatura com a altitude.

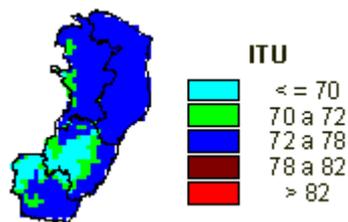


Figura 6 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de janeiro

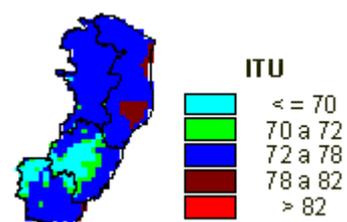


Figura 7 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de fevereiro

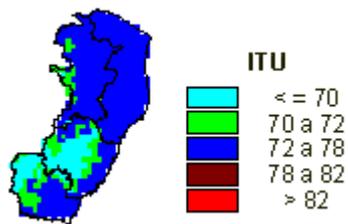


Figura 8 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de março

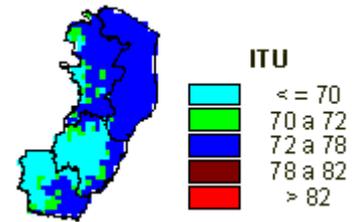


Figura 9 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de abril

A região Central Espírito-Santense (Figura 9), a partir de abril, apresentou, em quase sua totalidade, predominância de ITU igual ou inferior a 70. Já na Figura 10, configura-se a transição do período chuvoso para o seco, com redução do ITU no mês de maio. No Litoral Norte espírito-santense, verificam-se valores de ITU variando de 72 a 78, caracterizando uma área de risco para a atividade leiteira, com declínio na produtividade. Possivelmente a área de risco observada na Figura 6 deva ser devido à umidade relativa do ar que ultrapassa nesta região os 80%, com temperaturas médias variando de 22,5 a 24°C, caracterizando um estresse moderado com ITU variando de 72, chegando aos 73. Nesta mesma Figura verificam-se, ainda, vários pontos de risco na região do Noroeste espírito-santense, no Norte/Sul, com ITU maior que 72, provavelmente por serem regiões de vale, demonstrando a precisão do modelo.

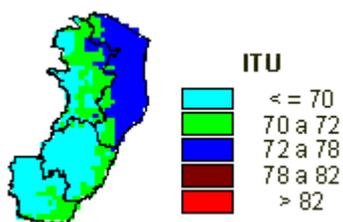


Figura 10 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de maio

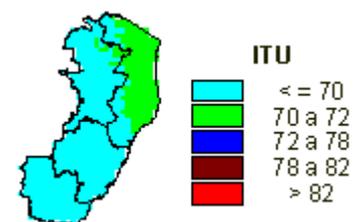


Figura 11 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de junho

Na Figura 11, referente ao mês de junho, só a mesoregião do Litoral Norte-Espírito-Santense mantém o índice de Alerta variando de 70 a 72, enquanto todas as mesoregiões encontram-se com índice igual ou inferior a 70, devido ao início do período de ocorrência das menores temperaturas anuais que normalmente não ultrapassam 22°C .

Nas Figuras 12 e 13, para o meses de julho e agosto, respectivamente, meses que ainda estão dentro do período de temperaturas amenas, nota-se que apenas algumas regiões do Litoral Norte mantêm o índice variando de 70 a 72; já no mês de agosto é verificado um ponto caracterizando Alerta para o pecuarista, fato este atribuído a uma região de vale com UR acima dos 80%, caracterizando assim estresse fraco.

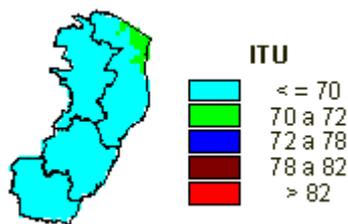


Figura 12 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de julho

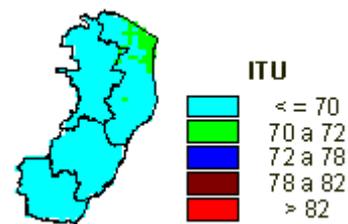


Figura 13 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de agosto

Para o mês de setembro Figura 14, é observado um ligeiro aumento do ITU influenciado pelo retorno e elevação da temperatura no Litoral Norte e Sul espírito-santense. Na Figura 15, (outubro) todo o Litoral Norte já se encontra com ITU variando de 72 a 78, caracterizando as áreas de risco na região do Sul. A parte Central do espírito-santense se mantém com índices igual ou abaixo de 70 (Normal), fato este observado até o mês de novembro, em razão desta região se encontrar localizada as maiores altitudes do estado, variando de 300 a 1.250 metros. Observa-se, nas Figuras 16 e 17, meses de novembro

a dezembro, a intensificação do ITU nas mesoregiões do Litoral Norte e do Noroeste espírito-santense, significando declínio na produção, bem como em algumas regiões localizadas no Litoral do Central e Sul do estado, enquanto áreas nestas mesoregiões apresentam-se com ITU (Normal) devido a fatores geográficos já citados acima.

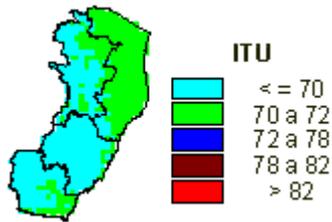


Figura 14 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de setembro

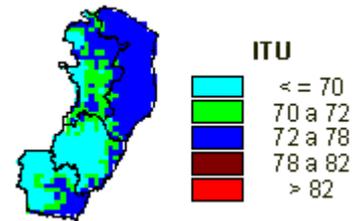


Figura 15 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de outubro

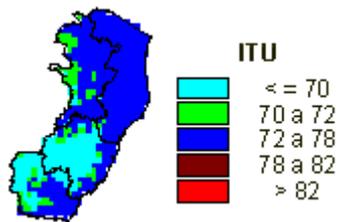


Figura 16 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de novembro

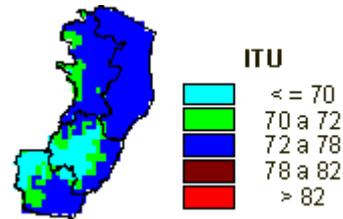


Figura 17 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de dezembro

4.2.2 – Rio de Janeiro

Nos resultados apresentados para os meses de janeiro, fevereiro e março, Figuras 18, 19 e 20, respectivamente, considerados os meses mais quentes do ano, observa-se que não há variação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) nestes meses, mantendo-se a característica climática das diferentes mesoregiões. No Norte Fluminense o ITU variou de 72 a 78, caracterizando área de risco com possíveis perdas na produção de leite. No

Noroeste observa-se que o ITU oscilou de 72 a 78, com uma redução do índice mais ao norte variando de 70 a 72, devido ao relevo. Observa-se uma extensa faixa que corta o Centro fluminense passando pela parte metropolitana chegando ao Sul Fluminense com índices menores ou iguais a 70, considerados normais e adequadas para produção de leite, provavelmente devido à altitude dessas regiões, fato justificado pela variação da temperatura com a altitude. Enquanto as áreas mais litorâneas apresentam índices variando de 72 a 78.

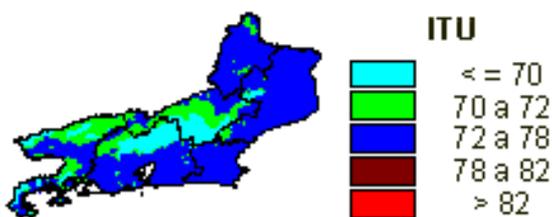


Figura 18 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de janeiro

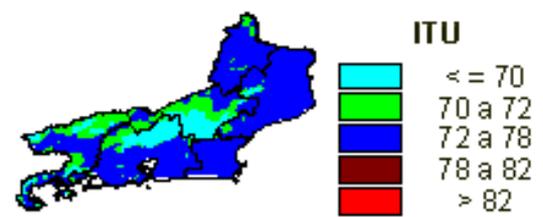


Figura 19 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de fevereiro

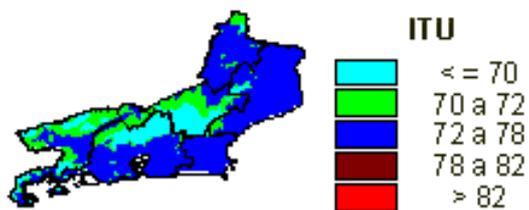


Figura 20 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de março

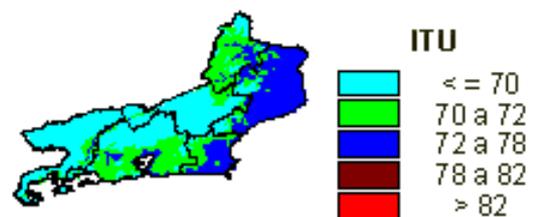


Figura 21 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de abril

No mês de abril, Figura 21, ocorre uma redução do índice em todo o estado, com ênfase maior na região serrana, permanecendo com ITU que afeta a produtividade (ou área de risco) apenas na mesoregião Norte Fluminense. Também se observar no Noroeste e Sul o efeito da altitude sob o ITU, bem como na parte mais litorânea do Estado, algumas ilhas formadas com ITU variando de 70 a 78, na Baía de Guanabara, reflexo principalmente pela variação da temperatura e da altitude.

Na Figura 22 (maio), mês de transição do período chuvoso para o período seco e redução das temperaturas médias, somente a região Norte fluminense apresenta ITU variando de 70 a 72, colocando o pecuarista em Alerta.

Nos meses de junho a setembro o estado encontra-se livre dos efeitos do estresse provocado pelo calor, provavelmente pela diminuição da temperatura que não ultrapassa os 22°C em todo o estado, conforme as Figuras 23 a 26. No mês de outubro, Figura 27, observa-se que o modelo é muito semelhante ao modelo do mês de maio, período de transição (Figura 22) do período chuvoso para o retorno do período seco, onde no Norte Fluminense e a Baixada em sua totalidade são consideradas áreas de alerta bem como algumas regiões que circundam a Baía de Guanabara e uma faixa de depressão na região Metropolitana e Sul Fluminense.

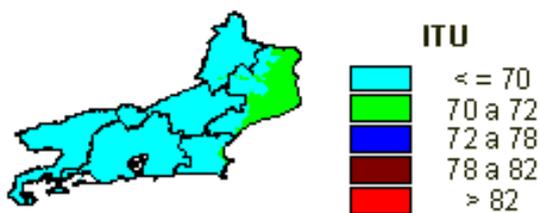


Figura 22– Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de maio

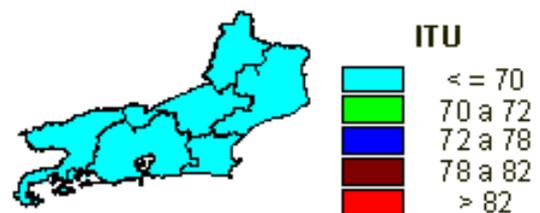


Figura 23 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de junho

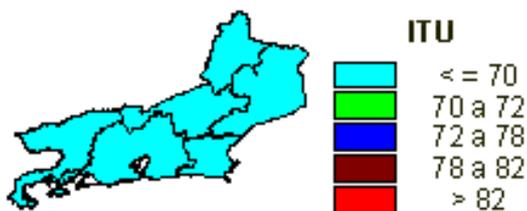


Figura 24 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de julho

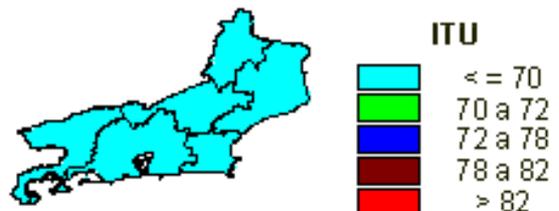


Figura 25 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de agosto

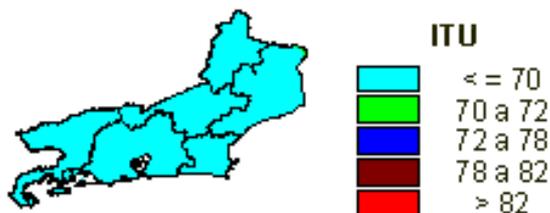


Figura 26 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de setembro

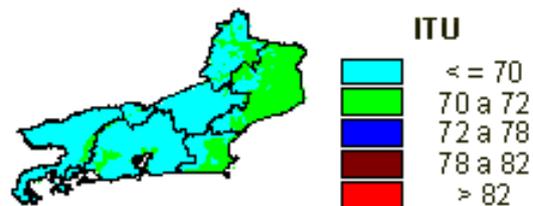


Figura 27 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de outubro

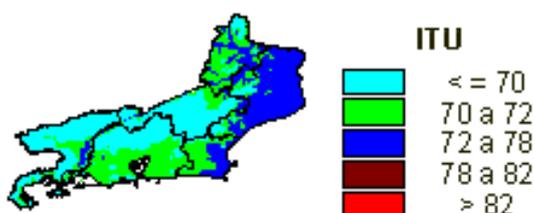


Figura 28 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de novembro

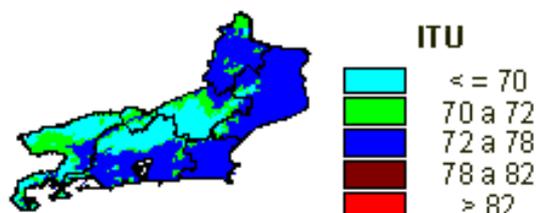


Figura 29 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de dezembro

Na Figura 28, para o mês de novembro, observa-se o aumento do ITU, devido ao aumento da temperatura e UR variando de 70 a 80%, no Norte Fluminense e Baixadas com o ITU que variou de 72 a 78 (perdas na produção de leite). No mês de dezembro (Figura 29), observa-se que o ITU considerado como responsável por perdas na produção de leite já abrange toda região litorânea do estado e parte Noroeste fluminense, enquanto nas outras regiões variou de Normal à Alerta.

4.2.3 – Minas Gerais

Os resultados para o estado de Minas Gerais evidencia para os meses de janeiro, fevereiro e março, Figuras 30 a 32, uma grande variação do ITU em todo o estado, devido a sua grande dimensão e vários tipos climáticas, com temperaturas brandas a elevadas, e com verões quentes e chuvosos. Na região do Norte Mineiro, o ITU variou de 70 a 78, sendo que em sua totalidade o ITU variou de 72 a 78. Observa-se que em algumas localidades nesta área o índice apresenta valores considerados normais. Acredita-se que estes índices iguais ou menores a 70, observados no mês de janeiro, considerado quente, se devem a variação da temperatura com a altitude que ultrapassaram 900 metros. Tanto no Noroeste quanto o Central Mineiro, durante os três meses mais quentes, o ITU atingiu valores entre 72 a 78, com maior valor no mês de fevereiro, fato observado no Vale do Mucuri e em quase totalidade do Vale do Rio Doce, com algumas áreas variando de 70 a 72 nos pontos de maiores altitudes. Na Zona da Mata, registrou-se que a maior influência no ITU foi devido a topografia, peculiar desta mesoregião, onde podemos observar que na parte mais central o ITU variou de 72 a 78 (áreas de risco), enquanto nos locais mais ao norte e sul variou de 70 a 72.

No Campo das Vertentes e Sul/Sudeste a variação do índice foi menor ou igual a 70, com uma pequena faixa estreita no sentido do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, com o ITU variando de 72 a 78, fato que pode ser atribuído à altitude da região.

No Oeste, para os meses de janeiro a março, observa-se que o ITU variou de 70 a 72. No Sul do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba o ITU variou de 72 a 78, enquanto mais ao norte desta região os índices variaram de 70 a 72, e nas áreas acima de 850 metros, o ITU não atingiu valores acima de 70.

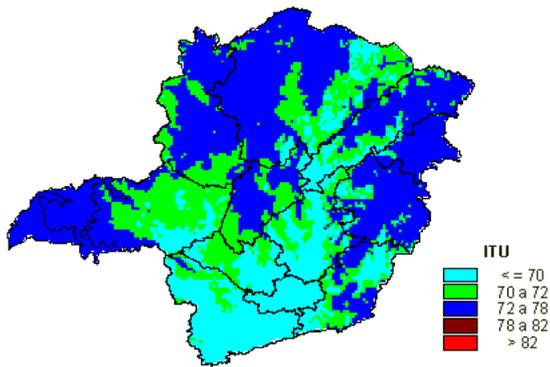


Figura 30 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de janeiro

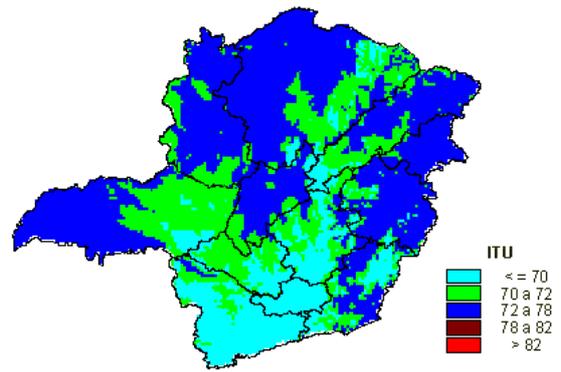


Figura 31 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de fevereiro

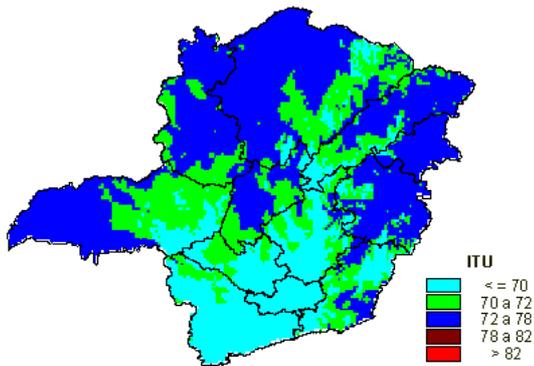


Figura 32 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de março

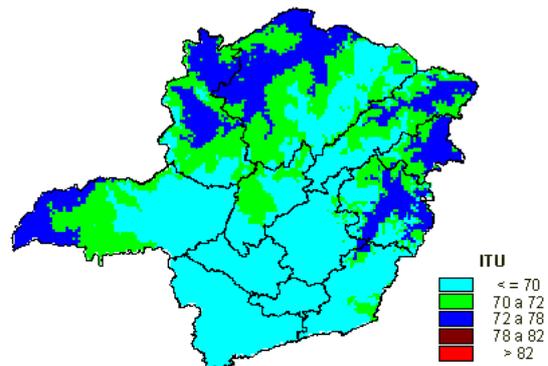


Figura 33 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de abril

Na Figura 33, correspondente ao mês de abril, verifica-se a diminuição do ITU, devido às temperaturas médias estarem diminuindo, com a mudança do período chuvoso para o período seco em todas as mesoregiões. No mês de maio, representado pela Figura 34, apenas a parte mais ao Norte e parte do Noroeste, Norte, Jequitinhonha e Vale do Mucuri, o ITU variou de 70 a 72 e uma pequena faixa que se prolonga leste/oeste, no Vale do Rio Doce; enquanto as demais mesoregiões encontram-se fora do estresse provocado pelo calor. O ITU normal estende-se por todo o estado em sua totalidade até o mês de agosto, conforme as Figuras 35, 36 e 37, onde se situam algumas

regiões com ITU variando de 70 a 72 (Alerta), por estarem no período de temperaturas mais amenas, variando de 12 a 23°C, no período, e umidades variando de 50 a 80%.

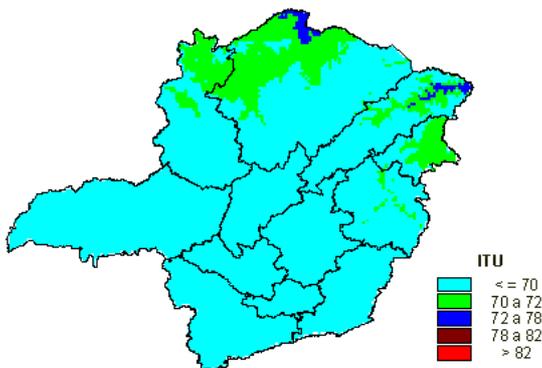


Figura 34 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de maio

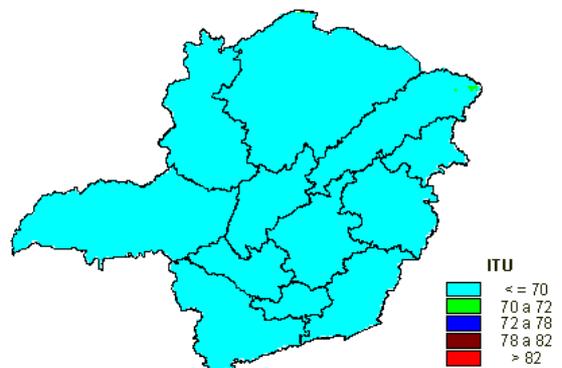


Figura 35 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de junho

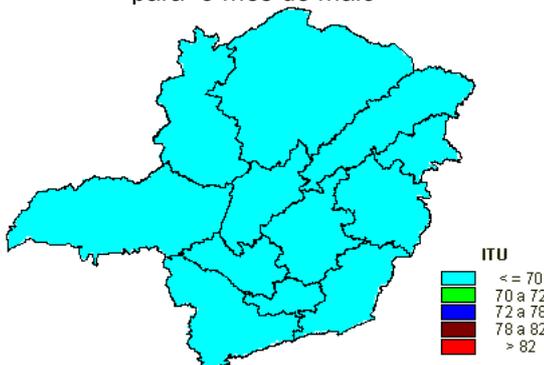


Figura 36 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de julho

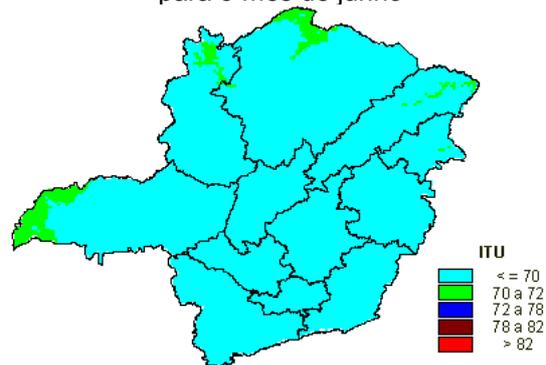


Figura 37 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de agosto

Na Figura 38, referente ao mês de setembro, verifica-se que o aumento da temperatura e redução da umidade relativa do ar, caracterizados pela transição da mudança do período seco para o período chuvoso, influenciaram diretamente no aumento do ITU no Noroeste e parte Norte mais continental, variando de 72 a 78; no Norte Jequitinhonha, Vale do Mucuri e em algumas regiões do Vale do Rio Doce e parte extrema Sul do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, variando de 70 a 72, enquanto as demais mesoregiões do estado encontram-se com ITU Normal.

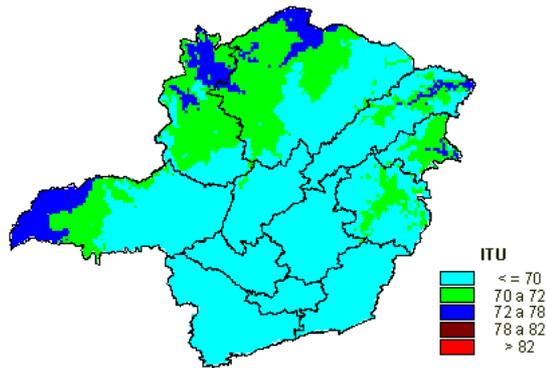


Figura 38 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de setembro

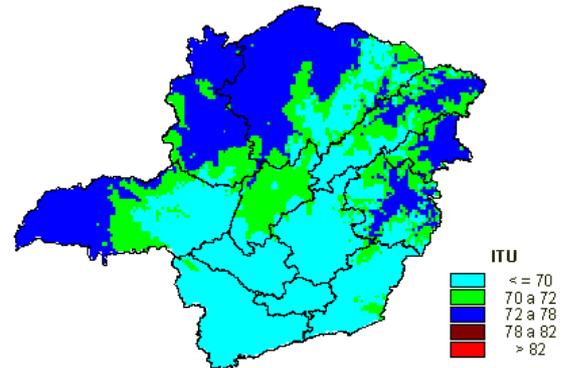


Figura 39 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de outubro

Nos meses de outubro e novembro, Figuras 39 e 40, respectivamente, verificou-se que o aumento da umidade e das temperaturas refletiram diretamente no aumento do ITU, que oscilou entre de 72 a 78, com exceção da parte mais ao Norte do Triângulo/Alto Paranaíba, Oeste, Metropolitana, Zona da Mata, Campo das Vertentes e Sul/Sudeste. No mês de dezembro, Figura 41, observou-se a intensificação do ITU, na parte mais central na Zona da Mata, com variação entre 72 a 78, e redução do ITU na parte mais central das duas mesoregiões, do Norte e Jequitinhonha, saindo da condição de prováveis perdas na produção de leite para a condição de Alerta (70 a 72).

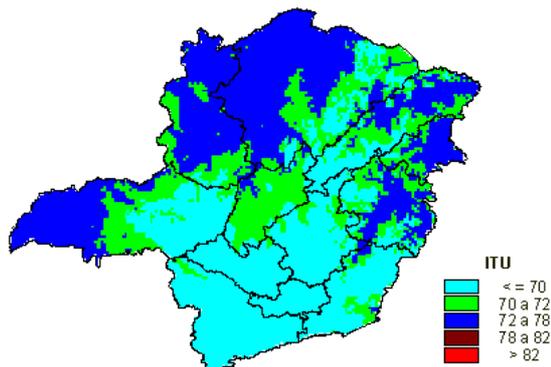


Figura 40 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de novembro

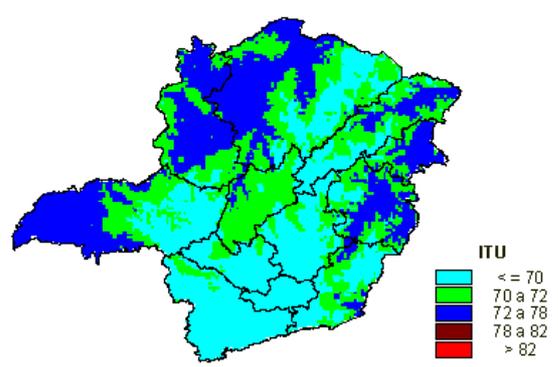


Figura 37 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de dezembro

A partir dos resultados da espacialização do ITU para o Estado de Minas Gerais, verificou-se que os resultados mostrados por ZOLNIER et al. (1991), nos municípios de Patos de Minas, Viçosa, Barbacena, Pompéu e

Montes Claros, confirmaram-se nesta espacialização para o mesmo período, e que as localidades de Montes Claros e Pompéu são regiões com potencialidades ao estresse calórico.

A variação da temperatura com a altitude mostrou-se um fator importante na variação do ITU em todo o estado, sendo, portanto, um aliado natural do conforto térmico para as bacias leiteiras instaladas nestas regiões com grandes variações de altitude.

4.2.4 – São Paulo

Resultados para o estado de São Paulo, Figuras 42, 43 e 44, mostram que os meses de janeiro, fevereiro e março, meses considerados quentes as mesoregiões Norte, Oeste e Litoral Paulista, o ITU variou de 72 a 78 (áreas de risco). Na região de Campinas e Vale do Ribeira, os índices variam de 70 a 72 dependendo das altitudes locais. Na região Metropolitana, estendendo até o Vale do Paraíba, os índices praticamente não variaram durante a época mais quente do ano, permanecendo com valores menores ou iguais a 70, região esta livre do estresse provocado pelo calor. A permanência deste índice, considerado Normal, durante o trimestre mais quente do ano, provavelmente pode ser explicado pela variação da temperatura com a altitude. Apresentando-se uma faixa estreita que se prolonga pelo Vale do Paraíba com altitude inferiores às demais, o ITU variou de 70 a 72, chegando a diminuir no mês de março. Em alguns pontos, na parte mais Litoral do estado, observa-se o ITU variando de 72 a 78.

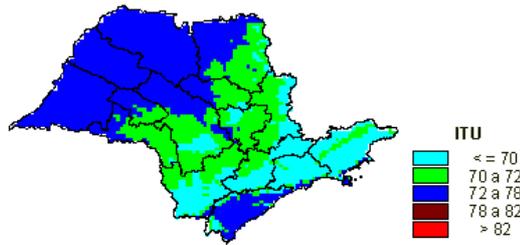


Figura 42 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de janeiro

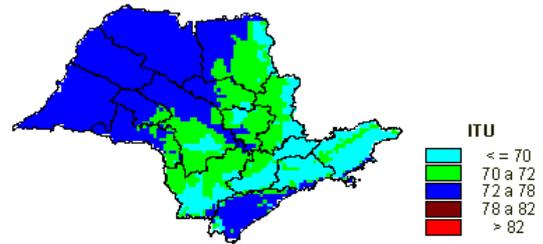


Figura 43 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de fevereiro

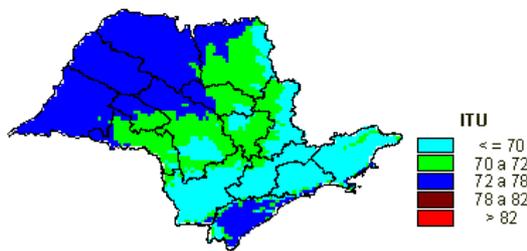


Figura 44 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de março

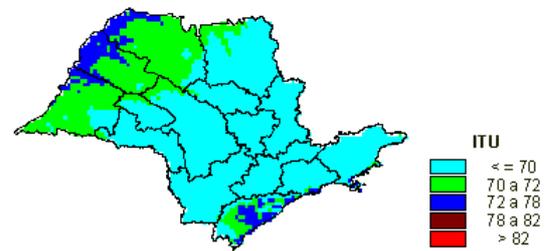


Figura 45 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de abril

No mês abril, Figura 45, observa-se que com a chegada das temperaturas mais amenas, a parte mais continental do Norte, Oeste e Litoral Paulista, permanece com os índices variando de 72 a 78, enquanto as outras regiões do estado apresentam índices com valores menores que 72. A partir do mês de maio, o estado encontra-se livre dos efeitos provocados pelo calor, permanecendo até o mês de setembro, conforme as Figuras de 46 a 50, pela presença de menores temperaturas anuais. Ainda na figura 50, observou-se na parte mais continental, abrangendo Norte/Oeste do estado que o ITU oscila entre 70 a 72, provavelmente pelo aumento das temperaturas que variaram de 23 a 25°C e da umidade relativa variando de 50 a 60% nesta época do ano.

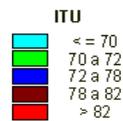


Figura 46 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de maio

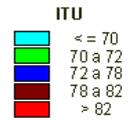


Figura 47 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de junho

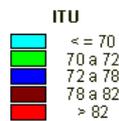


Figura 48 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de julho

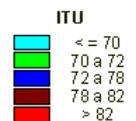


Figura 49 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de agosto

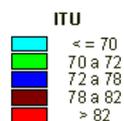


Figura 50 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de setembro

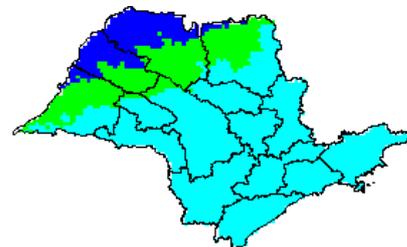


Figura 51 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de outubro

Na Figura 51, relativo ao mês de outubro, observou-se a intensificação do ITU, devido a elevação da temperatura e à UR variando de 60 a 70%, INMET (1931/1990), em parte das regiões Norte e Oeste. As outras regiões do estado permanecem livres do estresse calórico, com valores menores ou iguais a 70. No mês de novembro o ITU variou de 72 a 78, com predomínio nas regiões Oeste e Norte Paulista. Já no Litoral, apresentam-se algumas regiões com o ITU variando de 70 a 72, conforme Figura 52.

Em dezembro (Figura 53), apenas as regiões do Vale do Paraíba, Metropolitana de São Paulo, Campinas e Vale do Ribeira permanecem livres do estresse provocado pelos efeitos combinados da temperatura e umidade, enquanto as outras regiões apresentam áreas de risco com índices variando de 72 a 78.

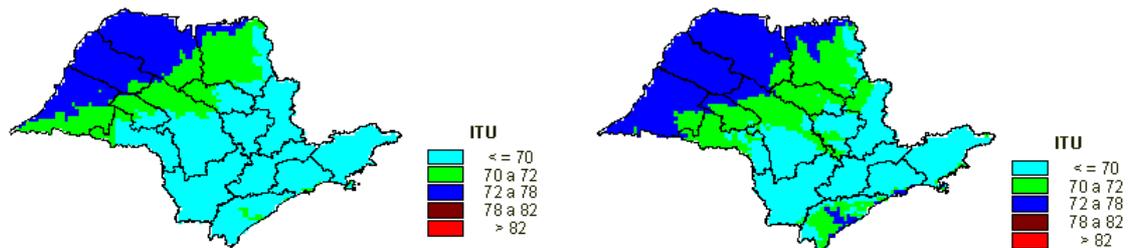


Figura 52 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de novembro

Figura 53 – Distribuição Espacial do ITU mensal para o mês de dezembro

Os resultados apresentados no estado em estudo assemelham-se aos estudos realizados em zoneamento feitos por NASCIMENTO (1975) e BARBOSA et al. (1995) com áreas de altas temperaturas e áreas com temperaturas amenas.

Os resultados encontrados na região Sudeste do Brasil foram bem semelhantes aos encontrados em estudos realizados na África do Sul e Namíbia (17° a 34° Sul) por DU PREEZ et al. (1990a) e na Austrália pela Univ. Queenslan/DPI/DRDC, que analisaram o comportamento do ITU pelas estações do ano: verão, outono, inverno e primavera. Os resultados permitiram acompanhar a sazonalidade do índice, onde ocorreram a diminuição ou desaparecimento das áreas de risco para a produção de leite, bem como o retorno/aparecimento dessas áreas, fato este observado em todo o Sudeste do Brasil, bem como os ITUs máximos nos meses de altas temperaturas e ITUs mínimos, considerados normal para os meses de temperaturas amenas.

Ambos os estudos revelaram que o ITU é influenciado diretamente pela sazonalidade da temperatura e umidade do ar.

4.3 – Variação sazonal do número de horas (média) de estresse calórico moderado ou severo

A média diária do número de horas em que os animais estão submetidos à ação do estresse calórico foi simulada a partir das Eq. 3 a 10, utilizando-se de dados horários de temperatura e umidade relativa do ar. As análises foram divididas em dois níveis de estresse: moderado e severo. O estresse moderado, ocorre quando o ITU varia de 72 a 78, nesta faixa o animal, apesar do estresse provocado pelos efeitos do clima, utiliza-se de mecanismos termorregulatórios para dissipar calor podendo haver perdas no desempenho produtivo e reprodutivo. Valores do ITU maiores ou iguais a 78 representam o estresse severo, que são valores extremamente perigosos, visto que dependendo de sua intensidade reduzem-se significativamente a produção de leite, e a eficiência reprodutiva, podendo, até mesmo, colocar em risco a vida do animal.

Acredita-se que as isolinhas geradas para a região Sudeste do Brasil, devam ser interpretadas com cautela, pois os resultados ainda não permitem uma avaliação criteriosa e definitiva pela ausência de Estações Meteorológicas nas seguintes regiões: ES (noroeste espírito-santense e sul), RJ (Norte-fluminense), SP (Bauru, Marília, Pres. Prudente, S. J. do Rio Preto), MG (Noroeste de Minas, Vale do Rio Doce, parte sul do triângulo, sul/sudeste).

Entretanto, pode-se observar a tendência da duração apresentada pela média diária do número de horas em que os animais estão submetidos ao

estresse calórico anual para a região sudeste. Destaque-se a importância desses dados, por serem ainda desconhecidos nestas regiões produtoras de leite, e, antes por serem a intensidade e duração do estresse calórico responsáveis por alterações fisiológicas, comportamentais e produtivas dos animais. Alguns especialistas comentam que o animal exposto a mais de 5 horas/dia sobre os efeitos do estresse moderado começa a ser preocupante.

4.3.1 – Espírito Santo

Observou-se para os meses de janeiro, fevereiro e março, nas Figuras 1a, 2a e 3a, respectivamente, (apêndice) que o estado apresenta em média no período 11 horas/dia de estresse moderado (72 - 78). Cortando desde a Central-Espírito-Santense e se prolongando até o Litoral Norte/Sul e Noroeste com 9 horas/dia de estresse moderado. Nos resultados para o estresse severo observa-se nas Figuras 1b, 2b e 3b que a variação em todo o estado para o mesmo período de janeiro a março é de 9 horas/dia.

Para os meses de abril e maio, a média do número de horas de ITU moderado, na mesoregião do Litoral espírito-santense varia de 8 a 10 horas/dia, diminuindo no Noroeste/Sul do estado, como se observa nas Figuras 4a e 5a. Para estes meses, o estresse severo varia de 4 a 6 horas/dia, chegando a ser de 2 a 3 horas/dia no Noroeste/Sul, Figuras 4b e 5b.

Nos meses com temperaturas mais amenas, de junho a agosto e setembro, mês de transição, verificou-se uma média que variou de 5 a 7 horas/dia de estresse moderado, Figuras 6a, 7a, 8a e 9a e de 1 a 2 horas/dia de estresse severo, Figuras 6b, 7b, 8b e 9b. Para os meses de outubro a dezembro, Figuras 10a a 12a, ocorre em média de 9 a 11 horas/dia de estresse moderado no Litoral Capixaba e de 8 a 9 horas/dia no Noroeste, Central e Sul

Capixaba. Quanto ao estresse severo, registrou-se uma duração de 3 a 7 horas/dia em todas as regiões, conforme as Figuras de 10b a 12b.

4.3.2 – Rio de Janeiro

Observa-se que o número de horas de estresse de janeiro a março, caracterizado pelas isolinhas, o gradiente diminui à medida que se continentaliza no sentido das regiões mais altas do estado. O ITU foi influenciado pela variação da temperatura com a altitude. Nas Figuras 1a a 4a; e 11a a 12a, meses de maiores temperaturas, as médias do número de horas de estresse moderado variaram de 8 a 16 horas/dia nas Baixadas; de 9 a 12 horas/dia no Norte Fluminense; 6 a 9 horas/dia no Sul; 5 a 8 horas/dia no Centro Fluminense e 8 a 12 horas/dia na região Metropolitana do Rio de Janeiro. Para o estresse severo, as médias variaram de 4 a 9 horas/dia, sendo de 8 a 12; 5 a 9; 6 a 9; 1 a 7 horas/dia, respectivamente, Figuras 1b a 4b e 11b e 12b.

Já para os meses com temperaturas amenas, de maio a setembro, o estresse moderado não ultrapassou 6 horas/dia em todo o estado Fluminense, Figuras 5a a 10a, enquanto para o estresse severo as médias não ultrapassaram de 3 horas/dia em todo o estado, no mesmo período, Figuras 5b a 10b.

4.3.3 – Minas Gerais

Os resultados para o estresse moderado, as médias variaram para todo o estado de 6 a 9 horas/dia nas mesoregiões do Norte, Jequitinhonha, Vales do

Mucuri e Rio Doce, Zona da Mata e parte Sul do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, nos meses mais quentes de janeiro, fevereiro e março, Figuras 1a, 2a e 3a, respectivamente. Para o estresse severo, as médias variaram de 0 a 9 horas/dia neste mesmo período em todo o estado. Na parte do Norte, porção Norte do Jequitinhonha, apresenta-se como uma área de alto risco. Nos Vales do Mucuri e Rio Doce, parte mais Leste da Zona da Mata e parte Sul do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba as médias variaram de 1 a 7 horas/dia de estresse severo. Já nas regiões Metropolitana de Belo Horizonte, parte do Oeste Mineiro, Campo das Vertentes e Sul/Sudeste, o estresse severo não variou acima de 2 horas/dia, como se verifica nas Figuras 1b, 2b e 3b.

Nos meses de menores temperaturas, houve uma redução nas médias diárias do número de horas de ITU moderado, variando de 2 a 6 horas/dia, em todo o estado. A partir dos meses de abril até agosto nas mesoregiões Norte, Jequitinhonha, Vales do Mucuri e Rio Doce, Zona da Mata e parte Sul do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, as médias do estresse moderado variaram de 4 a 6 horas/dia, ver Figuras 4a a 8a, enquanto nas outras mesoregiões variaram de 0 a 5 horas/dia. Para o estresse severo, observou-se nestas regiões um decréscimo dessas médias a partir de abril até agosto, com médias variando de 0 a 6 horas/dia para o mês de abril. As mesoregiões Norte, Jequitinhonha, Vales do Mucuri e Rio Doce, Zona da Mata e parte Sul do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, as médias do estresse severo variaram de 2 a 4 horas/dia, ver Figuras de 4b a 8b. Nas outras mesoregiões não houve variação dessas médias, não se evidenciando índices de estresse até o mês de setembro.

Nas Figuras 9a a 12a, referentes aos meses de setembro a dezembro, registra-se o aumento dessas médias. Para o estresse severo em todo o

estado, a variação foi de 0 a 5 horas/dia. As regiões Norte, Jequitinhonha, Vales do Mucuri e Rio Doce, Zona da Mata e parte Sul do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, apresentaram as maiores médias, Figuras 5b a 8b. Nos meses de setembro a dezembro observou-se o retorno das maiores médias encontradas nos meses de janeiro a março, conforme Figuras 9b a 12b.

4.3.4 – São Paulo

No período de janeiro a março, as médias do estresse moderado em todo o estado, variaram de 7 a 13 horas/dia em todo o Litoral Paulista, variando de 7 a 9 horas/dia no Oeste e parte mais continental Norte Paulista; e nas demais mesoregiões notou-se uma variação de 6 a 7 horas/dia, Figuras 1a, 2a e 3a. Para o estresse severo estas médias variaram de 4 a 6 horas/dia no Litoral Paulista; de 4 a 7 horas/dia no Oeste e parte Norte e de 1 a 4 horas/dia nas outras mesoregiões, Figuras 1b, 2b e 3b. Entre os meses de abril a setembro, as médias variaram de 1 a 6 horas/dia em todo o estado. Já para o estresse severo estas médias variaram de 0 a 4 horas/dia, com as maiores médias na mesoregião Oeste/Norte na parte mais continental, conforme as Figuras 4a a 9a e de 4b a 9b.

Para os meses de outubro, novembro e dezembro, Figuras 10a, 11a e 12a, as médias de horas de estresse moderado evidenciou uma variação de 3 a 7; 4 a 8 e 8 a 10 horas/dia, respectivamente. Nas Figuras 10b, 11b e 12b, para o estresse severo observou-se que as maiores médias foram encontradas na parte mais continental do Oeste/Norte do estado, enquanto nas outras mesoregiões, as médias variaram de 1 a 3 horas/dia.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A região Sudeste do Brasil apresenta várias mesoregiões propícias à criação de gado de leite da raça holandesa, de acordo com o Índice de Temperatura e Umidade. Neste estudo foram também identificadas áreas de riscos para animais de alta produtividade, que estão sujeitos ao estresse térmico durante certo período do ano, podendo sobremaneira afetar a produção e a qualidade do leite bem como, o crescimento e a reprodução dos animais nestas regiões. Medidas simples de modificação ambiental para amenizar o efeito do estresse calórico sobre os animais, tais como o sombreamento natural e artificial de instalações e pastagens até sistemas mais tecnificados de resfriamento de galpões, podem ser adotadas em função da viabilidade econômica e das condições específicas de cada propriedade.

- ***Espírito Santo***

- As regiões Norte e Noroeste apresentaram-se como áreas de riscos para animais de alta produtividade no período de janeiro a maio e de outubro a dezembro, com ITU variando de 72 a 78.

- Na parte mais Central e parte Sul identificou-se uma região propícia à criação de gado leiteiro de origem europeia, devido à altitude e por permanecerem fora dos efeitos do estresse durante todo o ano;
- Sobre as médias diárias do número de horas de estresse moderado, notou-se uma variação de 7 a 13 h/dia nos meses mais quentes e de 5 a 8 horas/dia nos meses com temperaturas amenas. Quanto ao estresse severo a média variou de 7 a 9 horas/dia, nos meses considerados mais quentes e de 1 a 4 horas/dia, nos meses considerados de temperaturas amenas.
- **Rio de Janeiro**
 - A região serrana na mesoregião do Centro Fluminense é uma área que apresenta condições adequadas para bovinocultura leiteira, o ITU variou de 70 a 72, com alguns cuidados, em localidades que se localizam mais ao Norte, onde o ITU variou de 72 a 78 nos meses de novembro a março;
 - Nos meses de janeiro a março as médias diárias do número de horas variaram de 8 a 16 horas/dia de estresse calórico moderado; com uma variação de 4 a 9 horas/dia de estresse severo em todo o estado;
 - E nos meses de maio a outubro, o estresse moderado não ultrapassou as 9 horas/dia e o severo 3 horas/dia.
- **Minas Gerais**
 - Durante todo o ano as mesoregiões Campos das Vertentes e Sul/Sudeste ficam completamente fora dos efeitos do estresse calórico resultante da ação combinada da temperatura e umidade do ar;

- De setembro a novembro, as mesoregiões da Metropolitana de Belo Horizonte, Zona da Mata, Oeste permanecem livres do estresse calórico e, a partir de dezembro, apenas as mesoregiões da Metropolitana de Belo Horizonte, e localidades mais altas da Zona da Mata e Oeste Mineiro;
- As regiões mais críticas, nos meses mais quentes e nos meses de transição, mudança do período seco para o período chuvoso (janeiro a março, novembro, dezembro e abril, setembro) do ano são: Norte, Noroeste, Jequitinhonha parte mais Norte, Vales do Mucuri e Rio Doce Central Mineira, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba parte mais ao Sul, com ITU variando de 72 a 78;
- As menores médias do número diário de horas de estresse calórico moderado variaram de horas sem estresse a 7 horas/dia nas mesoregiões dos Campos das Vertentes, Metropolitana de Belo Horizonte, Oeste, Sul/Sudeste, bem como o estresse severo de 0 a 2 horas/dia durante todo o ano.
- **São Paulo**
 - A mesoregião do Vale do Paraíba permanece, durante todo o ano, livre dos efeitos do estresse calórico, com uma pequena região estendendo-se para o Sul apresentando uma variação de 70 a 72;
 - As mesoregiões mais críticas são: Oeste e Norte Paulista, com ITU variando de 72 a 78 nos meses de janeiro a março, novembro e dezembro e no Litoral Paulista de janeiro a março;
 - O estresse moderado variou de 7 a 13 horas/dia nos meses mais quentes e de 1 a 6 horas nos meses com temperaturas mais amenas em todo o estado;

- Quanto ao estresse severo nos meses de janeiro a março, as médias variaram de 1 a 7 horas/dia, de abril a setembro variaram de horas sem estresse a 5 horas/dia em todo o estado. Nos meses de outubro a dezembro, nas mesoregiões Norte/Oeste variaram de 3 a 7 horas/dia, enquanto as outras mesoregiões a variação foi de 1 a 3 horas/dia.

Que a variação da temperatura com a altitude mostrou-se um fator importante na variação do ITU, portanto, um aliado natural do conforto térmico para as bacias leiteiras instaladas nestas regiões com grandes variações de altitude.

O zoneamento da região Sudeste do Brasil utilizando-se do ITU é uma metodologia por demais viável para diagnosticar áreas ou microregiões e épocas cujas condições climáticas são favoráveis ou não ao desenvolvimento da pecuária leiteira especializada.

Uma vez que o ITU foi calculado com as médias o mais importante é considerar as horas de estresse a que os animais são submetidos durante todo o ano e quantos dias por ano isto ocorre.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, I.S., BACCARI, F.JR. GOTTSCHALK, A. F. et al. Produção de leite de vacas holandesas em função da temperatura do ar e do índice de temperatura e umidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 1, Anais, Jaboticabal, 1995
- BACCARI, F. JR. Manejo para produção de Leite em climas quentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2, *Anais*, Goiânia, 1998. p 136-160. (a)
- BACCARI, F. JR. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em climas quentes. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE. *Anais*, 1998. p 25-67. (b)
- BAÊTA, F. C. & SOUZA, C.F. *Ambiência em Edificações Rurais – Conforto Animal*. Viçosa: Editora UFV, 1997, 246p.
- BAÊTA, F. C. Instalações para gado leiteiro na região do Mercosul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2, *Anais*, Goiânia, 1998, p. 162-173.
- BAÊTA, F. C. *Responses of lactating dairy coes to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm seaseon*. Missouri, University of Missouri – Columbia, 1985. 218p. (Ph.D. Thesis).
- BARBOSA, O. R., SILVA, R.G., SCOLAR, J., GUEDES, J.M.F. Utilização de um Índice de conforto térmico em zoneamento bioclimático da ovinocultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 1, *Anais*, Jaboticabal, 1995. p 251-259 .

- CAMPOS, A. T. *Determinação dos índices de conforto e da carga térmica da radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa-MG*. Viçosa: UFV, 1986. 66p. Tese Mestrado.
- BUFFINGTON, D.E., COLLAZO-AROCHO, A.; CANTION, G.H., PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black globe-humidity confort index for dairy cows. St. Joseph: *American Society of Agricultural Engineers*, 1977. 19p. (paper77-4517).
- CURTIS, S. E. *Environmental management in animal agriculture*. Ames, The Iowa State University Press, 1983. 410p.
- CAMPBELL, G. S., NORMAN, JOHN M. *Introduction to environmental biosphysics*. 2nd ed. Springer, 1997.
- DAVISON, T.; MCGOWAN, M.; MAYER, D. et al. *Managing hot cows in Australia*. DPI, Brisbane, 1996, 58p.
- DU PREEZ, J.D., GIESECKE, W.H. HATTINGH, P.J. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, v.57, 1990a, p. 77-87.
- DU PREEZ, J.D., GIESECKE, W.H. HATTINGH, P.J. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. II. Identification of areas of potential heat stress during summer by means of observed true and predicted temperature-humidity index values. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, v.57, 1990b, p. 183-187.
- DU PREEZ, J.D., GIESECKE, W.H. HATTINGH, P.J. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. III. Monthly temperature-humidity index mean values and their significance in performance of dairy cattle. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, v.57, 1990c, p. 243-248.
- HEAD, H.H. Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments: improving production and reproduction In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, I, *Anais*, Jaboticabal, 1995. p.26-67
- LEVA, P.E. Impacto ambiental em la producción lechera en la cuenca central Argentina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2, *Anais*, Goiânia, 1998. p. 129-135.
- MARTINS, S. V., REIS, M. G. F., ASPIAZÚ C., PEREIRA, J. F. Interpolação de valores de altitude e de variáveis climáticas para o estado do Espírito Santo. *Revista Árvore*, v.16, nº.3, 1992, p.263-271.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. *Normas Climatológicas*. Brasília, Instituto Nacional de Meteorologia. 1992, 99p.

- MÜLLER, P.B. *Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos*. 3^a ed., Porto Alegre: Sulina, 1989.
- NASCIMENTO, J., LEME, P.R., FREITAS, M. A. R. et al. Zoneamento ecológico da pecuária bovina do Estado de São Paulo. B. Indústr. Anim., v.32, p185-237, 1975.
- PIRES, M.F.A , SATURNINO, VERNEQUE R.S., FERREIRA, A. M., TEODORO, R.L. Variações Sazonais no Comportamento de vacas holandesas estabuladas em Sistema "Free Stall". *Revista de Etologia*, v.1, n^o. 2,1999, p. 105-115.
- SANTOS, F.A. P. *Manipulação de fatores em sistemas de produção de leite*. Informativo COMEVAP. ed 213, Setembro/98, p5.
- SEDYIAMA, G. C., MELO JR., J. C. F., SANTOS, A. R., SOUZA, J. A., CATALUNHA, M. J. Modelo para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual georeferenciados para o estado do Espírito Santo. Conbea, *Anais*: Foz de Iguaçu, 2001.
- SOUZA, C. F. *Eficiência de diferentes tipos de bezerro, quanto ao conforto térmico, na primavera e no verão em Viçosa-MG*. Viçosa: UFV, 1991. 94 p. Tese Mestrado.
- THOM, E. C. Cooling degree-day air conditioning, heating, and ventilating. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.55, n^o. 7, 1959, p 65-72.
- VALTORTA, S.E., LEVA, P.E., FORNASERO, L.V. et al. Horas de estresse para el ganado em Argentina: situacion actual e impacto esperado del cambio climatico global. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 1, *Anais*, Jaboticabal, 1995. P73-74.
- ZOLNIER, S. *Potencialidade da utilização do sistema de resfriamento adiabático – evaporativo, na produção de leite*. Viçosa: UFV, 1991. 85p. Tese Mestrado.

APÊNDICE

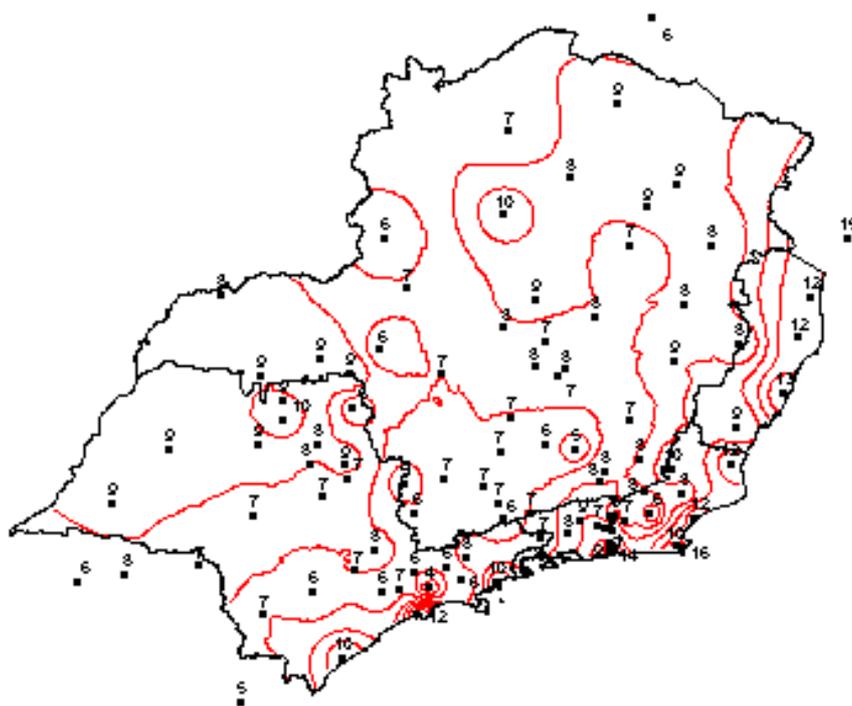


Figura 1a – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU moderado mensal para o mês de janeiro

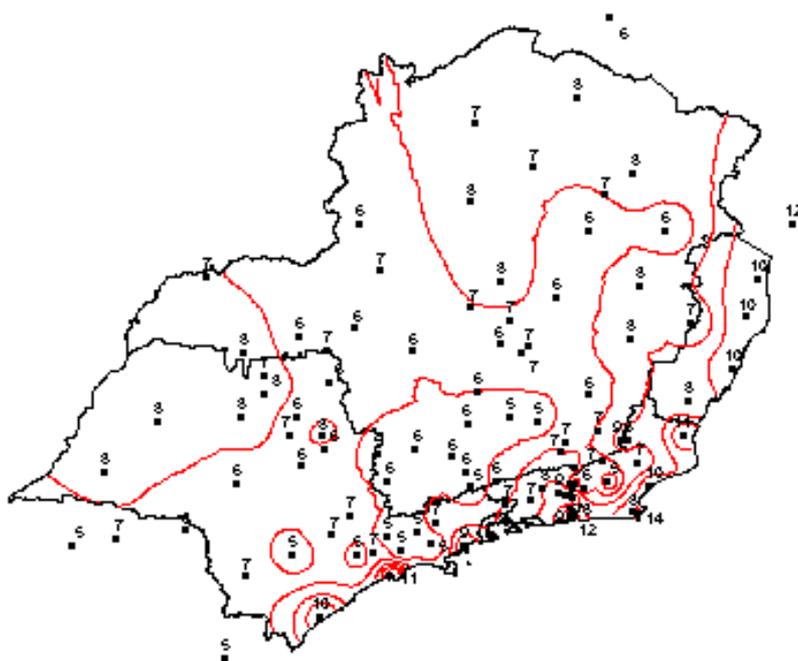


Figura 2a – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU moderado mensal para o mês de fevereiro

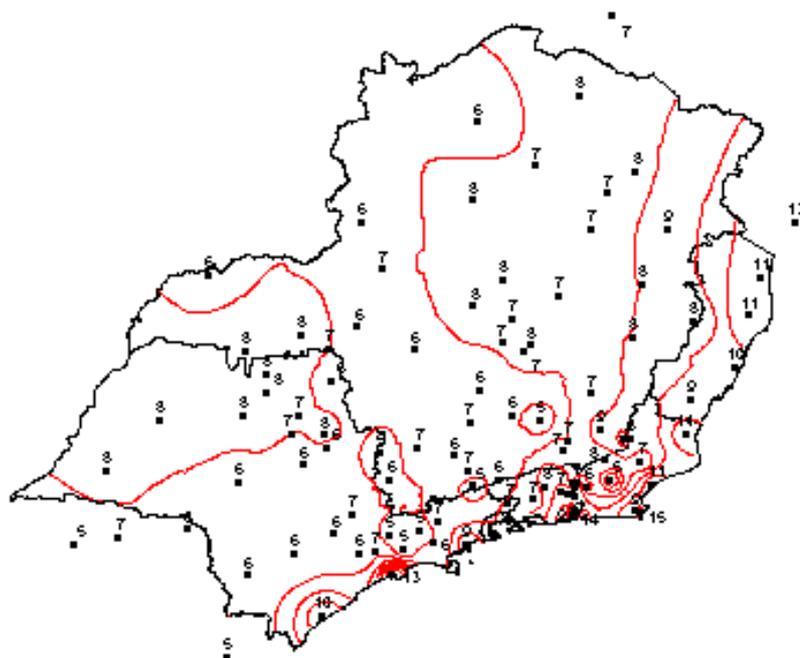


Figura 3a – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU moderado mensal para o mês de março

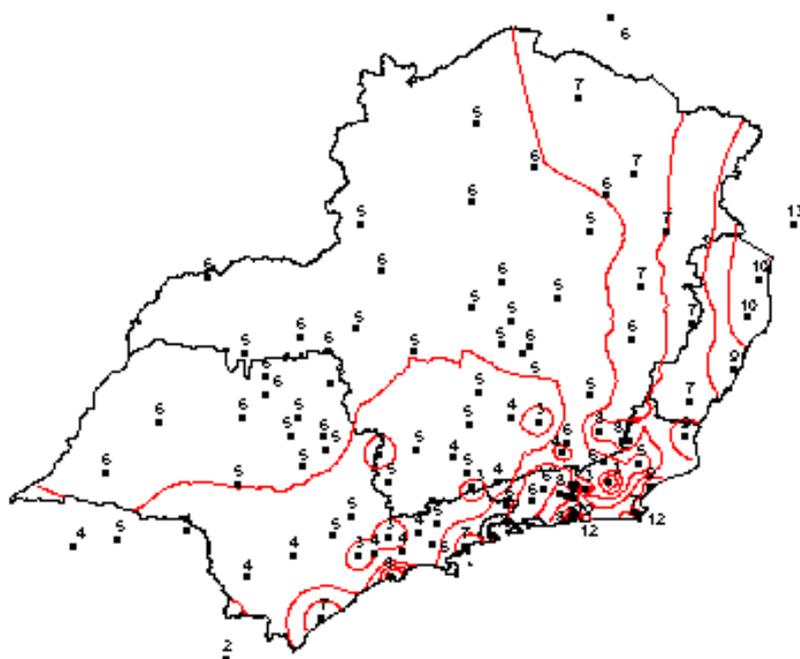


Figura 4a – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU moderado mensal para o mês de abril

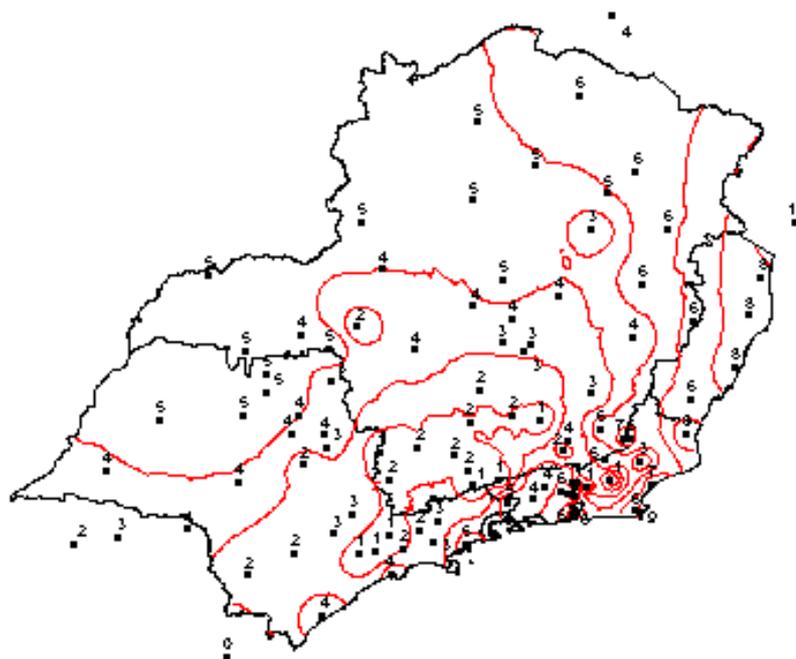


Figura 5a – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU moderado mensal para o mês de maio

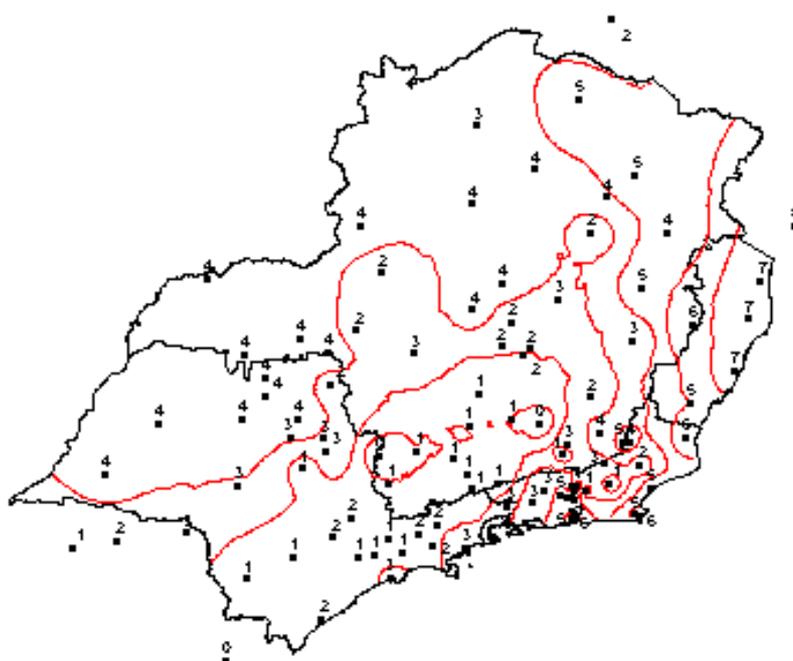


Figura 6a – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU moderado mensal para o mês de junho

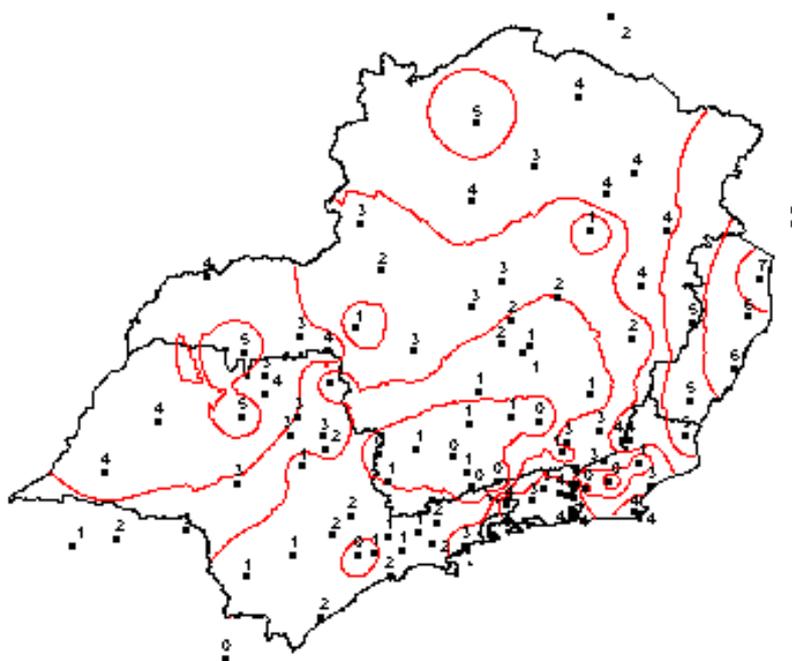


Figura 7a – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU moderado mensal para o mês de julho

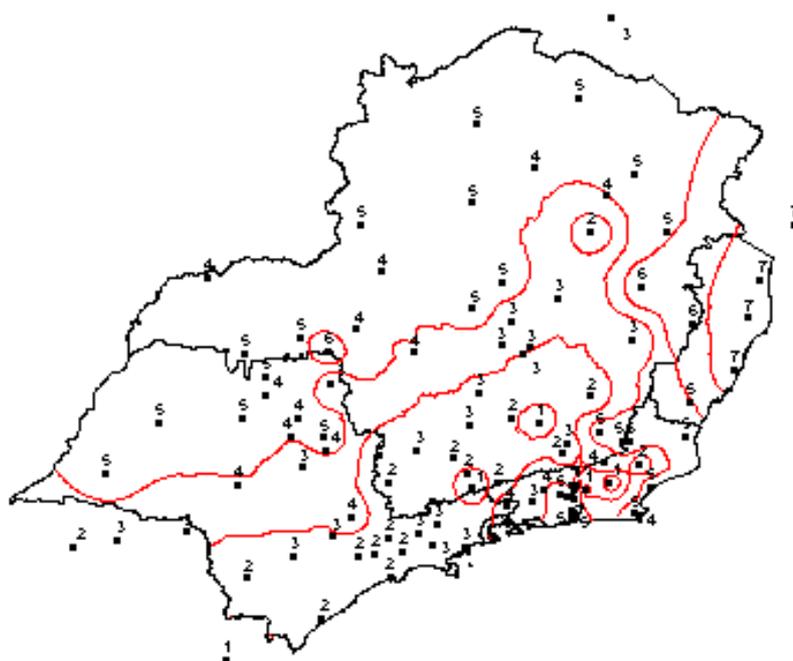


Figura 8a – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU moderado mensal para o mês de agosto

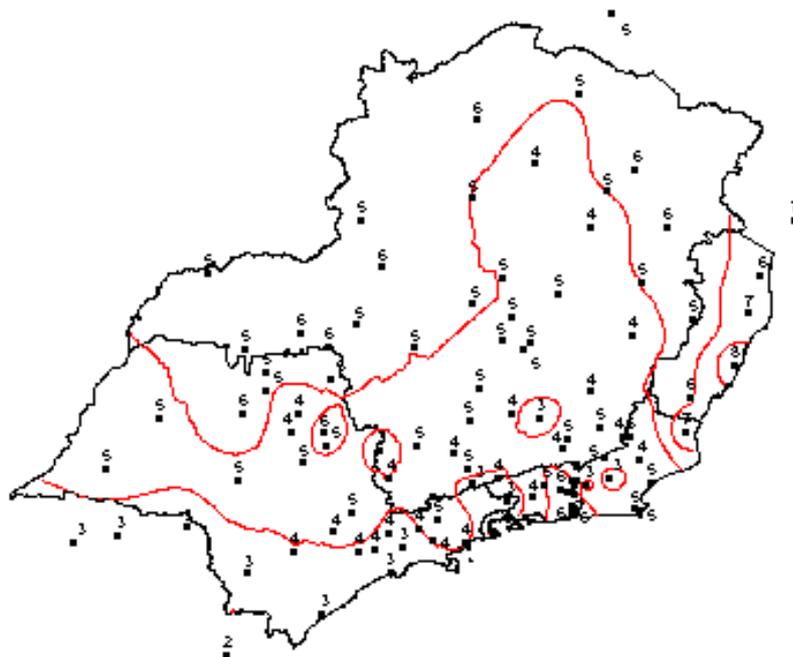


Figura 9a – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU moderado mensal para o mês de setembro

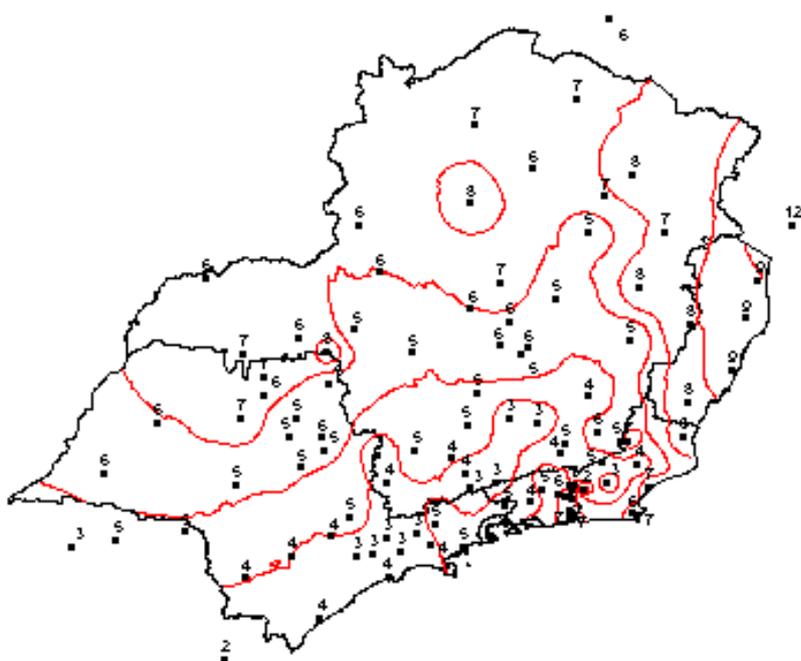


Figura 10a – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU moderado mensal para o mês de outubro

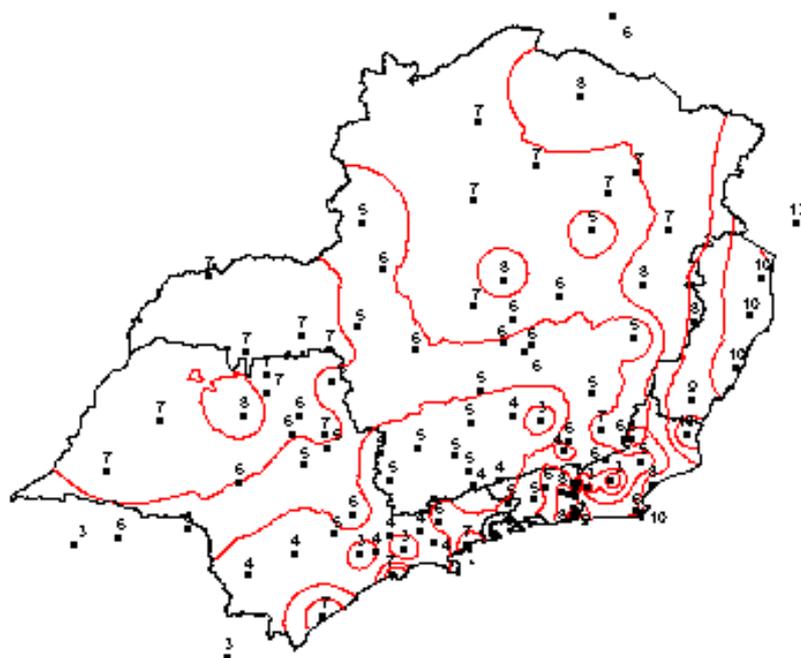


Figura 11a – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU moderado mensal para o mês de novembro

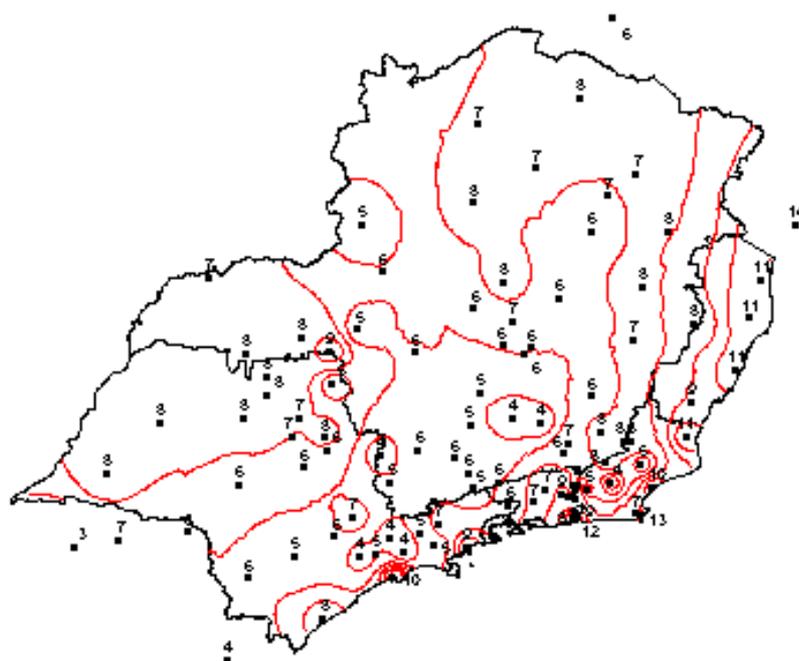


Figura 12a – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU moderado mensal para o mês de dezembro

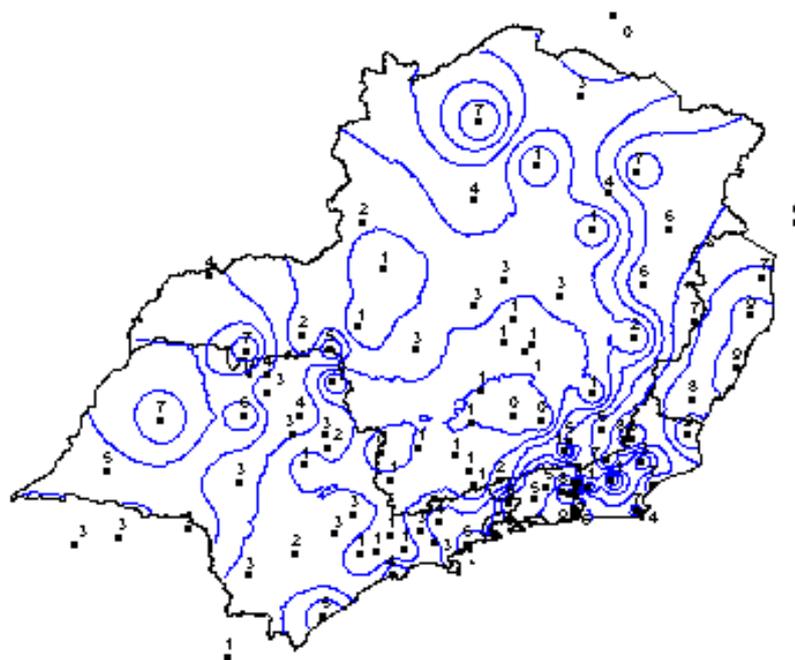


Figura 1b – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU severo mensal para o mês de janeiro

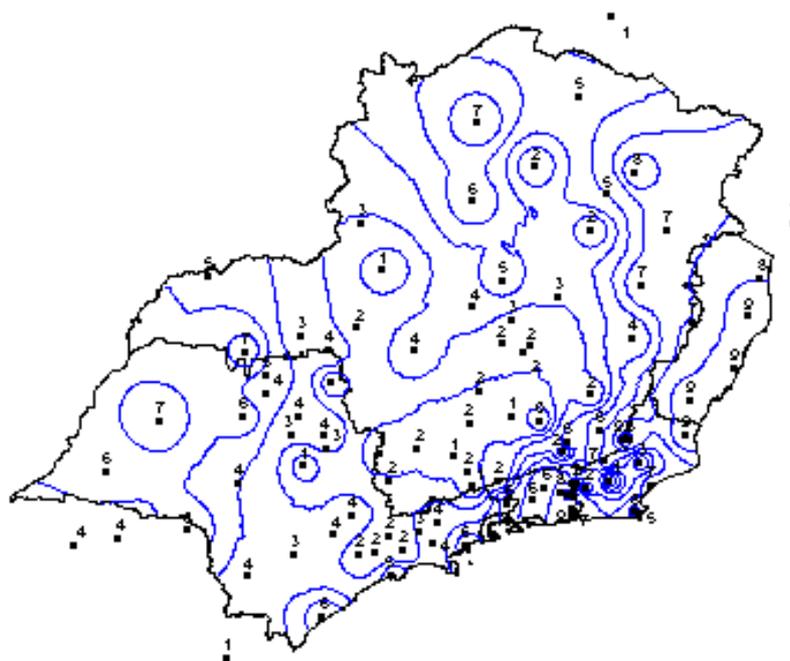


Figura 2b – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU severo mensal para o mês de fevereiro

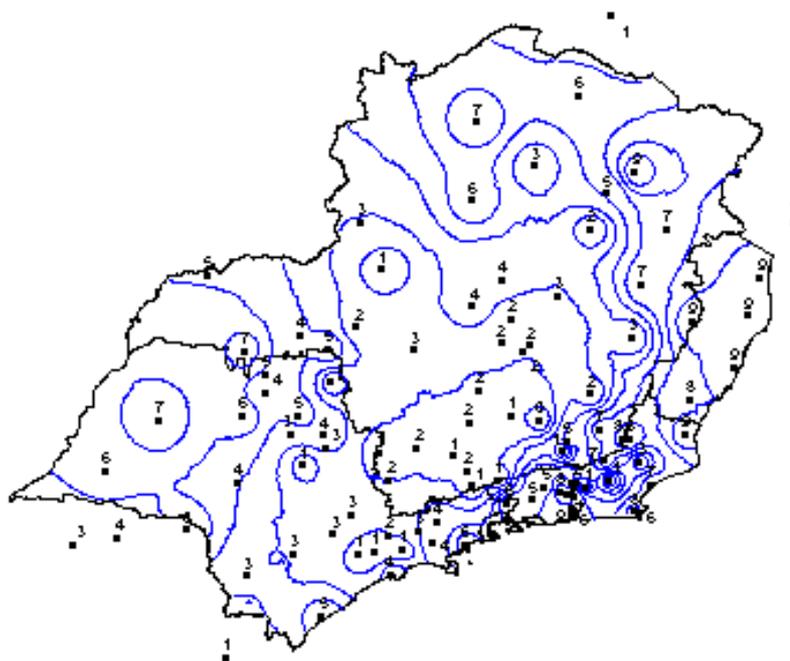


Figura 3b – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU severo mensal para o mês de março

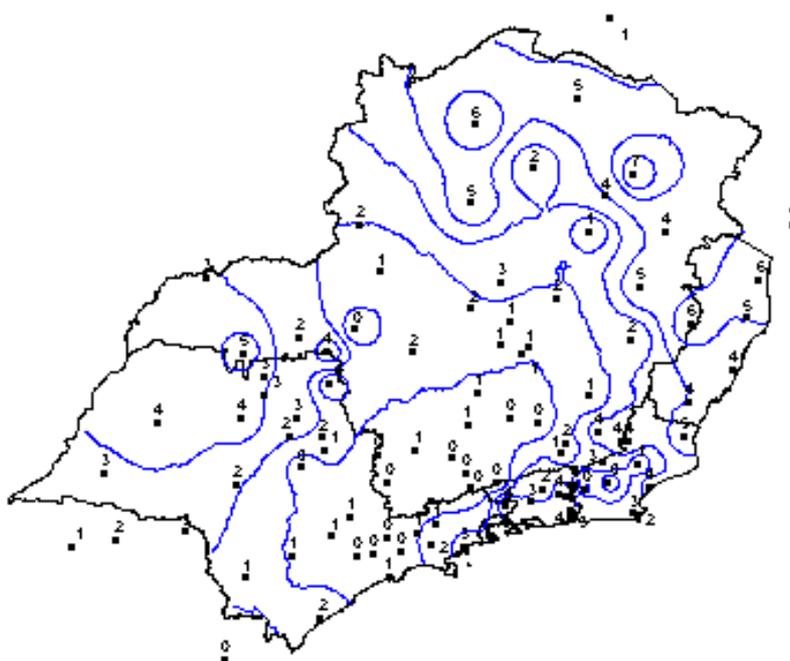


Figura 4b – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU severo mensal para o mês de abril

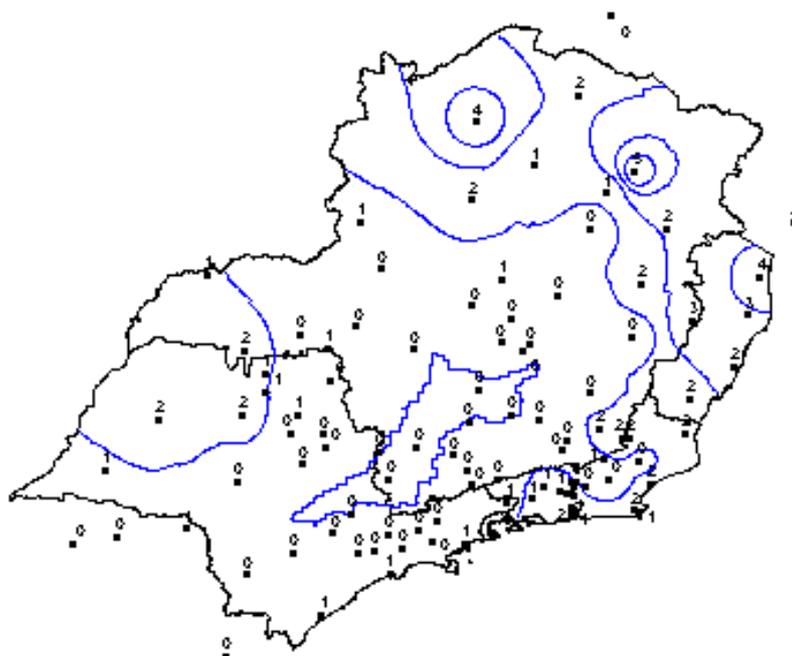


Figura 5b – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU severo mensal para o mês de maio

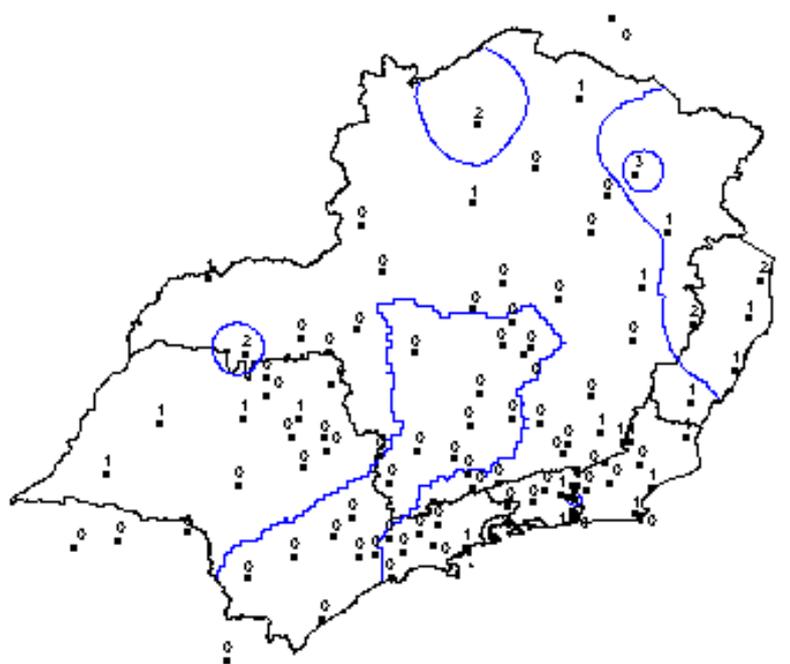


Figura 6b – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU severo mensal para o mês de junho

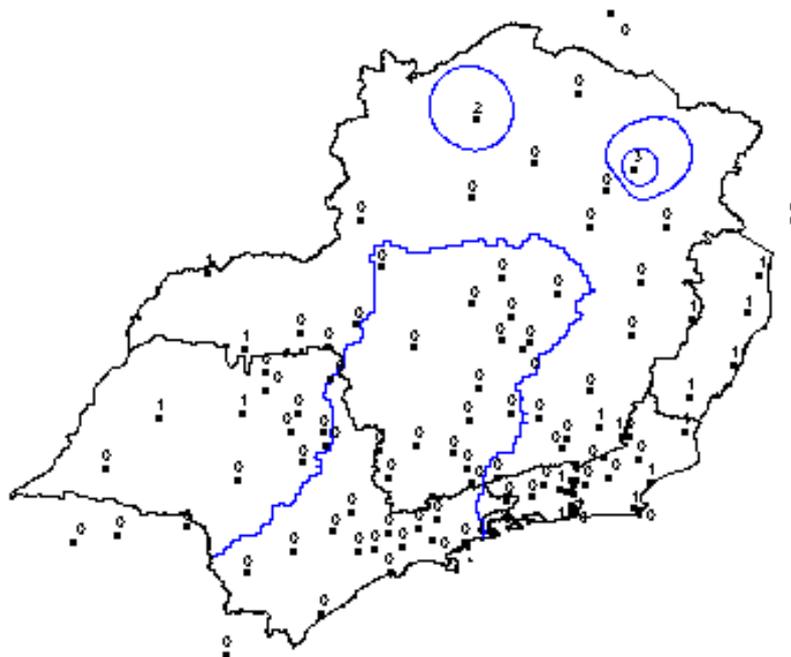


Figura 7b – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU severo mensal para o mês de julho

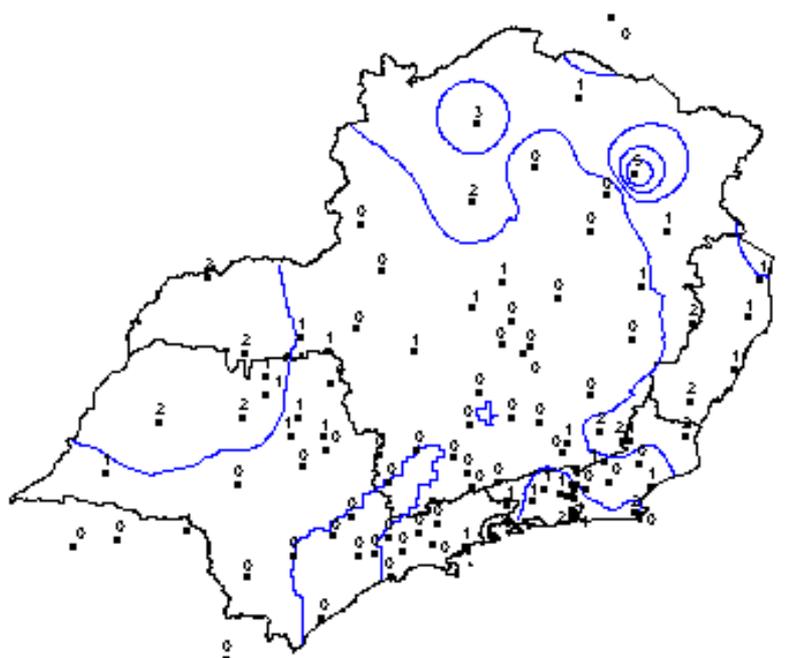


Figura 8b – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU severo mensal para o mês de agosto

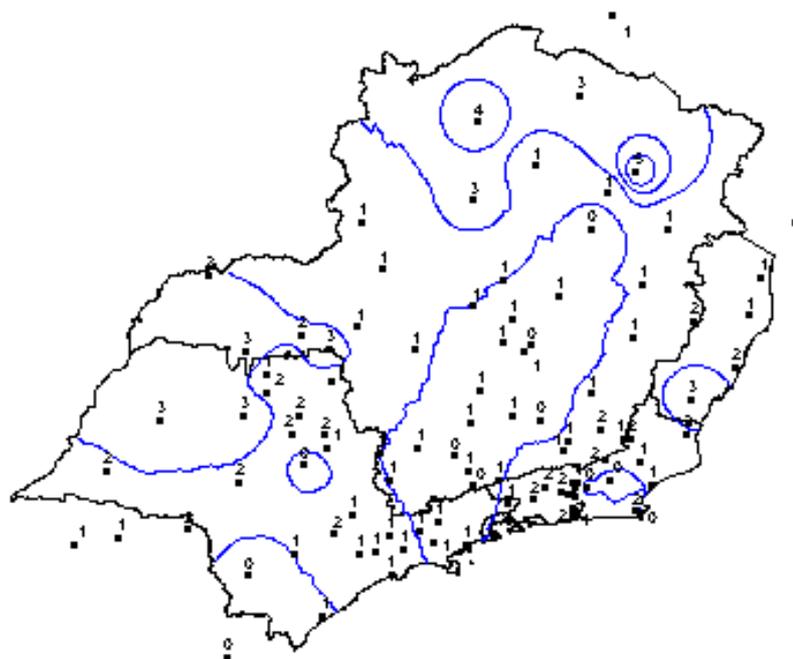


Figura 9b – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU severo mensal para o mês de setembro

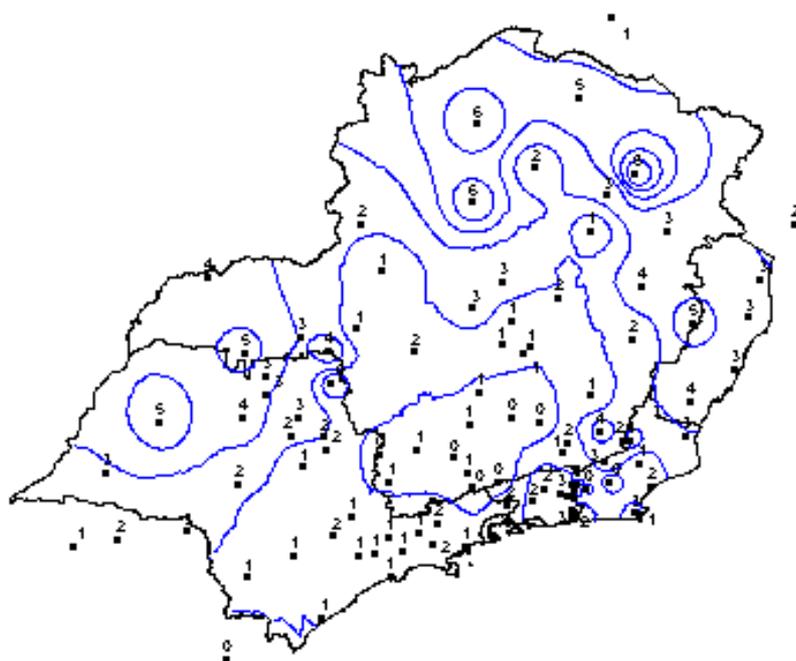


Figura 10b – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU severo mensal para o mês de outubro

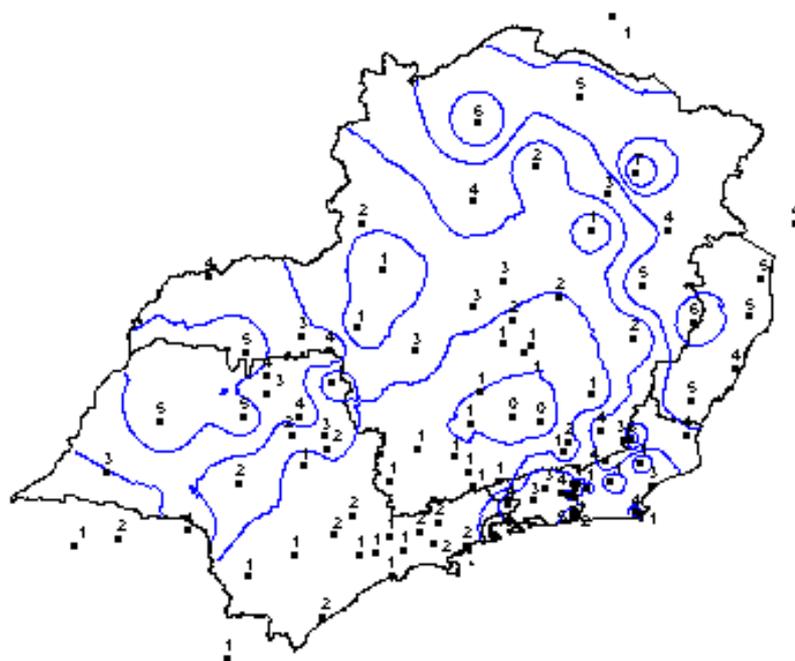


Figura 11b – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU severo mensal para o mês de novembro

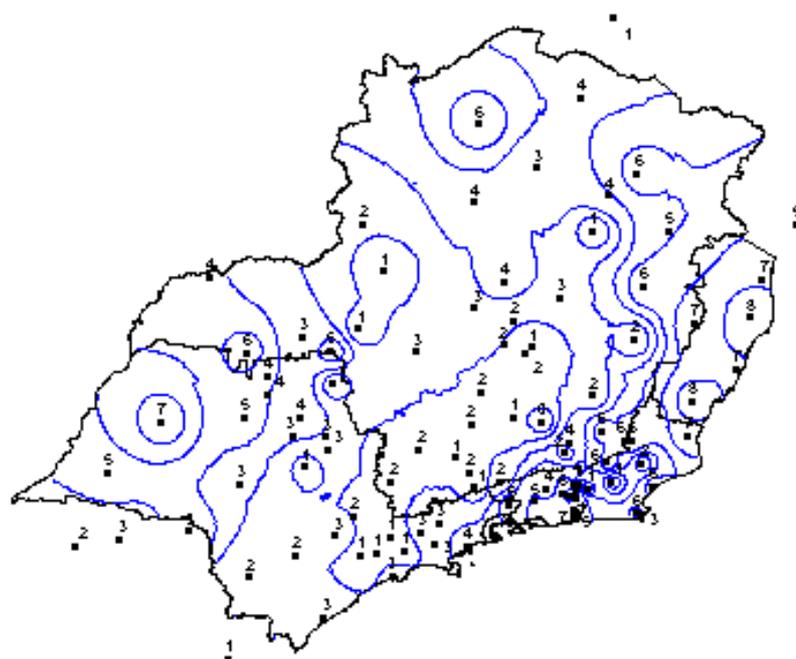


Figura 12b – Isolinhas da Média Diária do Número de horas de ITU severo mensal para o mês de dezembro