

**Universidade de São Paulo**

**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Departamento de Engenharia de Biossistemas – LEB**

0111000 - Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Agrônômica

**ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO PARA A PRODUÇÃO DE LEITE NO ESTADO DE  
SÃO PAULO BASEADO NA ENTALPIA ESPECÍFICA DO AR**

**Joana Beatriz Bellas Frankin**

Monografia apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP como parte das exigências para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

**Piracicaba**

**2017**

**Joana Beatriz Bellas Frankin**  
**Graduanda em Engenharia Agrônômica**

**ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO PARA A PRODUÇÃO DE LEITE NO ESTADO DE  
SÃO PAULO BASEADO NA ENTALPIA ESPECÍFICA DO AR**

Orientador:

Prof. Dr. **IRAN JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA**

Monografia apresentada à Escola Superior de  
Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP como  
parte das exigências para a obtenção do Grau de  
Bacharel em Engenharia Agrônômica.

**Piracicaba**

**2017**

**“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,  
mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre  
aquilo que todo mundo vê.”**

Arthur Schopenhauer

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>10</b>
2.1. A produção de leite	10
2.3. Condições de Conforto Térmico	11
2.3.1. Índice de Temperatura e Umidade	12
2.3.2. Entalpia Específica	12
2.4. Zoneamento Bioclimático	12
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>13</b>
4.1. Obtenção dos Dados	13
4.1.1. Determinação dos municípios com a maior produção do estado	13
4.1.2. Escolha do período e da base de dados a ser utilizada	14
4.1.3. Obtenção das coordenadas geográficas e conversão para valores decimais	16
4.1.4. Cálculo da Pressão Atmosférica dos municípios	17
4.1.5. Obtenção dos valores médios mensais de temperatura e umidade relativa	17
4.1.6. Cálculo do índice de Entalpia Específica dos municípios	18
4.2. Confecção dos Mapas	18
4.2.1. Obtenção dos mapas base	18
4.2.2. Divisão dos municípios em Mesorregiões	19
4.2.3. Grade Amostral	19
4.2.4. Interpolação e geração de imagens	20
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>21</b>
5.1. Comparação dos pontos da grade amostral com as respectivas produções de leite por mesorregião	21
5.2. Classificação geral do estado quanto aos intervalos de conforto	22
5.3. Mapas	24
5.3.1. Mapas obtidos para os meses quentes	24
5.3.1. Mapas obtidos para os meses frios	27
5.3.2. Mesorregiões que apresentam as melhores condições para a produção de acordo com o índice de entalpia específica	32
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>32</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>34</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>37</b>
ANEXO 01: TRANSFORMAÇÕES DE COORDENADAS	37
ANEXO 02: MAPAS DE ENTALPIA ORGANIZADOS POR MESES DO ANO	38

## RESUMO

Fatores como temperatura e umidade relativa do ar são os principais responsáveis pelo estresse térmico em bovinos leiteiros. O índice de entalpia específica alia essas principais variáveis a fim de determinar o grau de conforto em determinada localidade. Esta pesquisa visou propor uma metodologia de avaliação do zoneamento bioclimático para produção de leite no estado de São Paulo utilizando a o índice de entalpia específica do ar como indicativo de conforto. A geração dos mapas foi feita utilizando uma grade amostral de 129 cidades produtoras de leite do estado, para a geração dos mapas mensais para todo o território do estado foi realizada a interpolação utilizando o software Surfer 15®. Os mapas obtidos indicam que há boas condições climáticas para o desenvolvimento da bovinocultura de leite no estado de São Paulo em grande parte de sua área durante todos os períodos do ano. As regiões com melhor potencial para a produção de bovinos leiteiros foram: Campinas, Piracicaba, Araraquara, Bauru, Marília e Assis.

**Palavras-chave:** Índices de Conforto Animal; Entalpia; Geoprocessamento; Conforto Térmico; Bovinocultura; Ambiência; Bem-estar Animal

## **ABSTRACT**

Factors such as temperature and relative humidity are the main factors responsible for thermal stress in dairy cattle. The specific enthalpy index aligns these main variables in order to determine the degree of comfort in a certain locality. This research aimed to propose a methodology for the evaluation of bioclimatic zoning for milk production in the state of São Paulo using the specific enthalpy index of the air as indicative of comfort. The generation of the maps was done using a sampling grid of 129 milk producing cities. For the generation of the monthly maps for the entire territory of the state, the interpolation was performed using Surfer 15® software. The resulting maps showed that there is good climatic conditions for the development of milk cattle in the state of São Paulo in much of its areas during all periods of the year. The regions with the best potential to produce dairy cattle were: Campinas, Piracicaba, Araraquara, Bauru, Marília and Assis.

**Keywords:** Animal Comfort Indexes; Enthalpy; Geoprocessing; Thermal comfort; Cattle; Ambience; Animal Welfare

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Representação do estado com os 129 municípios utilizados para a análise de dados representados por circunferências de cor verde.....	19
<b>Figura 2:</b> Subdivisão dos municípios da grade amostral nas mesorregiões do estado de São Paulo.....	21
<b>Figura 3:</b> Comportamento gráfico da entalpia durante 12 meses.....	23
<b>Figura 4:</b> Mapa de Zoneamento obtido para o mês de janeiro.....	24
<b>Figura 5:</b> Mapa de Zoneamento obtido para o mês de fevereiro.....	25
<b>Figura 6:</b> Mapa de Zoneamento obtido para o mês de março.....	26
<b>Figura 7:</b> Mapa de Zoneamento obtido para o mês de novembro.....	26
<b>Figura 8:</b> Mapa de Zoneamento para o mês de dezembro.....	27
<b>Figura 9:</b> Mapa de Zoneamento obtido para o mês de abril.....	28
<b>Figura 10:</b> Mapa de Zoneamento obtido para o mês de maio.....	28
<b>Figura 11:</b> Mapa de Zoneamento obtido para o mês de junho.....	29
<b>Figura 12:</b> Mapa de Zoneamento obtido para o mês de julho.....	29
<b>Figura 13:</b> Mapa de Zoneamento obtido para o mês de agosto.....	30
<b>Figura 14:</b> Mapa de Zoneamento obtido para o mês de setembro.....	30
<b>Figura 15:</b> Mapa de Zoneamento obtido para o mês de outubro.....	31

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Municípios com participação maior que 0,3% na produção de leite do estado de São Paulo selecionadas para este estudo.....	13
<b>Tabela 2:</b> Dados de temperatura e umidade relativa obtidos para a localidade de Araras, região de Campinas durante 30 anos.....	17
<b>Tabela 3:</b> Resultados obtidos para entalpia específica da localidade de Araras durante 12 meses.....	18
<b>Tabela 4:</b> Municípios selecionados para compor a grade amostral.....	20
<b>Tabela 5:</b> Classificação de conforto térmico de vacas em lactação com base em entalpia específica. ....	20
<b>Tabela 6:</b> Subdivisão dos municípios nas mesorregiões do estado.....	22
<b>Tabela 7:</b> Valores médios mensais de entalpia para o estado de São Paulo.....	22



## 1. INTRODUÇÃO

A alta temperatura é um dos principais fatores influenciadores da produção de leite por vacas leiteiras, uma vez que sob condições de estresse o animal reduz significativamente sua produção. Segundo o MILKPOINT (2012) a produção de leite decai de 15 a 20% com o estresse térmico, e a eficiência reprodutiva pode cair até 40%.

A maioria das granjas leiteiras brasileiras utilizam raças de origem europeia de alta performance, para esses animais, segundo Nascimento et al. (2013), considera-se a zona de conforto térmico em uma faixa de temperatura entre 10 e 20° C, porém, Miranda & Freitas (2009) propõem faixas de conforto térmico para *Bos taurus* entre -1 e 21°C, para *Bos indicus* entre 10 e 32°C e para animais mestiços entre 5 e 31°C.

Neste contexto, a temperatura influirá sobre o comportamento e a fisiologia do animal, pois ocorrerão modificações desses aspectos para que o animal consiga reduzir o calor (ou o frio) e manter a temperatura corporal em uma zona de conforto (DALCIN, 2013).

Outro fator a ser observado no ambiente de produção é a umidade relativa do ar, esta influenciará na capacidade de transpiração do animal, dificultando a dissipação do calor (DALCIN, 2013).

Sendo assim, podem ser utilizados alguns índices para averiguar as condições de bem-estar desses animais de produção, tais como: Carga térmica radiante (CTR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), Índice de Estresse de Calor (WBGT), Índice de Temperatura Efetiva (TE), Índice de temperatura e umidade (THI) e o índice de entalpia específica do ar (h). O índice de temperatura e umidade vem sendo amplamente utilizado na realização de zoneamentos bioclimáticos de diversas finalidades, Turco et al. (2006) realizou o zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no Estado da Bahia e Oliveira et al (2006) utilizaram o mesmo índice para o zoneamento da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. Já o índice de entalpia foi utilizado por Tavares et al (2016) para realização de um zoneamento de todo o Brasil, porém com enfoque na produção de gado de corte.

A entalpia específica é um índice que tem um largo potencial de uso, uma vez que alia fatores de temperatura à umidade relativa e a pressão atmosférica e os princípios de psicrometria do ar.

Tendo em vista que, o estado de São Paulo foi responsável pela produção de 10,8% do total de leite produzido sob inspeção e é o segundo maior produtor da região sudeste (CONAB, 2016), este trabalho visou realizar o zoneamento bioclimático para a produção de leite no estado de São Paulo.

Para isso, foi utilizado o índice de entalpia específica como indicativo de conforto afim de demonstrar potenciais áreas de exploração que apresentem faixas de entalpia apropriadas à atividade. O levantamento foi realizado por meio da determinação dos principais pontos de produção do Estado, com a finalidade de gerar mapas que demonstrem o comportamento espacial da variável analisada durante o ano, afim de prever as condições de conforto da região.

Este trabalho teve por objetivo propor uma metodologia de avaliação do zoneamento bioclimático para produção de leite no estado de São Paulo utilizando a o índice de entalpia específica do ar como indicativo de conforto.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. A produção de leite**

De acordo com a EMBRAPA (2017) o leite é um dos produtos mais importantes da agropecuária brasileira, ultrapassando produtos tradicionais como o café beneficiado e até mesmo o arroz. Além disso, o agronegócio do leite e seus derivados desempenham um papel relevante no suprimento de alimentos, na renda da população e na geração de empregos.

Segundo a FAOSTAT em 2014 foram produzidos 653 bilhões de litros de leite no mundo, sendo que o Brasil é o quarto maior produtor com uma produção de 35 bilhões de litros e um consumo *per capita* de 175 litros/habitante/ano segundo dados da CONAB (2016).

No entanto, é importante destacar que a produtividade do país é relativamente baixa, estando na faixa de 1709 litros/vaca/dia (IBGE, 2016). Pode-se observar também grande disparidade entre os estados brasileiros, enquanto que estados como Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná apresentam alta produtividade, 3157, 2916 e 2787 litros/vaca/ano respectivamente, outros estados apresentam produtividade amplamente menor, como é o caso de Roraima e do Amazonas que apresentaram 347 e 473 litros/vaca/dia respectivamente (IBGE, 2016).

Regionalmente, segundo dados do IBGE/MILKPOINT (2015), a produção de leite brasileira se divide da seguinte forma: Região Sul (responsável por 34,7% da

produção total); Região Sudeste (34,5%); Centro-Oeste (14,1%); Nordeste (11,1%) e Norte (5,5%).

Segundo levantamento do IBGE/MILKPOINT (2014a), dos 200 municípios brasileiros com a maior produtividade, 12 deles se localizam no estado de São Paulo.

### **2.3. Condições de Conforto Térmico**

A condição de conforto térmico é determinada por um balanço térmico nulo, ou seja, todo o calor produzido pelo animal mais o que é adquirido do ambiente é eliminado pelos processos físicos e fisiológicos envolvidos no controle da temperatura corporal como a transpiração, condução e evaporação, por exemplo (SILVA, 1998). Neste contexto, a zona de conforto também pode ser entendida como uma zona de termoneutralidade compreendida entre o intervalo de temperatura ótima para a produção (máxima e mínima) (NAAS,1989). Na zona de termoneutralidade o animal não apresentará, portanto, gastos energéticos com o sistema termorregulador, seja para gerar ou dissipar calor. Isso implica máxima eficiência da produção (MILKPOINT, 2017).

Segundo Baccari Junior (1998), a condição de neutralidade é estabelecida quando a temperatura se compreende em um valor superior à temperatura crítica inferior (TCI) e abaixo da temperatura crítica superior (TSC). O autor afirma ainda que abaixo da TCI o animal sofrerá estresse por frio e acima da TCS estresse por calor.

Quanto às vacas em lactação ainda há divergência entre autores sobre qual intervalo efetivamente compreenderia a zona de conforto (MILKPOINT, 2017). A maioria das granjas leiteiras brasileiras utilizam raças de origem europeia de alta performance, para esses animais, segundo Nascimento et al. (2013), considera-se a zona de conforto térmico em uma faixa de temperatura entre 10 e 20° C, porém, Miranda & Freitas (2009) propõem faixas de conforto térmico para *Bos taurus* entre -1 e 21°C, para *Bos indicus* entre 10 e 32°C e para animais mestiços entre 5 e 31°C.

Devido à localização geográfica do Brasil, é mais comum encontrar problemas de estresse causado por calor, ou seja, temperatura superiores à TCS (MILKPOINT, 2017).

### 2.3.1. Índice de Temperatura e Umidade

Em uma tentativa de utilizar todos os fatores do ambiente, os pesquisadores tentaram criar índices para aferir o conforto com mais acurácia, dentre eles se destaca o índice de temperatura e umidade (THI), inicialmente desenvolvido para seres humanos por Thom, em 1959, posteriormente foi associado à produção das vacas leiteira por Johnson em 1962 que percebeu que conforme havia aumento do THI havia uma queda na produção. (MILKPOINT, 2017).

O índice pode ser calculado da seguinte forma:

$$THI = T_s + 0,36 T_{po} + 41,2$$

Onde:  $T_s$  = temperatura do termômetro de bulbo seco ( $^{\circ}C$ );

$T_{po}$  = temperatura do ponto de orvalho ( $^{\circ}C$ ).

Segundo Garcia (2017), quando o valor de THI é igual a 72 é considerado o limiar entre o conforto térmico e o desconforto térmico para vacas leiteiras.

### 2.3.2. Entalpia Específica

Outro indicador de conforto térmico que pode ser utilizado é a entalpia específica. Por definição, a entalpia específica é a energia contida no ar úmido por unidade de massa de ar seco (kcal/Kg de ar seco ou Kj/Kg de ar seco) e segundo a equação adaptada Rodrigues et al. (2011) é calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$h = 1,006T + \frac{UR}{p_a} 10^{7,5T} 10^{237,3+T} (71,28 + 0,052T)$$

Onde:

$h$  = Entalpia específica (kJ/kg de ar seco)

$T$  = Temperatura do ar ( $^{\circ}C$ )

$p_a$  = Pressão atmosférica (mmHg)

$UR$  = Umidade Relativa (%)

## 2.4. Zoneamento Bioclimático

O Zoneamento Bioclimático segundo Bagnati (2013) consiste do resultado geográfico do cruzamento entre três tipos de dados: zonas de conforto térmico, dados climáticos e estratégias de projeto e construção buscando o conforto térmico. Ou seja, o zoneamento atua como uma ferramenta indicadora das condições do ambiente em relação ao desenvolvimento de uma atividade, contribuindo para a elaboração de estratégias para contornar aspectos climáticos que possam ser prejudiciais ao

desenvolvimento desta. Também é utilizado como ferramenta de análise para a concessão de financiamentos e seguros para atividades agropecuárias.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Núcleo de Pesquisa em Ambiente (NUPEA) pertencente ao Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” durante o segundo semestre do ano de 2017.

##### 4.1. Obtenção dos Dados

##### 4.1.1. Determinação dos municípios com a maior produção do estado

Para a determinação das localidades a serem utilizadas como pontos amostrais para o zoneamento, utilizou-se como base o ‘Levantamento da Produção Municipal de Leite – Perfil da Pecuária Municipal do Estado de São Paulo’ realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2015).

Os dados foram filtrados utilizando a participação (%) de cada município na produção de leite no estado. A definição dos municípios a serem utilizadas foi realizada com base na contribuição à produção estadual, foram selecionados todos os municípios que apresentaram produção maior ou igual a 0,3%. Ao final da análise foram selecionados 129 municípios do estado de um total de 610 municípios produtores, o que representou 63,1% da produção do estado. Na tabela 01, são apresentados os municípios selecionados para esse estudo.

**Tabela 1:** Municípios com participação maior que 0,3% na produção de leite do estado de São Paulo selecionadas para este estudo.

Municípios Selecionados			
Álvares Florence	Meridiano	Fernandópolis	Redenção da Serra
Amparo	Mirandópolis	Franca	Rifaina
Andradina	Mirante do Paranapanema	Gastão Vidigal	Riversul
Angatuba	Mirassolândia	General Salgado	Rosana
Araras	Mococa	Glicério	Santa Albertina
Areias	Moji Mirim	Guaraçai	Santa Cruz do Rio Pardo
Auriflama	Nhandeara	Guararapes	Santa Isabel
Avaré	Nova Castilho	Guaratinguetá	Santa Rita do Passa Quatro
Bananal	Nova Granada	Guareí	Santo Anastácio
Bernardino de Campos	Onda Verde	Herculândia	Santo Antônio da Alegria
Birigui	Oscar Bressane	Indiaporã	São Carlos
Botucatu	Ouroeste	Ipiguá	São João da Boa Vista

Municípios Selecionados			
Bragança Paulista	Palestina	Itaberá	São José da Bela Vista
Buri	Palmeira d'Oeste	Itaí	São José do Barreiro
Buritama	Paraibuna	Itapetininga	São José do Rio Pardo
Caçapava	Paranapanema	Itapeva	São José dos Campos
Cachoeira Paulista	Parisi	Itaporanga	São Luís do Paraitinga
Cajuru	Patrocínio Paulista	Itararé	São Miguel Arcanjo
Campinas	Paulo de Faria	Itatiba	São Pedro
Capão Bonito	Pedranópolis	Itatinga	São Pedro do Turvo
Casa Branca	Pedregulho	Itirapuã	São Sebastião da Gramma
Castilho	Pedreira	Jales	Silveiras
Cerqueira César	Pindamonhangaba	José Bonifácio	Socorro
Conchas	Piracaia	Lagoinha	Tambaú
Cristais Paulista	Piracicaba	Laranjal Paulista	Tanabi
Cruzeiro	Potirendaba	Lavínia	Tapiratiba
Cunha	Presidente Bernardes	Lins	Taquarituba
Descalvado	Presidente Venceslau	Lorena	Taubaté
Divinolândia	Promissão	Macedônia	Teodoro Sampaio
Espirito Santo do Pinhal	Quadra	Marília	Tupi Paulista
Estrela d'Oeste	Quatá	Martinópolis	Valentim Gentil
Euclides da Cunha Paulista	Queluz	Vargem Grande do Sul	Rancharia
Fartura			

#### 4.1.2. Escolha do período e da base de dados a ser utilizada

Para o cálculo do índice de entalpia específica foi necessário obter os valores médios de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e pressão atmosférica (mmHg), característicos para cada localidade. Para que este dado seja significativo

nessa a análise foi necessário fazer o uso de um valor denominado normal climatológica.

A normal climatológica, segundo a *World Meteorological Organization* (Organização Mundial de Meteorologia) – WMO (2017), consiste das médias aritméticas simples calculadas com intervalos uniformes e longos compreendendo ao menos três décadas consecutivas. Ainda segundo a WMO (2017), as normais climatológicas apresentam duas principais funções: 1) fornecer valores de referências para comparações e 2) ser indicador das condições climáticas encontradas em determinada localidade. Para a realização deste trabalho foram utilizadas as normais climatológicas mensais dos municípios selecionados como forma de caracterizar as condições encontradas ao longo do ano.

#### **4.1.2.1. Definição da base de dados**

A gama de opções para a obtenção de variáveis meteorológicas é ampla e de fácil acesso. Pode-se obter esses dados de estações meteorológicas de várias localidades do Brasil no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Neste levantamento de dados, optou-se pela utilização da base de dados pertencente ao projeto “Previsão de Recursos Energéticos Mundiais” (*Prediction of Worldwide Energy Resource - POWER*) da “Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço” (*National Aeronautics and Space Administration – NASA*), uma vez que, algumas das localidades selecionadas (vide tabela 1) na grade amostral não apresentavam estações meteorológicas com dados disponíveis no site do INPE.

O banco de dados NASA/POWER, por sua vez, dá acesso aos dados diários de variáveis meteorológicas como: temperatura, umidade relativa, temperatura dos pontos de orvalho e de geada, precipitação média e velocidade do vento tendo por base as coordenadas geográficas da localidade. Os dados disponíveis são globais, e apresentam distribuição em uma grade de 1° de latitude por 1° de longitude (NASA/POWER, 2017). Ao acessar o banco de dados meteorológicas, pede-se como variáveis de entrada o período em anos que se deseja obter os dados (sendo que estão disponíveis dados diários a partir do ano de 1983-atual) e a latitude e longitude do local desejado.

#### **4.1.2.2. Definição do Período da Análise:**

Para a obtenção das normais, foram utilizados, os valores de 30 anos contados a partir do último ano de dados completos. Ou seja, como não havia a presença dos dados dos 365 dias do ano de 2017 até o momento de início das análises, utilizou-se a contagem até o último ano civil completo, portanto o intervalo utilizado então foi de 1986 a 2016.

#### **4.1.3. Obtenção das coordenadas geográficas e conversão para valores decimais.**

As coordenadas geográficas determinam a localização de um determinado ponto tendo um sistema de referências geográficas: os paralelos e os meridianos. Os meridianos, são linhas imaginárias que cortam o planeta no sentido norte (N) – sul (S), ou seja, na vertical. Sendo assim, a posição de uma localidade quando determinada com base nos meridianos (longitude) pode assumir valores que de 0 a 180° no sentido Leste (E) - Oeste (W), assumindo valores positivos para o hemisfério oriental e negativos para o hemisfério ocidental. Já os paralelos, são as linhas imaginárias que cortam o planeta no sentido E-W, ou seja, na horizontal. Sendo assim, a posição da localidade determinada pelos paralelos (latitude) irá assumir valores de 0 a 90° no sentido N-S, sendo os valores positivos para o hemisfério norte e negativos para o hemisfério sul (DI MAIO, 2017).

Para a obtenção de coordenadas geográficas é necessário que exista um sistema de referência terrestre ou geodésico. Esse sistema comumente está associado a uma superfície que se assemelha à forma da terra e onde são desenvolvidos todos os cálculos de coordenadas (IBGE, 2017a). Atualmente no Brasil o sistema de referência adotado é o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS2000.

As coordenadas geográficas dos municípios foram obtidas utilizando-se o site APOLO11 (<http://www.apolo11.com/latlon.php?uf=sp&cityid=4878>), que apresenta um banco de coordenadas geográficas (em graus sexagesimais – SIRGAS2000) e altitude para todos os municípios dos estados do Brasil. Foi realizada a busca individual e os valores encontrados foram tabelados para uso posterior.

O banco NASA/POWER somente aceita dados de coordenadas em valores decimais, por isso, necessitou-se realizar a conversão dos valores obtidos pelo APOLO11 em graus decimais. (Processo de transformação exemplificado no anexo



l). O procedimento foi realizado para os valores de latitude e longitude de todos as localidades analisadas.

#### 4.1.4. Cálculo da Pressão Atmosférica dos municípios

As pressões atmosféricas foram calculadas utilizando os valores de altitude de cada um dos municípios utilizando a equação proposta por Allen et al (1998):

$$Pa = 101,3 \times \left( \frac{293 - 0,0065 \times A}{293} \right)^{5,26}$$

Onde: Pa = Pressão atmosférica (kPa)

A = altitude (m)

Posteriormente, realizou-se a conversão dos valores de kPa para mmHg, considerando-se que 1 mmHg é equivalente a 133,322 Pa, sendo esse valor equivalente a 0,133322 kPa.

#### 4.1.5. Obtenção dos valores médios mensais de temperatura e umidade relativa

Após a obtenção dos dados do NASA/POWER, as médias mensais de foram obtidas por meio da função de tabela dinâmica do software Microsoft Excel®. A tabela abaixo representa a tabela final obtida para os dados do município de Araras, foram obtidos resultados semelhantes para as outras localidades analisadas. Observa-se na tabela, as normais obtidas na localidade para os doze meses durante o período de 1986-2016.

**Tabela 1:** Dados de temperatura e umidade relativa obtidos para a localidade de Araras, região de Campinas durante 30 anos.

CIDADE	MÊS	T° (°C)	UR (%)
Araras	Janeiro	23,7699	76,867
	Fevereiro	23,8905	75,285
	Março	23,2318	75,296
	Abril	21,9126	71,614
	Maiο	18,8893	70,071
	Junho	17,9348	65,593
	Julho	17,9972	61,616
	Agosto	20,3815	54,266
	Setembro	22,3401	56,281
	Outubro	23,6941	60,002
<b>Pa (mmHg)</b>	Novembro	23,2834	68,700
<b>701,5889</b>	Dezembro	23,6579	74,713

#### 4.1.6. Cálculo do índice de Entalpia Específica dos municípios

Para a obtenção dos valores de Entalpia de conforto para a produção de leite foi adotada a fórmula proposta por Rodrigues et al. (2011) em que o índice é calculado com a seguinte fórmula:

$$h = 1,006T + \frac{UR}{p_a} 10^{\frac{7,5T}{237,3+T}} (71,28 + 0,052T)$$

Onde:

h= Entalpia especifica (kJ/kg de ar seco)

T= Temperatura do ar (°C)

Pa = Pressão atmosférica (mmHg)

UR = Umidade Relativa (%)

O índice foi calculado com os dados mensais obtidos, sendo gerados 12 valores para cada uma das localidades, que foram agrupados para originar mapas mensais. Os resultados obtidos para as localidades foram exemplificados na Tabela 03.

**Tabela 2:** Resultados obtidos para entalpia especifica da localidade de Araras durante 12 meses.

Localidade	Mês	h (kJ/kg ar seco)
Araras	Janeiro	62,1909
	Fevereiro	61,8007
	Março	59,6575
	Abril	53,8703
	Mai	44,7869
	Junho	40,7619
	Julho	39,5321
	Agosto	42,4342
	Setembro	48,1540
	Outubro	53,5788
	Novembro	56,6348
	Dezembro	60,7525

## 4.2. Confeção dos Mapas

### 4.2.1. Obtenção dos mapas base

Para confeccionar um mapa que apresente a forma do estado foi necessária obtenção de uma mapa de base do estado bem como suas subdivisões no formato vetorial (mapa de pontos e linhas). Os mapas vetoriais, por sua vez, foram obtidos na base geodésica do IBGE (<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases->

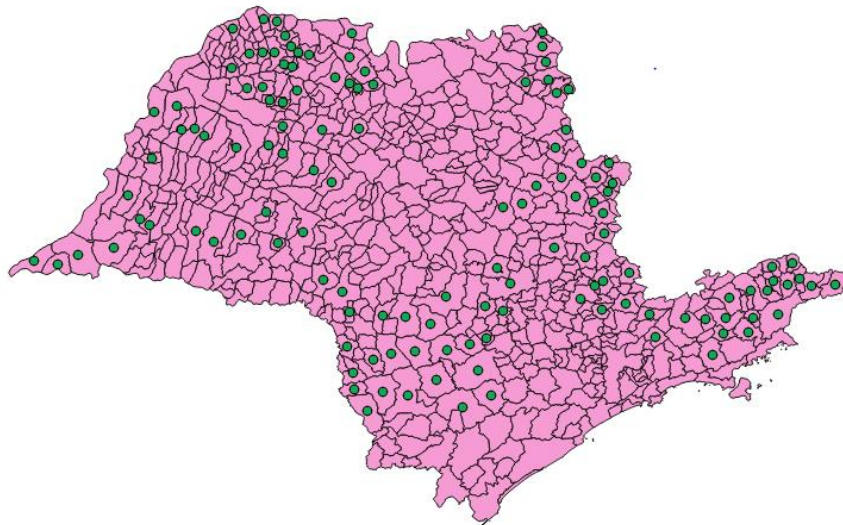
cartograficas/malhas-digitais.html), foram obtidos os mapas com a divisão do estado em municípios e a divisão em mesorregiões. Que posteriormente foram utilizados como mapas base para os mapas gerados pela interpolação.

#### 4.2.2. Divisão dos municípios em Mesorregiões

Para uma melhor visualização e análise dos dados, os municípios foram divididos de acordo com as mesorregiões do estado de São Paulo. O critério adotado foi proposto pelo IBGE (2017b) em que para a divisão do estado em mesorregiões, foi definida uma escala intermediária entre as unidades da federação e as regiões geográficas imediatas (municípios). As mesorregiões foram delimitadas incluindo as metrópoles ou capitais regionais determinadas no estudo de redes e hierarquia urbana: Regiões de Influência das Cidades (REGIC) realizado em 2007. Em casos onde não haviam metrópoles ou capitais regionais foram utilizados centros urbanos de menor dimensão que fossem representativos dos municípios em seu entorno. De modo geral, as regiões geográficas intermediárias (mesorregiões) organizam e articulam os municípios por meio de uma hierarquia superior.

#### 4.2.3. Grade Amostral

Conforme apresentado anteriormente, a grade amostral foi determinada a partir da contribuição municipal na produção de leite do estado. A figura 01 representa um mapa gerado pelo software QGis (v.2.18)® e apresenta os pontos de amostragem utilizados.



**Figura 1:** Representação do estado com os 129 municípios utilizados para a análise de dados representados por circunferências de cor verde.

Observa-se que a grade amostral não apresenta uniformidade, sendo, portanto, caracterizada como aleatória.

Para garantir que os dados interpolados atingissem todos os limites do estado foram selecionadas quatro cidades localizadas nas divisas das unidades da federação (UF), sendo elas representadas na tabela 04.

**Tabela 3:** Municípios selecionados para compor a grade amostral.

Município	UF	Latitude	Longitude	Pa (mmHg)
Iturama	MG	-19,716 S	-50,345 W	720,498
Taquarussu	MS	-22,670 S	-53,431 W	735,658
Guaraqueçaba	PR	-25,235 S	-48,367 W	758,040
Rio Claro	RJ	-22,782 S	-44,079 W	721,093

#### 4.2.4. Interpolação e geração de imagens

A geração dos mapas foi realizada utilizando o software SURFER 15®.

Foram inseridos como dados de entrada as coordenadas x e y dos pontos e a entalpia obtida pelos cálculos. Para melhorar a análise destes dados foi realizada no software a interpolação pelo método da Krigagem ordinária, ou seja, para a obtenção dos valores de pontos não amostrados utilizou-se os valores dos pontos amostrados, considerando-se a dependência espacial entre amostragens próximas ao ponto (Tavares et al, 2016). Baseando-se nas zonas de termoneutralidade e nas faixas limites dos níveis de conforto dos animais, os mapas foram classificados com cores características de acordo com os intervalos de conforto propostos por Garcia (2017) representados na tabela abaixo.

**Tabela 4:** Classificação de conforto térmico de vacas em lactação com base em entalpia específica. FONTE: Adaptado de Garcia, 2017.

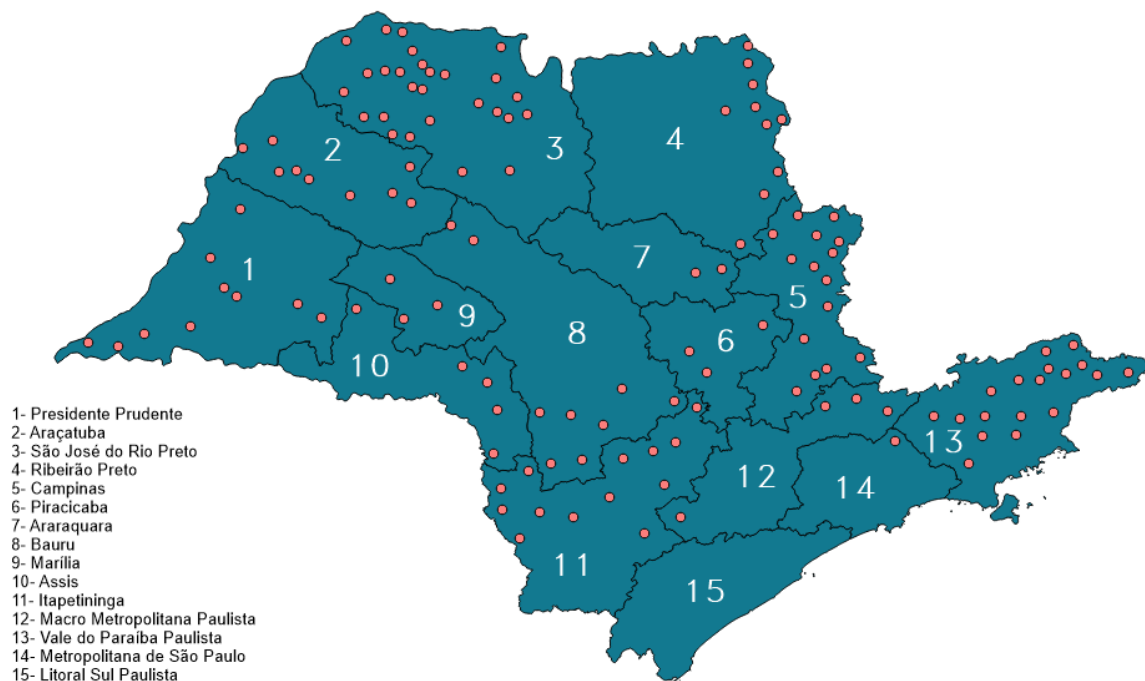
Tbs (°C)	UR (%)	h (kJ/kg de ar seco)	Classificação	Legenda
Tbs<5	UR<30	H<9,0	Zona Crítica	Vermelho
5≤Tbs<12	30≤Tbs<50	9,0≤H<22,9	Termoneutra	Amarelo
12≤Tbs<18	50≤Tbs<70	22,9≤H<40,5	Zona Ótima	Verde
18≤Tbs<25	70≤Tbs<80	40,5≤H<64,7	Termoneutra	Amarelo
Tbs≥25	Tbs ≥ 80	H ≥ 64,7	Zona Crítica	Vermelho

Com base nesta tabela foram obtidos mapas mensais para estado de São Paulo, representando as condições de conforto para a produção de leite.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Comparação dos pontos da grade amostral com as respectivas produções de leite por mesorregião

Em um primeiro momento analisou-se a representatividade da grade amostral em relação à regionalização da produção no estado através da divisão dos pontos de acordo com as mesorregiões. O mapa abaixo, gerado pelo software QGis (v.2.18)®, apresenta as localidades subdividas para facilitar a análise do número de amostra e sua relação à produção de leite encontrada por mesorregião a fim de comparar o número de pontos amostrado à produção.



**Figura 2:** Subdivisão dos municípios da grade amostral nas mesorregiões do estado de São Paulo.

Na tabela 06 foi possível verificar as mesorregiões e os respectivos números de municípios selecionados considerando o critério de 0,3% da produção de leite estadual. Conforme a divisão dos pontos amostrados, foi possível observar a

subdivisão dos municípios nas mesorregiões do estado, com seus respectivos números de amostras e produção de leite.

**Tabela 6:** Subdivisão dos municípios nas mesorregiões do estado.

Região	Número de Amostras (n=129)	Produção de Leite (em mil litros) Fonte: IBGE/MILKPOINT, 2014b
Presidente Prudente	10	188.312
Araçatuba	9	123.404
São José do Rio Preto	27	288.153
Ribeirão Preto	10	145.347
Campinas	15	251.857
Piracicaba	3	68.334
Araraquara	2	36.865
Bauru	9	114.091
Marília	3	38.366
Assis	5	68.398
Itapetininga	13	111.679
Macro Metropolitana Paulista	4	64.962
Vale do Paraíba Paulista	18	257.159
Metropolitana de São Paulo	1	12.160
Litoral Sul Paulista	0	7.475

Observou-se com base na tabela 06 que as mesorregiões com maior produção de leite foram as de São José do Rio Preto, seguida pelo Vale do Paraíba Paulista e da região de Campinas. Nota-se também que a seleção dos pontos de amostragem foi bem-sucedida uma vez que, essas regiões são as que apresentam um maior número de municípios amostrados nessa avaliação.

## 5.2. Classificação geral do estado quanto aos intervalos de conforto

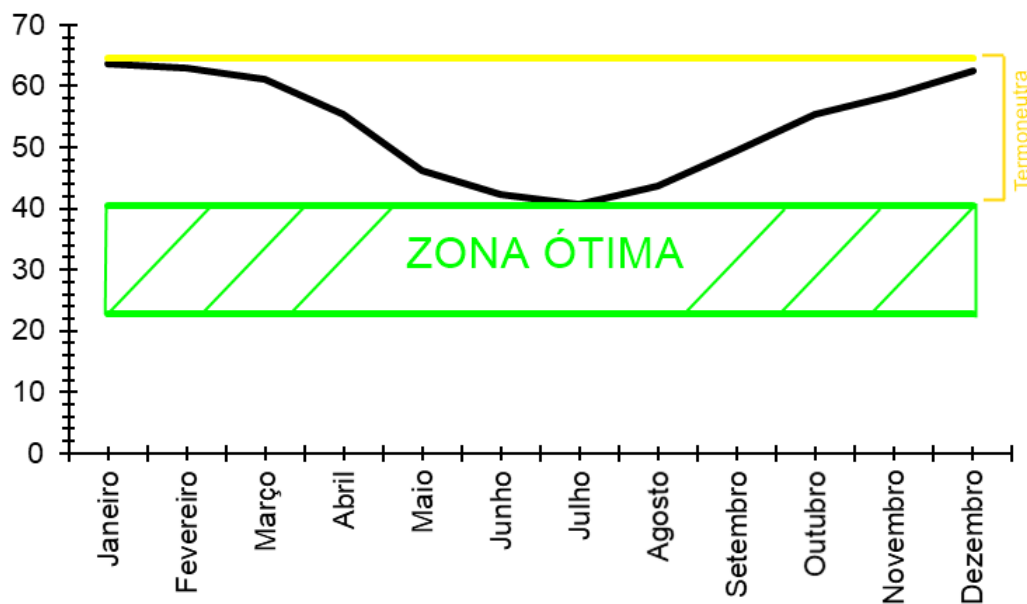
Na tabela 07 estão representados os valores médios mensais de entalpia específica para os municípios avaliados, juntamente com as normais climatológicas (médias de dados de 30 anos) obtidas para a temperatura e umidade relativa do estado.

**Tabela 7:** Valores médios mensais de entalpia para o estado de São Paulo.

Mês	Tbs (°C)	UR (%)	Média de h (kJ.kg <sup>-1</sup> ar seco)	Classificação (GARCIA, 2007)
Janeiro	24,26	77,17	63,614	Termoneutra
Fevereiro	24,27	76,03	63,083	Termoneutra
Março	23,63	76,38	61,128	Termoneutra
Abril	22,53	71,96	55,502	Termoneutra
Maiο	19,72	68,73	46,141	Termoneutra
Junho	18,96	63,80	42,303	Termoneutra

Mês	Tbs (°C)	UR (%)	Média de h (kJ.kg <sup>-1</sup> ar seco)	Classificação (GARCIA, 2007)
Julho	19,09	58,90	40,732	Termoneutra
Agosto	21,48	52,53	43,786	Termoneutra
Setembro	23,30	55,12	49,479	Termoneutra
Outubro	24,37	60,84	55,431	Termoneutra
Novembro	23,92	69,53	58,645	Termoneutra
Dezembro	24,19	75,29	62,423	Termoneutra

Utilizando a classificação proposta por Garcia (2017), nota-se que em todos os meses do ano, os valores permaneceram dentro da faixa de termoneutralidade, o que pode indicar que o estado tem condições climáticas favoráveis ao conforto de bovinos leiteiros na grande maioria de suas regiões. Observa-se que os maiores valores encontrados se deram nos meses de dezembro (62,423 kJ.kg<sup>-1</sup>ar seco), janeiro (63,614 kJ.kg<sup>-1</sup>ar seco) e fevereiro (63,083 kJ.kg<sup>-1</sup>ar seco), o que seria esperado por se tratar de meses de verão. Também, pode-se observar que no inverno, foram obtidos os menores valores de entalpia sendo que em junho, julho e agosto foram obtidos respectivamente: 42,303 kJ.kg<sup>-1</sup>ar seco; 40,732 kJ.kg<sup>-1</sup>ar seco e 43,786 kJ.kg<sup>-1</sup>ar seco. Nas estações da primavera (março, abril e maio) observou-se a redução gradual da entalpia enquanto que no outono (setembro, outubro e novembro) houve o aumento gradual. Esse comportamento pode ser exemplificado na figura 3.



**Figura 3:** Comportamento gráfico da entalpia específica para bovinos de leite durante 12 meses.

Na figura observa-se que a média de entalpia específica do estado se encontra acima dos limites de conforto propostos por Garcia (2017) e que ela se encontra na

zona de termoneutralidade para os dados obtidos das médias de todas as cidades em 30 anos. Nota-se também que nos meses de inverno (Junho e Julho) os valores de entalpia se aproximam mais da faixa ideal, o que pode ser em decorrência da queda de temperatura observada nesses meses em relação aos demais.

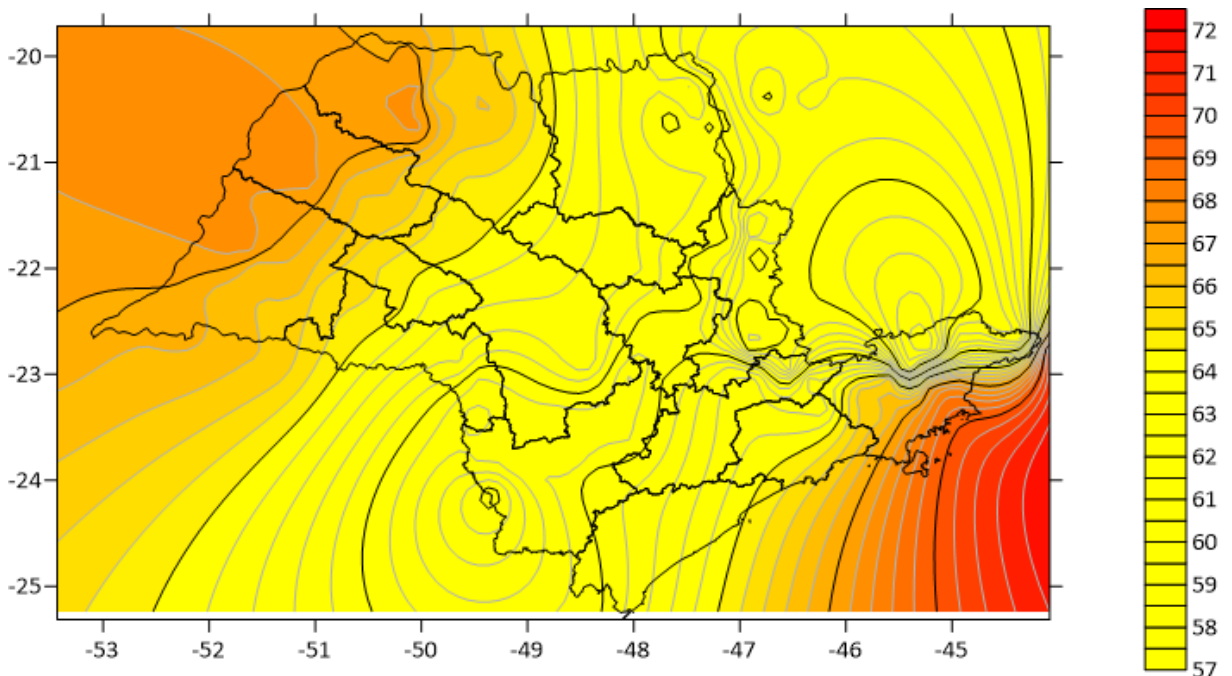
### 5.3. Mapas

Diante da metodologia utilizada, é apresentado abaixo o zoneamento bioclimático para o estado de São Paulo, para os respectivos meses: mais quentes (Janeiro, Fevereiro, Março, Novembro e Dezembro) e para os meses mais frios (Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro).

A discussão será realizada baseada na divisão em mesorregiões a fim de determinar as condições obtidas para cada uma das regiões (tanto produtoras ou com potencial de exploração) ao decorrer do ano com a finalidade de estabelecer quais seriam as regiões com maior aptidão à bovinocultura de leite.

#### 5.3.1. Mapas obtidos para os meses quentes

Abaixo estão representados os mapas para os meses: Janeiro, Fevereiro, Março, Novembro e Dezembro (Figuras 4, 5, 6, 7 e 8).

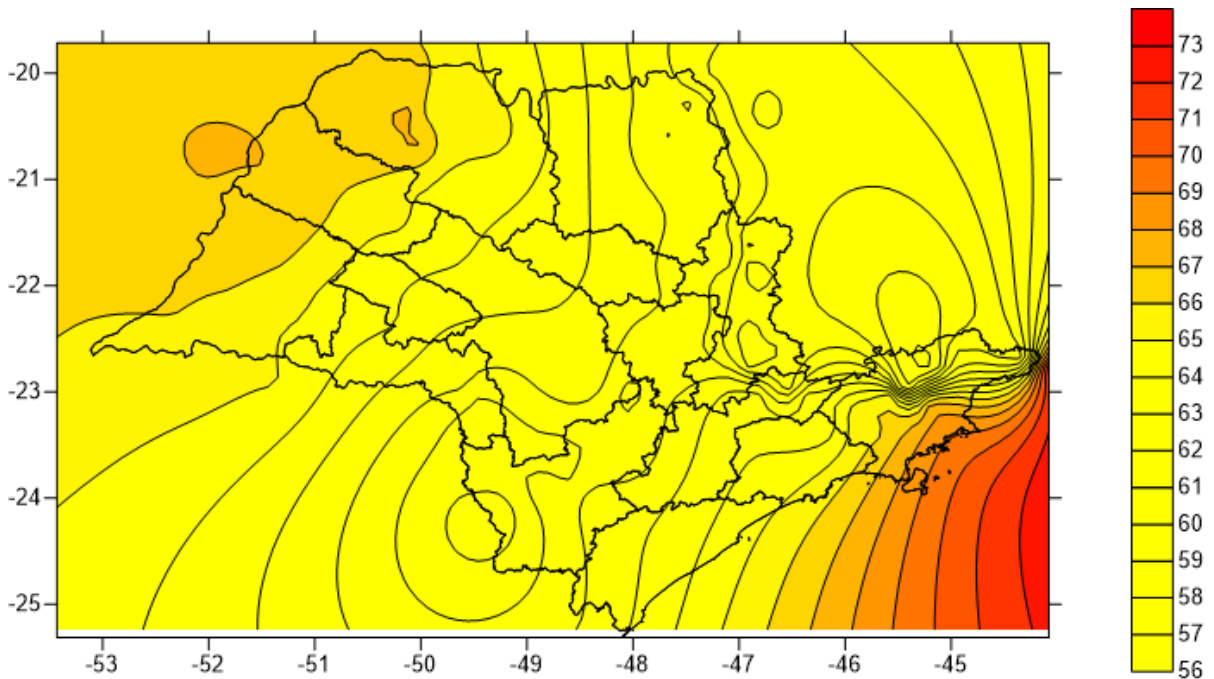


**Figura 4:** Mapa de Zoneamento obtido para o mês de janeiro.

Para o mês de janeiro, observou-se que as mesorregiões de Presidente Prudente, Araçatuba e São José do Rio Preto e Vale do Paraíba Paulista

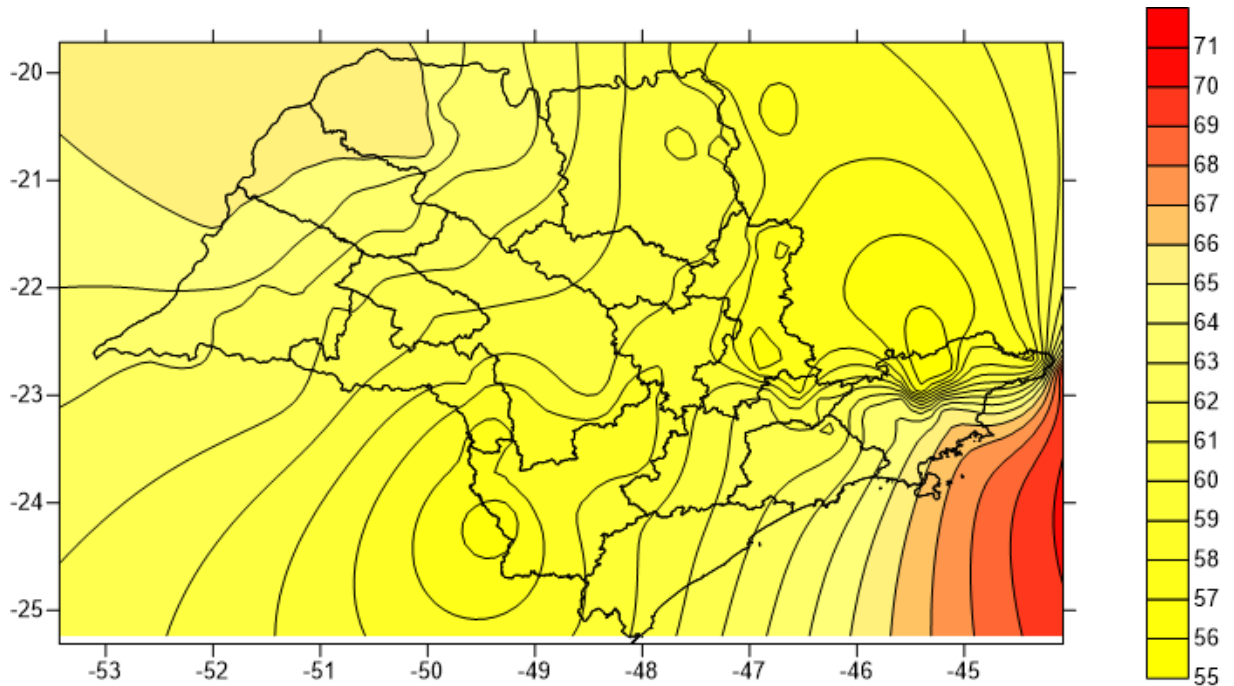


apresentaram valores de entalpia específica no intervalo de zona crítica superior o que indica que os animais em condições ambientais poderão estar sob condições de estresse térmico o que poderá ter impactos negativos na produção, uma vez que sob condições de estresse ocorrerá a redução na produção de leite devido ao aumento no consumo de água e redução no consumo de alimento que tem direta influência na função das glândulas mamárias ocasionando diminuição da produção (MILPOINT, 2012).



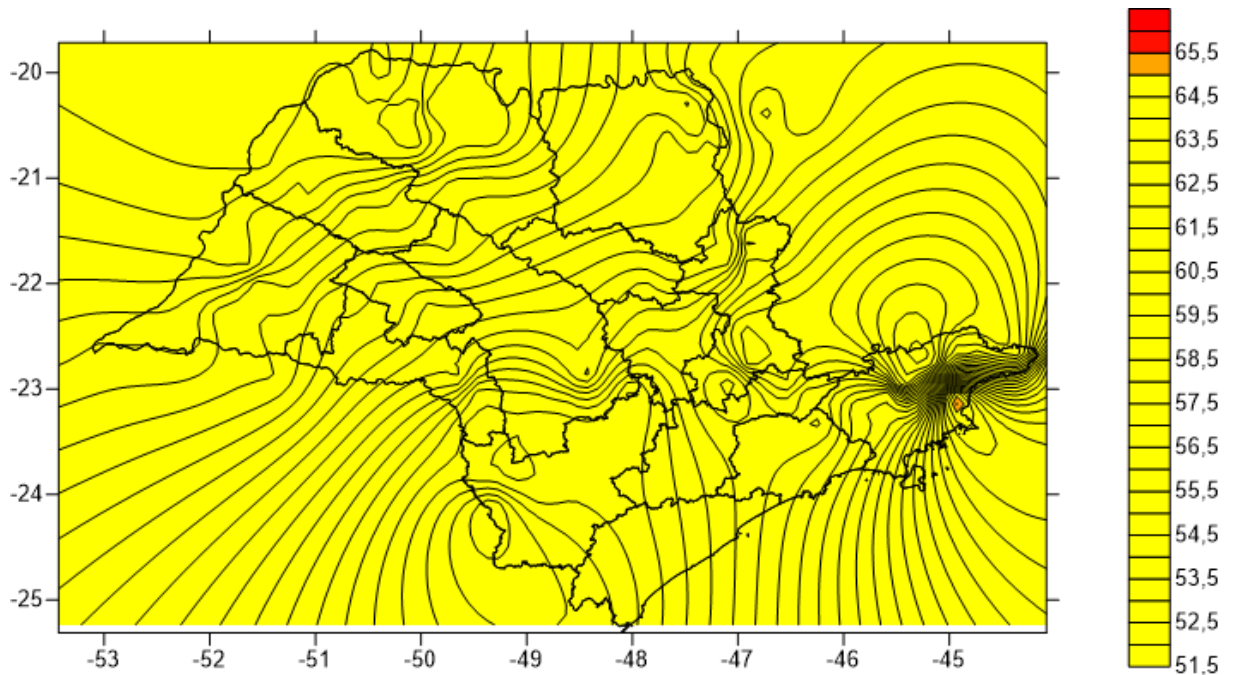
**Figura 5:** Mapa de Zoneamento obtido para o mês de fevereiro.

Já para o mês de fevereiro, observou-se que as mesorregiões de Presidente Prudente, Araçatuba, São José do Rio Preto e Vale do Paraíba Paulista bem como a porção sudeste da região de Metropolitana de São Paulo apresentam valores de entalpia específica no intervalo de zona crítica superior indicando possibilidade de estresse térmico por calor excessivo.



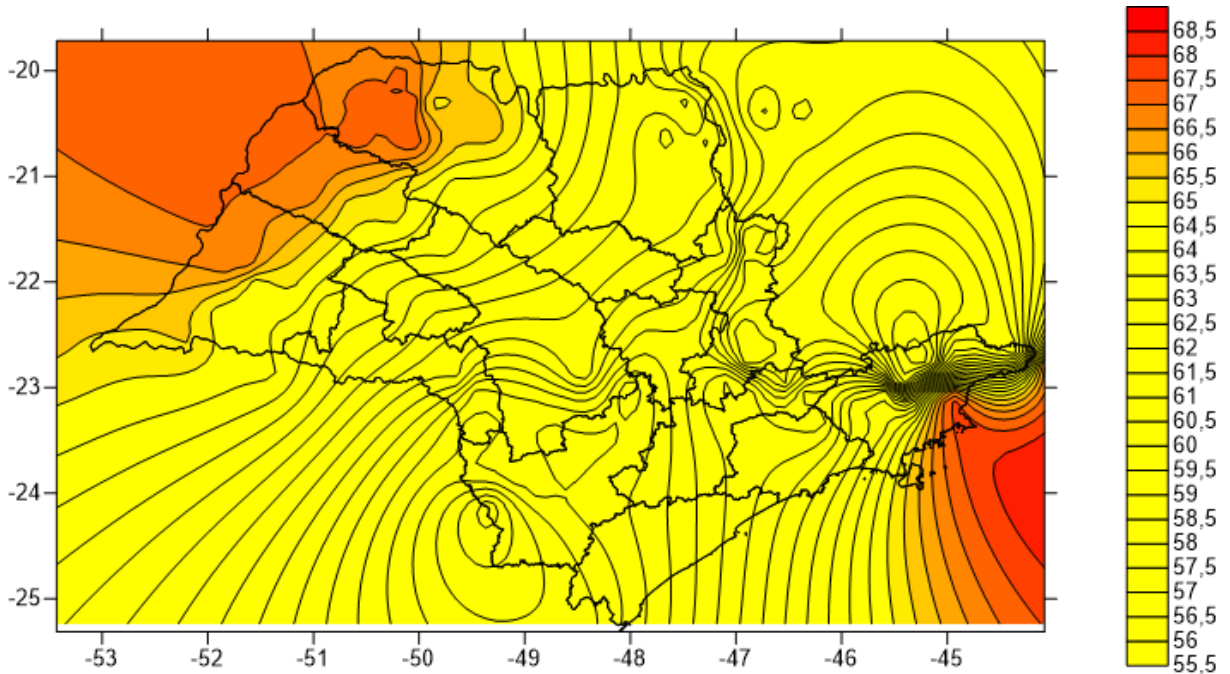
**Figura 6:** Mapa de Zoneamento obtido para o mês de março.

Para o mês de março, observa-se mudança nos valores encontrados de entalpia específica, sendo que há predominância de valores na zona termoneutra ( $40,5 \leq h < 64,7$ ). Porém, ainda se encontra valores de entalpia na zona crítica superior nas mesorregiões: Vale do Paraíba Paulista, Araçatuba e São José do Rio Preto.



**Figura 7:** Mapa de Zoneamento obtido para o mês de novembro.

No mês de novembro, quase a totalidade do estado se encontra em condições de termoneutralidade ( $40,5 \leq h < 64,7$ ), exceto leste da região do Vale do Paraíba Paulista, que apresenta valores elevados da variável avaliada.

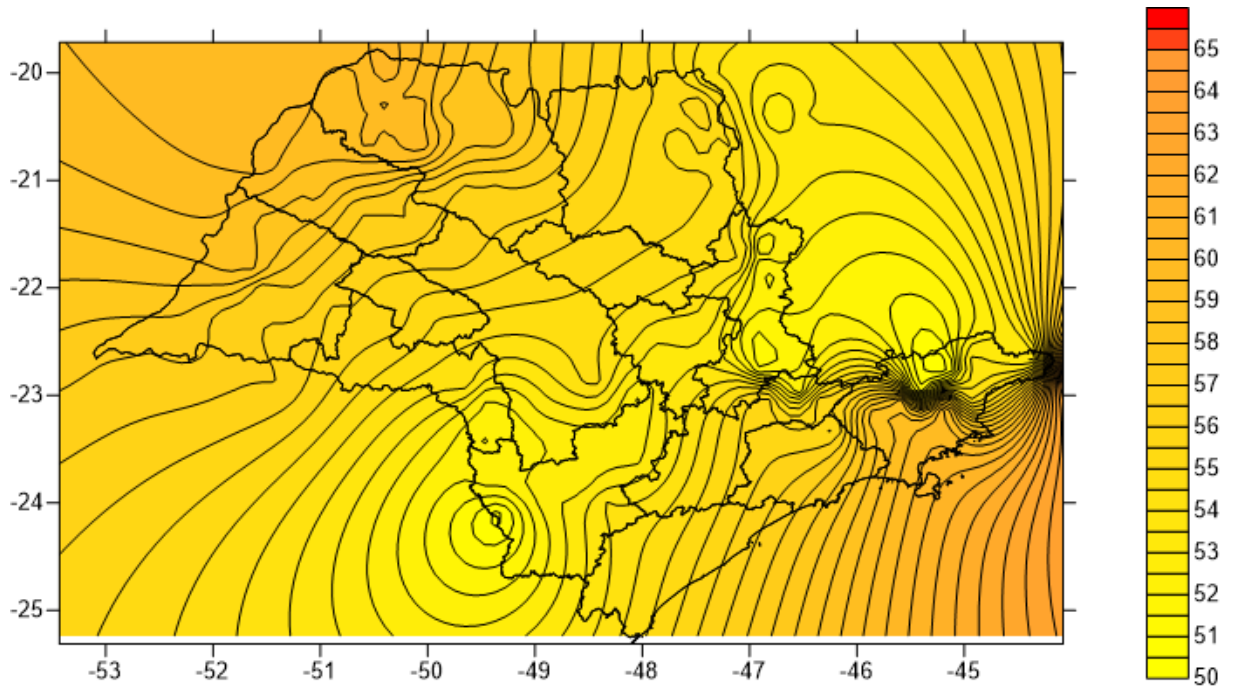


**Figura 8:** Mapa de Zoneamento para o mês de dezembro.

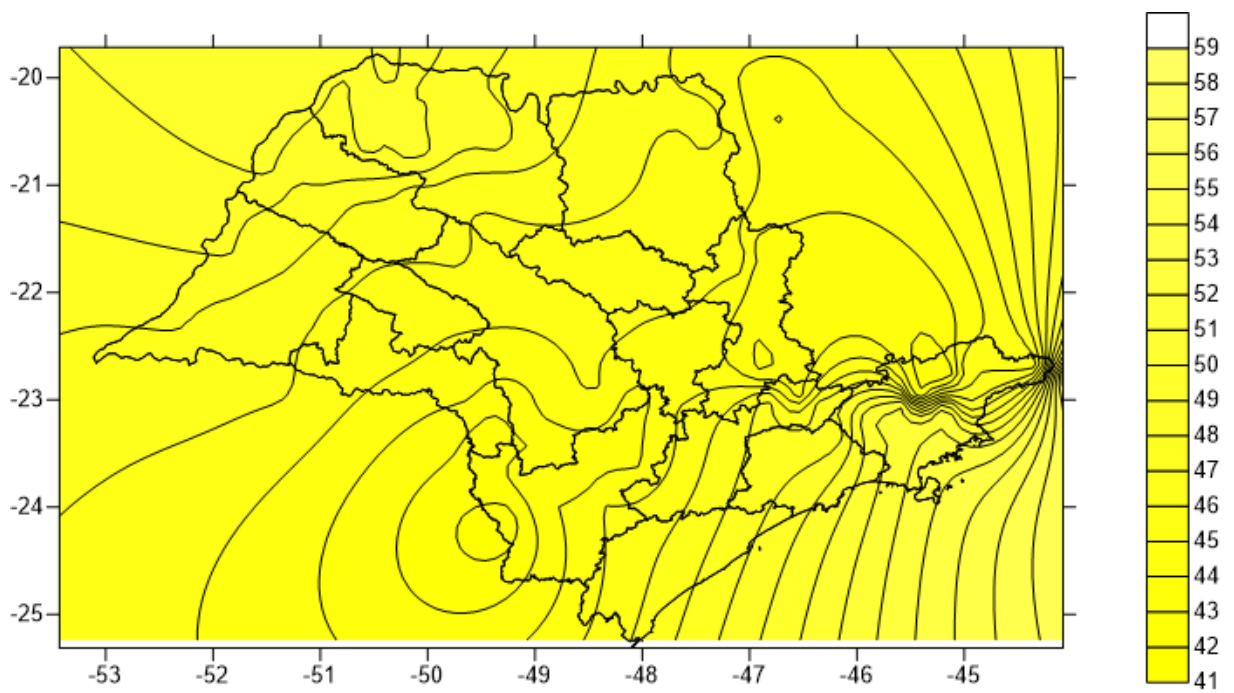
Para o mês de dezembro, observa-se uma situação semelhante à obtida para o mês de janeiro em que há presença de entalpia específica elevada nas regiões de Presidente Prudente, Araçatuba e São José do Rio Preto e Vale do Paraíba Paulista.

### 5.3.1. Mapas obtidos para os meses frios

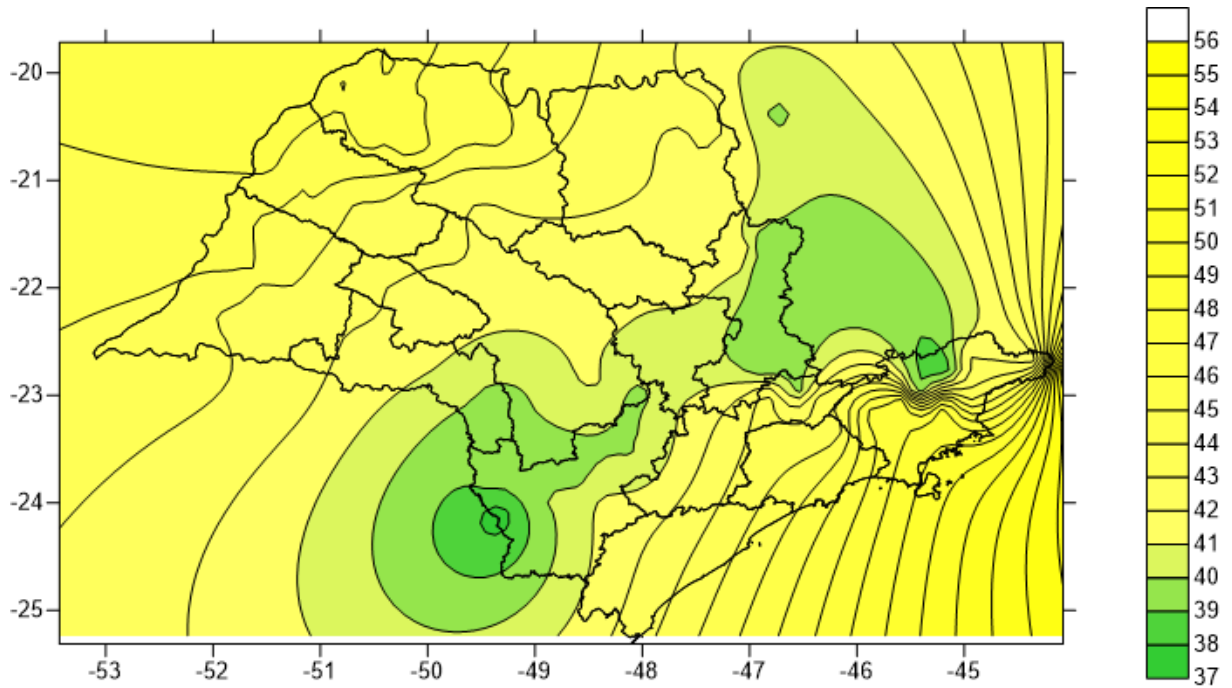
Abaixo estão representados os mapas para os meses: Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro (Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15).



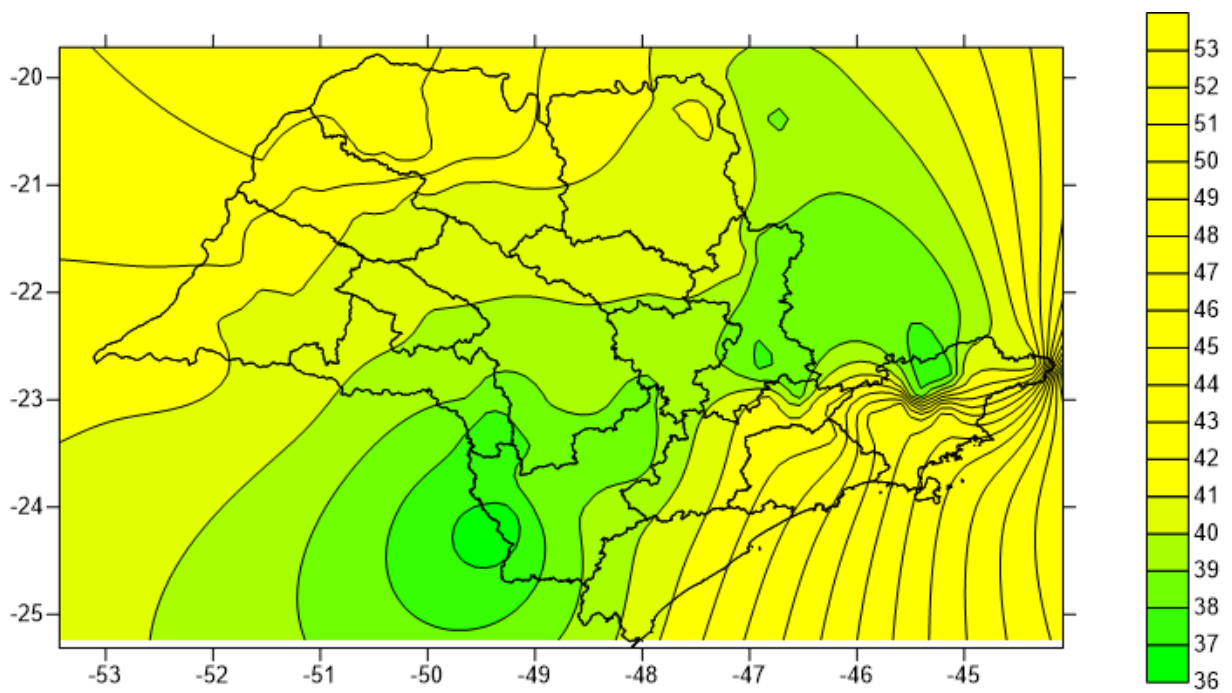
**Figura 9:** Mapa de Zoneamento obtido para o mês de abril.



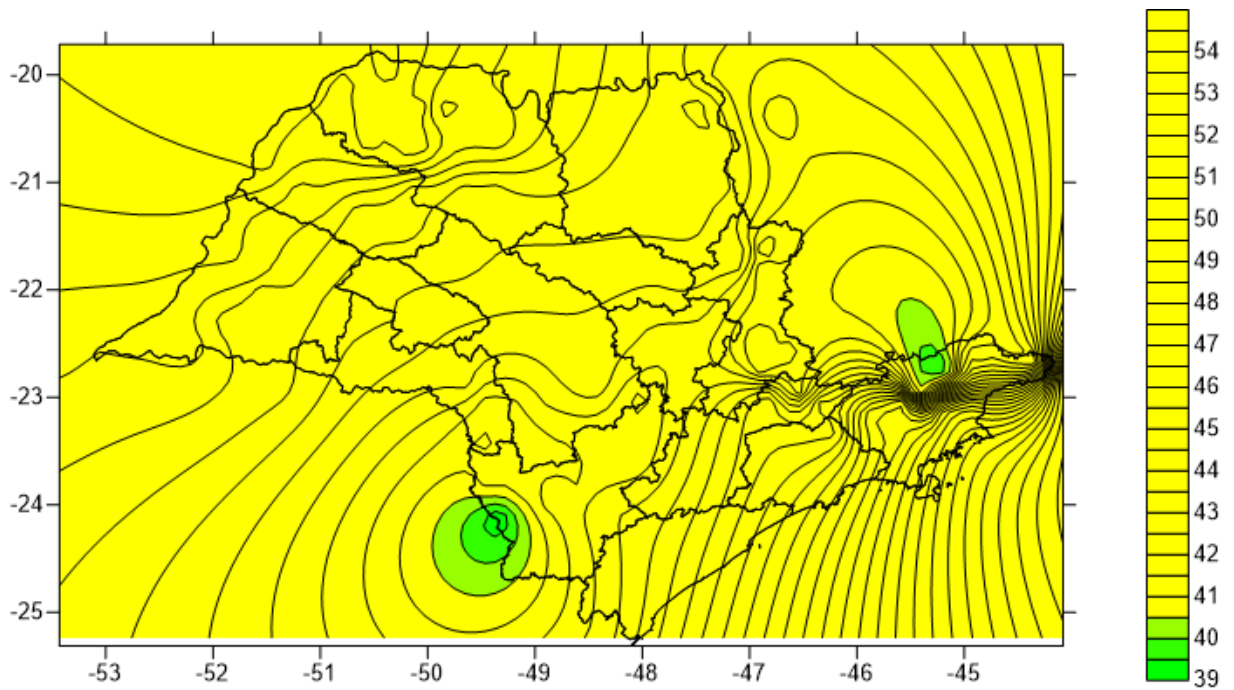
**Figura 10:** Mapa de Zoneamento obtido para o mês de maio.



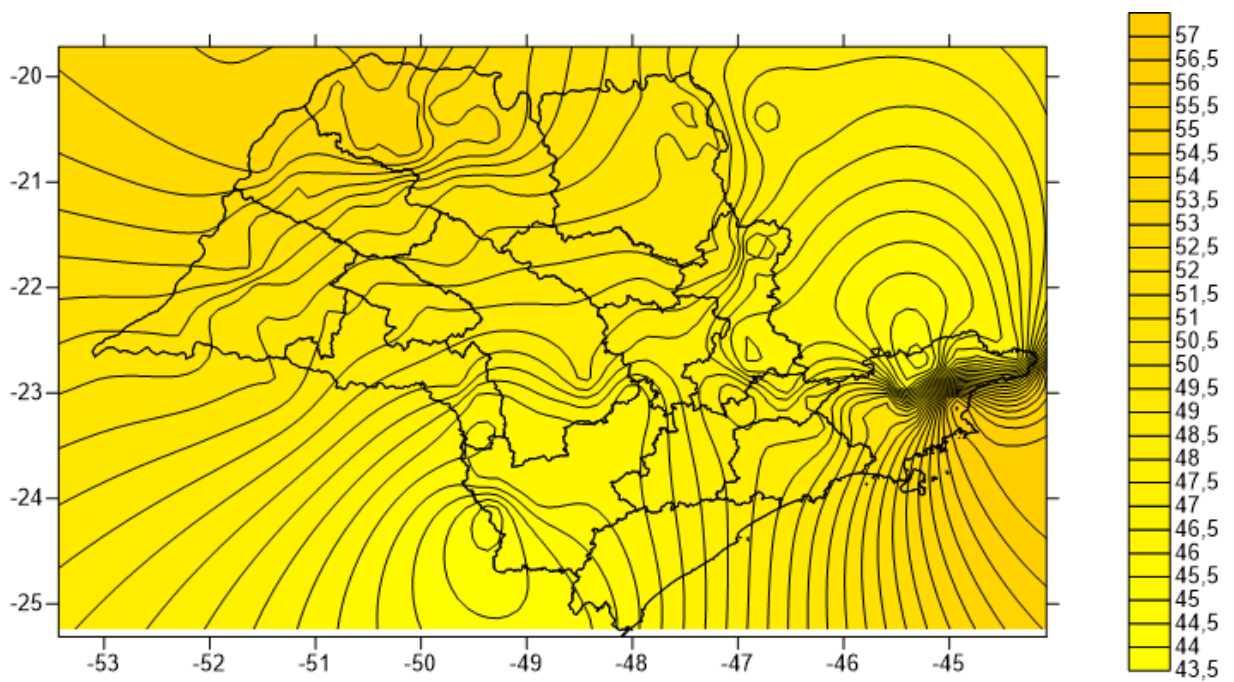
**Figura 11:** Mapa de Zoneamento obtido para o mês de junho.



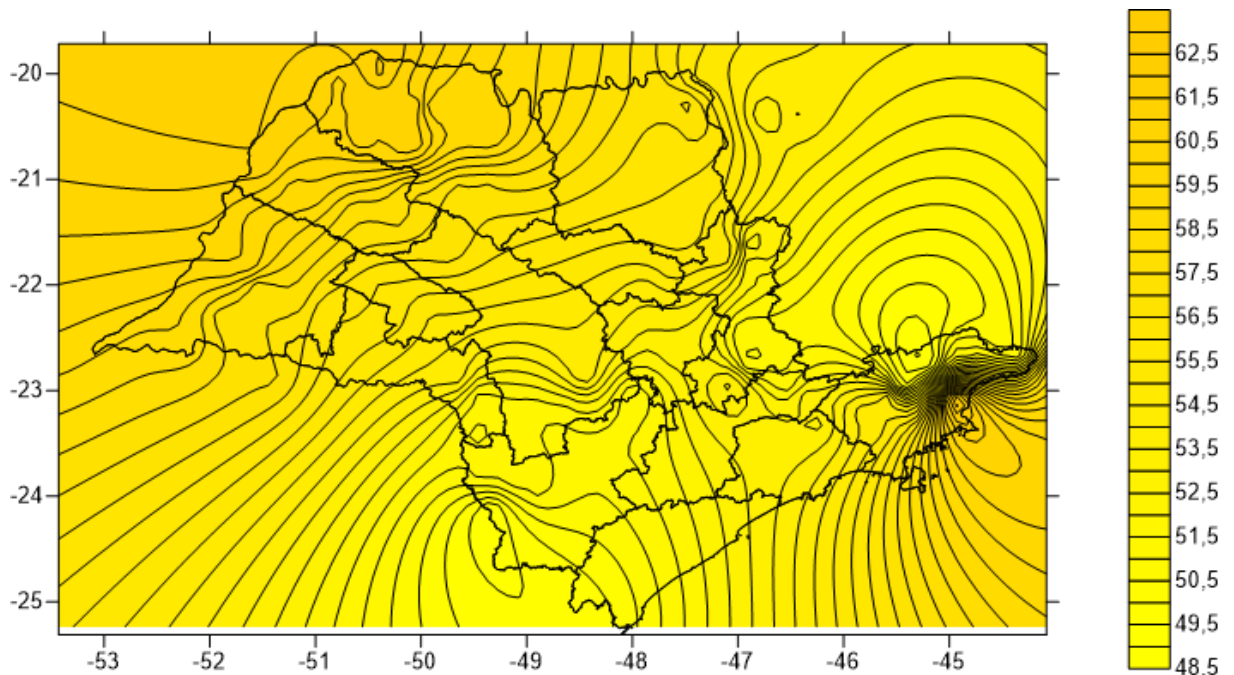
**Figura 12:** Mapa de Zoneamento obtido para o mês de julho.



**Figura 13:** Mapa de Zoneamento obtido para o mês de agosto.



**Figura 14:** Mapa de Zoneamento obtido para o mês de setembro.



**Figura 15:** Mapa de Zoneamento obtido para o mês de outubro.

Para os meses de abril, maio, setembro e outubro observou-se a predominância de valores de entalpia específica na zona de termoneutralidade ( $40,5 \leq h < 64,7$ ), indicando que os animais não deverão sofrer estresse térmico por calor em condições ambientais normais.

Para o mês de junho observa-se que há presença de entalpia específica na zona ótima nas regiões de Campinas, Piracicaba, Bauru, Itapetininga e Assis.

Já no mês de julho observa-se que quase todas as regiões do estado se encontram com valores de entalpia específica na faixa ótima. As regiões que apresentam predominância de áreas de termoneutralidade ( $40,5 \leq h < 64,7$ ) são: Presidente Prudente, Araçatuba, São José do Rio Preto, Vale do Paraíba Paulista e Metropolitana de São Paulo.

Quanto ao mês de agosto, observa-se predominância de condições de termoneutralidade ( $40,5 \leq h < 64,7$ ), exceto na região oeste da mesorregião de Itapetininga e na região norte do Vale do Paraíba Paulista.

Portanto, para os meses frios, observa-se uma aptidão do estado para a atividade já que não foram observados valores de entalpia específica na zona crítica inferior (que indicaria estresse por frio) e tampouco observou-se a presença de valores na zona crítica superior (estresse por calor). O que indica um potencial de produção

de bovinos de leite em outras regiões do estado que ainda são pouco exploradas pela atividade.

### **5.3.2. Mesorregiões que apresentam as melhores condições para a produção de acordo com o índice de entalpia específica**

De acordo com os dados obtidos pelo IBGE/MILKPOINT (2014b) apresentados na tabela 7 observa-se que, no estado, a maior mesorregião produtora foi São José do Rio Preto, seguida pelo Vale do Paraíba Paulista e de Campinas.

De acordo com o que foi visto nos mapas, a entalpia específica para as regiões de São José do Rio Preto e Vale do Paraíba Paulista varia em um intervalo entre a zona termoneutra e a zona crítica, especialmente em meses mais quentes como janeiro, fevereiro, março e dezembro. Já a região de Campinas permanece na zona termoneutra praticamente durante todo o ano, exceto nos meses de junho e julho em que os valores atingem a zona ótima.

Para a definição de um critério para a determinação das regiões com as melhores condições de produção considerou-se que quando o ambiente se encontra na zona termoneutra o animal alcança seu máximo potencial e a temperatura corporal é mantida com o mínimo de uso do mecanismo de termoregulação (PEREIRA, 2007). Tendo isso em vista, verificou-se que as melhores mesorregiões para a produção de leite, dados os resultados obtidos por este zoneamento, foram as da porção central do estado: **Campinas, Piracicaba, Araraquara, Bauru, Marília e Assis**. Já que os valores de Entalpia encontrados se encontram na zona de termoneutralidade ( $40,5 \leq h < 64,7$ ) durante os meses mais quentes e na zona ótima nos meses mais frios. O que significa que, mantidas as condições adequadas das instalações, não se deve esperar condições de estresse por calor para esses animais nestas localidades.

## **6. CONCLUSÃO**

Conclui-se que há boas condições climáticas para o desenvolvimento da bovinocultura de leite no estado de São Paulo em grande parte de sua área durante todos os períodos do ano e as regiões com melhor potencial para a produção de bovinos leiteiros foram Campinas, Piracicaba, Araraquara, Bauru, Marília e Assis, já que essas regiões obtiveram valores de entalpia específica na zona termoneutra durante os meses quentes e na zona ótima durante os meses mais frios. Ainda, de acordo com os resultados e a metodologia apresentada, existem possibilidades de utilização dos mapas bioclimáticos para estabelecer as condições de conforto da



produção de leite no estado de São Paulo, e utilizar essa ferramenta para a criação de aplicativos para determinação dos dados de cada município e a classificação do mesmo em relação a bioclimatologia.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN R.G., PEREIRA L.S., RAES D., SMITH M. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements, 1998- **FAO Irrigation and drainage paper 56**. FAO, Rome, 300(9), D05109.

APOLO11. **Database**. 2017. Disponível em: <<http://www.apolo11.com/latlon.php?uf=sp&cityid=4878>> Acesso: 06.ago.2017

BACCARI JUNIOR, F. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em climas quentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998, p.24-67.

BAÊTA, F.C. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal**, Viçosa: Editora UFV, 1997, 246p.

BAGNATI, M. M. **Zoneamento Bioclimático e Arquitetura Brasileira: Qualidade do Ambiente Construído**. 2013. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78378/000897077.pdf?sequence=1>> Acesso: 19.dez.2017

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Conjuntura Mensal de Leite e Derivados**. 2016. Disponível em:<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_05\\_04\\_17\\_33\\_34\\_leite\\_abril\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_05_04_17_33_34_leite_abril_2016.pdf)> Acesso em: 21.jun.2017

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB **Leite e Derivados**. 2016. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_05\\_04\\_17\\_33\\_34\\_leite\\_abril\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_05_04_17_33_34_leite_abril_2016.pdf)> Acesso: 24.nov.2017

DALCIN, V. C. **Parâmetros fisiológicos em bovinos leiteiros submetidos ao estresse térmico**. 2013. 49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2013.

DI MAIO, A.C. **Geotecnologias Digitais no Ensino Médio: Coordenadas Geográficas**, 2017. Disponível em: <[http://www.uff.br/geoden/index\\_arquivos/geodef\\_coordenadas\\_geo.htm](http://www.uff.br/geoden/index_arquivos/geodef_coordenadas_geo.htm)> Acesso em: 24.nov.2017

EMBRAPA. Importância Econômica do Gado de Leite. 2007. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/importancia.html>> Acesso em: 25.nov.2017

FAOSTAT. **Livestock primary**. 2014. Disponível: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>> Acesso em: 24.nov.2017

GARCIA, P. R.. **Galpão freestall com sistema de resfriamento evaporativo e ventilação cruzada: desempenho térmico, zootécnico e o nível de bem-estar animal**. Dissertação (Doutorado) – ESALQ, USP, Piracicaba, 2017.

HUBER, J.T. **Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico.** In: Bovinocultura Leiteira. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 33-48.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Posicionamento Geodésico.** 2017a. Disponível em: <[http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_sobre\\_posicionamento\\_geodesico/sirgas/sisref\\_2.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/sirgas/sisref_2.pdf)>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Divisão Regional do Brasil.** 2017b. Disponível em: <[https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default\\_div\\_int.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm)> Acesso em: 27.nov.2017

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento da Produção Municipal de Leite – Perfil da Pecuária Municipal de São Paulo.** 2015. Disponível em: <[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default\\_xls\\_perfil.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/default_xls_perfil.shtm)> Acesso em: 6.set.2017

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da pecuária municipal.** 2016. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm\\_2016\\_v44\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf)> Acesso em: 24.nov.2017

IBGE/MILKPOINT. **Sul torna-se a maior região produtora de leite; região Nordeste lidera crescimento na produção.** 2015. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/giro-lacteo/sul-tornase-a-maior-regiao-produtora-de-leite-regiao-nordeste-lidera-crescimento-na-producao-97403n.aspx>> Acesso em: 25.nov.2017

IBGE/MILKPOINT. **Produção por município: MG tem mais municípios entre os maiores, RS lidera nas cidades com maior produtividade.** 2014a. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/giro-lacteo/producao-por-municipio-mg-tem-mais-municipios-entre-os-maiores-rs-lidera-nas-cidades-com-maior-produtividade-97540n.aspx#>> Acesso em: 25.nov.2017

IBGE/MILKPOINT. **10 mesorregiões foram responsáveis por 60% do crescimento na produção de leite desde 2004.** 2014b. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/giro-lacteo/10-mesorregioes-foram-responsaveis-por-60-do-crescimento-na-producao-de-leite-desde-2004-97970n.aspx>> Acesso em: 25.nov.2017

MIRANDA, J. E. C. de; FREITAS, A. F. de. **Raças e tipos de cruzamentos para produção de leite.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2009. 12p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 98).

MILKPOINT. **Conforto Térmico.** 2017. Disponível em:<<https://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/sistemas-de-producao/voce-sabe-o-que-sao-zona-de-conforto-termico-e-indice-de-temperatura-e-umidade-81697n.aspx>> Acesso: 25.nov2017

MILKPOINT. **O efeito do estresse térmico em vacas leiteiras e suas implicações nutricionais.** 2012. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/anuncie/novidades-dos-parceiros/o-efeito-do-estresse-termico-em-vacas-leiteiras-e-suas-implicacoes-nutricionais-79926n.aspx>> Acesso em: 27.nov.2017

NAAS, I.A. **Princípios do conforto térmico na produção animal.** São Paulo: Ícone, 1989, 183p.

NASA/POWER. **Database.** 2017. Disponível em: <<https://power.larc.nasa.gov/cgi-bin/agro.cgi?email=agroclim@larc.nasa.gov> > Acesso:18.ago.2017

NASCIMENTO G.V., CARDOSO E.A., BATISTA N.L., SOUZA B.B., CAMBUÍ G.B. (2013) **Indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais de vacas de leite.** Agropecuária Científica no Semiárido 9:28-36.

OLIVEIRA, L. M. F. de et al . Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal , v. 26, n. 3, p. 823-831, Dec. 2006 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162006000300020&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162006000300020&lng=en&nrm=iso)>. access on 21 June 2017.

PEREIRA, C.L. **Avaliação do conforto térmico e do desempenho de frangos de corte confinados em galpão avícola com diferentes tipos de cobertura.** 2007. 103p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.

RODRIGUES, V. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, v.55, p.455-459, 2011.

SILVA, I.J.O. Climatização das instalações para bovino leiteiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., Piracicaba, 1998. **Anais.** Piracicaba, FEALQ, 1998. p. 10-23.

TAVARES, G.F; CARNEVSKIS, E. L. ; SCHIASSI, L. ; FILHO, R.C., MIRANDA, K. O. S.; MIRANDA, J. H. Zoneamento bioclimático para bovinos de corte no Brasil com o auxílio de sistemas inteligentes. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 4, n. 4, p. 116-123, 2016.

TURCO, S. H. N. et al . Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no Estado da Bahia. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal , v. 26, n. 1, p. 20-27, Apr. 2006 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162006000100003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162006000100003&lng=en&nrm=iso)>. access on 21 June 2017.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. **WMO Climatological Normals.** 2017. Disponível em: <[http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/GCDS\\_1.php](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/GCDS_1.php)> Acesso em: 19.out.2017

## ANEXOS

### ANEXO 01: TRANSFORMAÇÕES DE COORDENADAS

Para exemplificar o processo de conversão, observa-se na tabela abaixo as coordenadas obtidas para o município de Araras:

**Tabela 5:** Dados de Altitude, Latitude e Longitude obtidos para o município de Araras.

Município	Altitude (m)	Latitude		Longitude	
Araras	678,1	22° 17' 41"	S	47° 23' 35"	W

Para a obtenção dos valores decimais da latitude, por exemplo, considera-se que:

- 1) Os valores em graus, permanecerão os mesmos (22);
- 2) Realiza-se então a divisão dos minutos por 60 ( $17 \div 60 = 0,283$ );
- 3) Divide-se os valores dos segundos por 3600 ( $41 \div 3600 = 0,012$ );
- 4) Por fim, soma-se todos os valores obtendo-se os valores finais ( $22,000 + 0,283 + 0,012 = 22,295$ ).

## ANEXO 02: MAPAS DE ENTALPIA ORGANIZADOS POR MESES DO ANO

