UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

AVALIAÇÃO DE RISCO À PRODUÇÃO AVÍCOLA NO ESTADO DE SÃO PAULO FRENTE AO AQUECIMENTO GLOBAL

DOUGLAS D'ALESSANDRO SALGADO

CAMPINAS

OUTUBRO DE 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

AVALIAÇÃO DE RISCO À PRODUÇÃO AVÍCOLA NO ESTADO DE SÃO PAULO FRENTE AO AQUECIMENTO GLOBAL

Tese submetida à banca examinadora para obtenção do título de Doutor na área de concentração de Construções Rurais e Ambiência, sob orientação da Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs.

DOUGLAS D'ALESSANDRO SALGADO

Orientadora: Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs

CAMPINAS

OUTUBRO DE 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Salgado, Douglas D'Alessandro
Sa32a Avaliação de risco à produção avícola no estado de São Paulo frente ao aquecimento global / Douglas D'Alessandro Salgado. --Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Irenilza de Alencar Nääs.
Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Mudanças globais de temperatura. 2. Ave - Criação. 3. Meio ambiente. 4. Aquecimento global. I. Nääs, Irenilza de Alencar. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Evaluation of poultry production risk in the state of São Paulo facing global warming
Palavras-chave em Inglês: Global temperature chages, Bird culture, Environment, Global warming
Área de concentração: Construções Rurais e Ambiência
Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola
Banca examinadora: Lúcia Filomena de Almeida Guimarães, Eduardo Delgado Assad, Lucila Chebel Labaki, Maria Angela Fagnani
Data da defesa: 14/11/2008
Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Douglas D'Alessandro Salgado**, aprovada pela Comissão Julgadora em 14 de novembro de de 2008, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

Profª. Drª. Irenilza de Alencar Nääs – Presidente e Orientadora
Feagri/Unicamp

Profª. Drª. Lúcia Filomena de Almeida Guimarães - Membro Titular
Puccamp

Dr. Eduardo Delgado Assad - Membro Titular
Embrapa/CNPTIA

Profª. Drª. Lucila Chebel Labaki - Membro Titular
FEC/Unicamp

Profª. Drª. Maria Angela Fagnani - Membro Titular
Feagri/Unicamp

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado ao meu pai Guaraci Alípio Tito Salgado,

que me plantou

a semente da determinação,

do pensamento crítico

e do questionamento...

o hoje é, pois,

somente

fruto

disso...

o meu presente

AGRADECIMENTOS

À Profa Dra Irenilza de Alencar Nääs, pela disposição e orientação na execução deste trabalho.

À minha noiva amada e maravilhosa, Carolina, já citada nos agradecimentos de minha dissertação, e que me suportou em *trevas* devido a este trabalho.

Ao CEPAGRI, pelo fornecimento de um vasto banco de dados.

Á Gabriela dos Santos Pascoto, pela dedicação no auxílio da reestruturação do banco dados fornecido.

Ao Prof. Dr. Ademir José Petenate, pelas raras, contudo, importantíssimas orientações sobre as análises estatísticas: preciosas para a execução dessa pesquisa.

Aos colegas e as colegas de trabalho, por se envolverem direta ou indiretamente na produção desta tese e que me promoveram um ajuda especial na "reta final": especialmente para Yamilia ("*ai mio Dios"*), Martinha, Eduardo (Pikachú), Cristina Nascimento, Renata Gonçalves, Wagnão (que produziu um excelente programa que foi imprescindível para as análises sobre as ondas de calor) e para Josimara (pelo auxílio na confecção dos mapas).

Aos demais colegas: Marcone (que me orientou na aquisição e na montagem de um excelente computador e de *softwares* preciosos para a execução deste trabalho) e Ademar e Danilo (*Demonius*).

À Profa Dra Daniella Jorge Moura, que me apoiou e acompanhou algumas dificuldades particulares na elaboração deste trabalho.

À Profa Dra Maria Angela Fagnani, que forneceu grande apoio, paciência e, de quebra, ainda umas boas aulinhas sobre climatologia, que foram fundamentais para a discussão deste trabalho.

À secretaria de Pós Graduação da FEAGRI, pela paciência e compreensão.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

SUMÁRIO

RESUMO x
ABSTRACT xii
1 INTRODUÇÃO 1
2 OBJETIVOS 4
3 REVISÃO DE LITERATURA 5
3.1 Mudança climática global 5
3.1.1 Efeito na produção agrícola e pecuária 14
3.1.2 Perdas produtivas 16
3.2 Clima no Estado de São Paulo 18
3.2.1 Zoneamento climático 20
3.2.2 Ondas de calor 22
3.2.3 Eventos extremos 24
3.3 Avaliação de riscos em determinados cenários 24
3.3.1 Biomas 25
3.3.2 Eventos primários 28
3.3.3 Produção animal 29
3.4 Avicultura de corte 34
3.4.1 Termorregulação 34
3.4.2 Efeitos do calor na produção avícola 36
3.5 Técnicas de pré-análise de bancos de dados 43
3.5.1 Mineração de dados (Data mining) 43
3.5.2 Métodos estatísticos descritivos e exploratórios 45
3.6 Modelos de análise de risco 45
3.6.1 Geoestatística e modelos meteorológicos 45
3.6.2 Outros modelos 47
4 MATERIAL E MÉTODOS 50
4.1 Levantamento de dados históricos 50
4.2 Características dos dados iniciais. 50
4.3 Preparação dos dados históricos e classificação das variáveis. 50
4.4 Análises preliminares sobre o banco de dados. 51
4.5 Análise descritiva das condições climatológicas 52
4.6 Análise Exploratória – Mineração de dados 53
4.7 Mapeamento de risco de produção 53
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 55
5.1 Análise das temperaturas mínimas médias e máximas diárias 55
5.2 Análise da incidência de temperaturas extremas 64
5.3 Análise da incidência de ondas de calor 82
5.4 Análise da incidência de eventos térmicos extremos considerando a dependência temporal 87
6 CONCLUSÕES 97
7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS 99
8 BIBLIOGRAFIA 100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variação da temperatura global da Terra a partir de 1880, a partir da média entre 1951 e 1980. 6
Figura 2. Variação da temperatura da superfície da Terra nos dos últimos 140 anos, em graus Celsius, a partir da média entre os anos de 1961 e 1990. 9
Figura 3. Ilustração dos efeitos de temperaturas extremas quando (a) a média aumenta, provocando recordes de calor, (b) somente a variância aumenta, e (c) quando a média e a variância aumentam. 11
Figura 4. Classificação climática do estado de São Paulo com destaques de alguns municípios. 19
Figura 5. Mapa dos biomas brasileiros. 26
Figura 6. Localização dos municípios de intensa produção avícola de corte e de postura no estado de São Paulo 30
Figura 7. Diagrama do efeito dos fatores sensação térmica, em função de fatores climáticos. 31
Figura 8. Categorias do ITU com relação a variáveis climáticas para bovinos e suínos em confinamento. 33
Figura 9. Curva de produção de calor de homeotermos. 36
Figura 10. Fluxograma da avaliação do risco de fenômenos meteorológicos de alta temperatura. 54
Figura 11. Série das médias das temperaturas mínimas por ano e por município. 59
Figura 12. Série das médias das temperaturas médias por ano e por município. 60
Figura 13. Série das médias das temperaturas máximas por ano e por município. 61
Figura 14. Série mensal das médias das temperaturas mínimas por ano. 62
Figura 15. Série mensal das médias das temperaturas médias por ano. 63
Figura 16. Série mensal das médias das temperaturas máximas por ano. 63
Figura 17. Risco geral para os municípios estudados com a classificação de Köppen. 68
Figura 18. Risco geral para os municípios estudados e curvas altimétricas. 69
Figura 19. Risco geral para os municípios os municípios estudados, com a classificação de Köppen e curvas altimétricas 70
Figura 20. Risco de temperaturas diárias extremas por mês. 72
Figura 21. Contagem de meses com riscos de temperaturas extremas iguais ou superiores a 10%, ao longo do ano para cada município. 78
Figura 22. Risco ajustado para os municípios estudados. 80
Figura 23. Risco ajustado para os municípios estudados, com a classificação de Köppen e curvas altimétricas 81
Figura 24. Risco de onda de calor por mês 85
Figura 25. Mapeamento do risco condicional de ondas de calor - com curvas altimétricas 95
Figura 26. Mapeamento do risco condicional de ondas de calor - com a classificação de Köppen e curvas altimétricas 96

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição das áreas ocupadas pelos biomas brasileiros. 27
Tabela 2. Tabela geral de sensação térmica para humanos. 32
Tabela 3. Influência da temperatura do ar (tbs) sobre a produtividade de aves..... 42
Tabela 4. Dados descritivos para os municípios, ordenados segundo a média da temperatura mínima diária (°C). 56
Tabela 5. Dados descritivos para os municípios, ordenados segundo a média da temperatura média diária (°C). 57
Tabela 6. Dados descritivos para os municípios, ordenados segundo a média da temperatura máxima diária (°C)..... 58
Tabela 7. Municípios ordenados segundo a média de risco de temperatura extrema (%)..... 65
Tabela 8. Distribuição percentual de ocorrência de temperatura extrema por mês. 71
Tabela 9. Municípios ordenados segundo a média de risco de temperatura extrema (%) por mês. 73
Tabela 10. Municípios ordenados segundo a média de risco ajustado (%) por mês; 77
Tabela 11. Municípios ordenados segundo a média de risco de onda de calor (%) por mês. .. 83
Tabela 12. Distribuição percentual de ocorrência de onda de calor por mês. 84
Tabela 13. Municípios ordenados segundo a média de risco de onda de calor (%) por mês. .. 86
Tabela 14. Distribuição da freqüência de temperaturas extremas entre dois dias consecutivos. 88
Tabela 15. Distribuição de risco de temperaturas extremas entre dois dias consecutivos..... 89
Tabela 16. Risco de permanência de temperatura extrema (%) por município. 92
Tabela 17. Municípios ordenados segundo o risco condicional de onde de calor (%). 93

RESUMO

O agronegócio é responsável por 33% do Produto Interno Bruto (PIB), 42% das exportações totais e 37% dos empregos brasileiros. O Brasil é hoje o segundo maior produtor e maior exportador de carne de frango do mundo, com exportações de 2,4 milhões de toneladas por ano e receitas cambiais de US$ 2,6 bilhões. Devido à importância que o setor agrícola tem para a economia nacional, torna-se fundamental a análise de todo e qualquer fator que possa afetar seu desempenho de maneira efetiva nas próximas décadas. O clima, como um dos principais fatores limitantes e determinantes da produção agrícola, enquadra-se nesse cenário e, como tal, deve ser cada vez mais estudado e conhecido, tendo em vista a tendência de sua alteração em um futuro próximo. As perdas de desempenho na produção avícola, decorrentes de situações extremas de tempo estão associadas à maior incidência de patologias, condenação de carcaças, morte pré-abate e ao menor tempo de vida de prateleira dos produtos alimentícios de origem animal. Entre tais situações extremas, pode ser destacada a onda de calor, definida como sendo um evento relativamente raro, em que as temperaturas diárias alcançam patamares muito acima dos padrões da região afetada, podendo permanecer por um período mínimo de três dias consecutivos. Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver uma metodologia para estimar o risco de ocorrências de fenômenos meteorológicos de alta temperatura (temperatura diária extrema e onda de calor) em diferentes municípios do estado de São Paulo, com base em dados meteorológicos diários e, através de uma análise exploratória, fornecer a distribuição de risco desses fenômenos, gerando subsídios para o produtor avícola prevenir perdas decorrentes desses fenômenos. Os dados históricos meteorológicos fornecidos pelo CEPAGRI-UNICAMP foram adaptados às análises estatísticas, sendo realizadas as análises descritivas e exploratórias com as temperaturas. Os dados de temperaturas diárias foram categorizados em forma binária, estimando-se probabilidades condicionais (riscos), através das freqüências relativas obtidas em tabelas de contingência. Usando o *software* Minitab 15® e de um programa elaborado em linguagem *Delphi*® foram realizadas as análises de risco, a partir das quais foram confeccionados os mapas com o auxílio do *software* ArcGis 9.2 – ESRI.® A pesquisa apresentou uma metodologia para quantificar os riscos de fenômenos meteorológicos de alta temperatura, identificou os fatores climáticos e sua influência sobre os riscos. Esse trabalho apontou que os municípios da região oeste do estado de São Paulo são os

mais suscetíveis a apresentarem perda na produção avícola devido às temperaturas ambiente, sendo recomendado maior cuidado com o excesso de calor nos alojamentos nas granjas, por parte do produtor. Também foi constatado que os valores médios e medianos das temperaturas mínimas são bons preditores do risco, devido à alta associação entre o risco e essas variáveis.

Palavras-chave: onda de calor, avicultura, ambiência, aquecimento global.

ABSTRACT

The agribusiness is responsible for 33% of Brazilian Gross National Product (GNP), 42% of the total export and 37% of Brazilian job offers. Nowadays, Brazil is the second largest producer of poultry meat and the largest export, exporting as much as 2,4 million tons per year . Due to the sector's importance, it becomes essential to analyze each and every issue that may effectively affect its performance in the next decades. Climate, as one of the determinant factors of the agricultural production, fits to this scenario and should be studied, considering the changes that are possibly taking place in a near future. Performance losses in poultry production due to extreme weather conditions are related to higher incidence of pathologies, carcass condemnation, pre-slaughter death and shorter shelf-time for animal origin food products. Among such extreme situations, it is possible to highlight the heat wave, which is defined as a quite rare event, when the daily temperatures are higher than the affected region's pattern and which may last at least 3 days. The present work aimed at developing a methodology to estimate the risk of high temperatures (extreme daily temperatures and heat waves) in different cities in the state of São Paulo, based on meteorological data. Also, through an exploratory analysis, this work aimed at offering these phenomena's risk distribution and providing bird producers with subsidies that will allow prevention of losses due to the occurrence of these phenomena. The meteorological data, collected throughout history, were provided by CEPAGRI-UNICAMP and were adapted to the statistical descriptive and exploratory analysis. The daily temperature data were binarily categorized and the conditional probabilities (risk) were estimated through the relative frequencies obtained from contingency tables. Risk analysis was performed using the software Minitab 15® and a software elaborated in *Delphi*® language. Based on this analysis, it was possible to elaborate maps using the software ArcGis 9.2 – ESRI® The research provided a methodology to quantify the risks of high temperatures phenomena and identified the climatic factors and their influence over those risks. This work showed that the cities in the west of the state of São Paulo are highly exposed to performance losses in poultry production due to high ambient temperatures and it is strongly recommended that measures are taken to ease the excessive heat inside the livestock in poultry houses. It was also clear that the average and median

values of the minimum temperatures are good means of predicting the risk due to its association to those variables.

Key words: heat wave, poultry production, environment, global warming.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento do agronegócio brasileiro, nos últimos dez anos, com sucessivos recordes de produção, produtividade e de exportações, tem contribuído para que este segmento da economia seja a âncora do governo brasileiro na política de contenção da inflação e para a geração de saldos positivos na balança comercial (AVISITE, 2008).

Uma importante parcela do agronegócio brasileiro é a produção de carne. O país possui aproximadamente um rebanho de cerca de 210 milhões de bovinos, 40 milhões de suínos e 822 milhões de aves produtoras de carnes e ovos (IBGE, 2006)

A produção animal brasileira é dividida praticamente em dois níveis tecnológicos de acordo com manejo e instalações: extensiva e intensiva. A primeira é encontrada no norte, nordeste e centro-oeste do país, enquanto a segunda ocupa importante espaço nas regiões sul e sudeste, sendo que hoje, acompanhando a produção de grãos, move-se para o centro-oeste. No que tange ao agronegócio ou o uso de processos mecanizados, a produção animal intensiva no Brasil se encontra no mesmo nível tecnológico de países desenvolvidos, competindo nos preços finais no mercado internacional.

Devido à diversidade climática nas regiões do Brasil, bem como à variação da temperatura ambiente, a produção animal apresenta perdas em função das características da forma em que os animais são criados (CURTIS, 1983; ESMAY, 1992; MEDEIROS, 2001). Essa perda advém da morte de animais, ovos sem casca ou com casca quebradiça, decréscimo na produção de leite e baixo teor de gordura, etc. Apesar de certa inadequação de genética importada de países de clima temperado, principalmente entre suínos e aves, a perda é derivada da falta de investimento mínimo em instalações e manejo adaptados ao clima

tropical. Embora a pauta de exportação brasileira de carnes seja das mais importantes, nem sempre as instalações atendem às necessidades de conforto térmico dos animais alojados.

As perdas produtivas implicam em dois aspectos importantes: o primeiro diz respeito às perdas econômicas decorrentes das perdas produtivas em vários pontos da cadeia de produção de alimentos de origem animal; o segundo aspecto, de mensuração mais complexa e difícil, diz respeito às questões sanitárias, higiene e inspeção dos alimentos, com maior possibilidade de deterioração de alimentos de origem animal destinados ao consumo humano, correspondente ao menor tempo de prateleira, e maior incidência de patógenos de impacto na saúde pública.

A ineficácia no uso de equipamentos de controle do ambiente interno de instalações animais, devido ao mau uso ou a falta de controle, favorece o estresse nos animais alojados e esse constitui fator importante a ser considerado (ARADAS et al., 2005).

No Brasil, além das altas temperaturas distribuídas durante o ano, ocorrem ondas de calor principalmente nas estações mais quentes (SOARES e DIAS, 1986), fazendo com que as temperaturas dentro dos alojamentos se mantenham fora da região termoneutra, gerando estresse nos animais e, conseqüentemente, perdas significativas na produção (VALE et al., 2008).

Atualmente não há qualquer organização, por parte de instituições públicas ou privadas, que possa dar suporte aos produtores de proteína animal, em suas tomadas de decisão e na melhoria da produtividade, no que tange às questões voltadas para redução de perdas na ocorrência de extremos de temperatura, por exemplo, ondas de calor. O maior problema vivido pelo setor pecuário é a falta de quantificação de perdas produtivas, assim como a minimização de seus efeitos, induzida pela falta de informações e orientação para contornar problemas decorrentes das condições climáticas e orientar as ações do setor.

Baseando-se em um histórico consistente de dados meteorológicos diários, o objetivo geral dessa pesquisa foi o desenvolvimento da quantificação do risco da ocorrência de temperaturas diárias extremas e de ondas de calor, assim como a análise de fatores associados a esses fenômenos, em diferentes municípios do estado de São Paulo. A partir das análises do risco, foi mapeado o risco desses fenômenos no estado e fornecidos meios para se prevenir perdas produtivas decorrentes desses fenômenos, auxiliando no planejamento dos produtores

de aves (corte postura e reprodução).

A hipótese deste trabalho é que, através de dados históricos de temperaturas, é possível quantificar o risco de ocorrência de fenômenos meteorológicos de alta temperatura (como as ondas de calor), identificar as condições que influenciam esses fenômenos e mapear o risco em uma determinada região, a fim de se prevenir perdas na produção avícola, por excesso de calor.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve por objetivo geral apresentar métodos para quantificar o risco de ocorrência de fenômenos meteorológicos de alta temperatura (ondas de calor e/ou temperaturas diárias extremas) e analisar os fatores que se relacionam à ocorrência desses fenômenos, em diferentes municípios do estado de São Paulo, com base em dados meteorológicos históricos.

Os objetivos específicos foram:

- Desenvolver o mapeamento de risco desses fenômenos no Estado de São Paulo;
- Fornecer subsídios para o produtor avícola prevenir perdas decorrentes desses fenômenos e para auxiliar no planejamento da produção, dos custos, e dos investimentos de produtores de aves (corte, postura e reprodução).

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Mudança climática global

Há hoje uma tendência alarmante do crescimento da temperatura da superfície terrestre.

Segundo HOUGHTON et al. (2001), a média global da temperatura da superfície da terra e do mar aumentou de 0,6 ± 0,2°C no século 20.

Pesquisadores da Agência Espacial Norte-Americana (NASA) relataram que a terra está esquentando cada vez mais, isto é, a tendência ao longo do tempo é de aquecimento (NASA, 2005). Tal resultado foi constatado devido às imagens obtidas por satélites, entre os anos de 1880 e 2004, a partir das quais os cientistas monitoraram a variação anual de temperatura global terrestre e da superfície dos oceanos. Para tanto, foi utilizado como referencial a temperatura média entre 1951 a 1980. A estimativa geral do aumento da temperatura no planeta no ano de 2004, por exemplo, foi de 0,48°C, comparado com a média de referência.

A Figura 1 ilustra o monitoramento realizado.

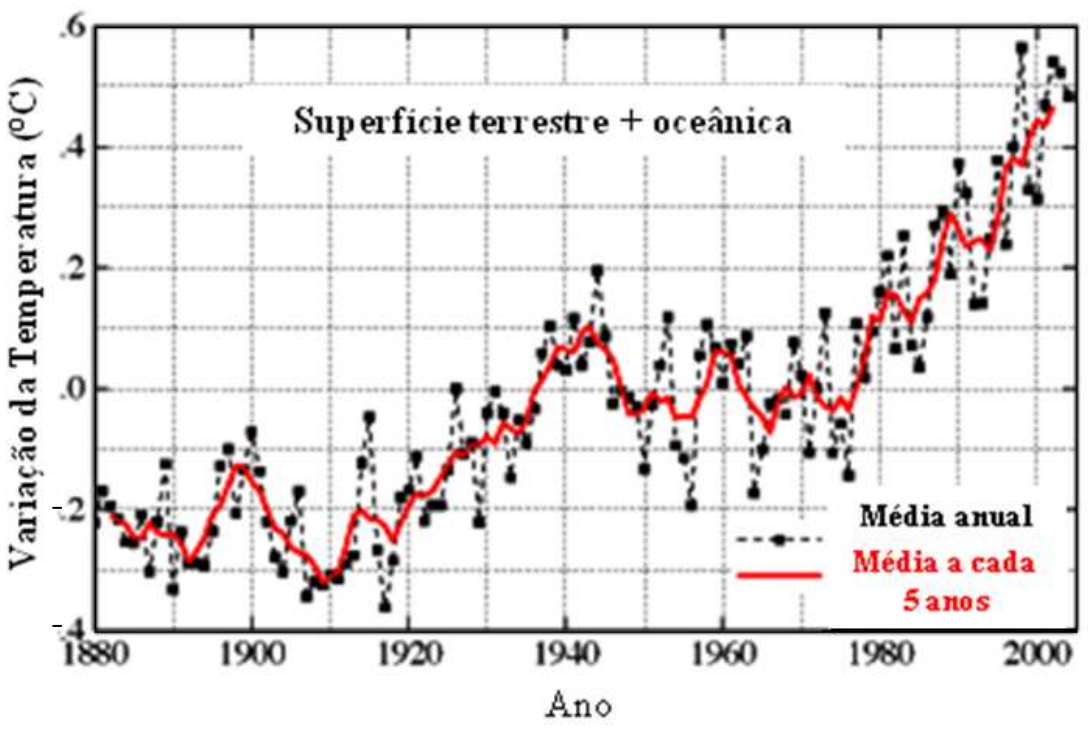


Figura 1. Variação da temperatura global da Terra a partir de 1880, a partir da média entre 1951 e 1980.
Fonte: Adaptado de NASA (2005).

No terceiro relatório de avaliação do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2001 a), são mostrados resultados de um estudo do monitoramento da temperatura superficial da Terra desde 1861, desde quando foi possível monitorar, constatando-se que a temperatura superficial da terra teve um aumento estimado de 0,6 ± 0,2ºC acima da média de referência obtida entre os anos 1961 e 1990 (Figura 2). O gráfico ilustrado na Figura 2 denota, com as barras vermelhas, as diferenças de temperaturas anuais médias; na linha preta (de tendência), a curva ajustada da evolução média; e os intervalos de 95% de confiança, em cor preta, acompanhado as médias anuais.

Nas Figuras 1 e 2, são registrados o monitoramento da variação da temperatura da superfície global terrestre, apontando uma tendência marcante de um ininterrupto aumento da temperatura a partir de meados da década de 70 até o início do ano 2000.

Também pode ser notado (Figura 1 e 2) que, a temperatura globalmente mais quente ocorreu em 1998, enquanto o segundo e o terceiro anos mais quentes foram 2002 e 2003,

respectivamente. As causas da tendência crescente são apontadas com sendo, principalmente, o aumento dos gases de efeito estufa na atmosfera (NASA, 2005; IPCC, 2001 a).

Considera-se que parte da variabilidade climática (Figura 1 e 2) está associada à intensas atividades vulcânicas, que liberaram grandes quantidades de ácido sulfúrico na estratosfera, em 1963, 1982 e 1991. No entanto, grande parte da variabilidade é constituída por oscilações caóticas, incluindo El Niños, que distribuem massas de água aquecida sobre grande parte do Oceano Pacífico tropical. O grande aumento de temperatura global em 1998 foi associado a um dos mais fortes El Niños dos últimos séculos, enquanto que um El Niño de menor intensidade contribuiu para o aumento da temperatura global nos anos de 2002 e 2003 (NASA, 2005; IPCC, 2001 a).

Apesar do aspecto caótico do clima, o crescente efeito antropogênico[1] resulta em previsões de tendência de aquecimento global, inclusive a curto prazo (NASA, 2005; IPCC, 2001 a). Isto se deve à constatação de que a Terra está atualmente fora do balanço energético: absorvendo 0,85 ± 0,15 W m^{-2} mais energia solar, que passa a ser emitida para o espaço (HANSEN et al., 2005).

Esses gráficos também foram elaborados de maneira bastante similar: utilizaram-se da diferença entre os dados observáveis de temperatura e uma média de referência, obtida a partir de um período em que se observou em uma temporária estagnação das temperaturas. Dessa forma, mediu-se variação média da temperatura da superfície terrestre durante o período de monitoramento. Em contra partida, as diferenças na apresentação dos gráficos ilustrados nas Figuras 1 e 2 são: os períodos em que foram estipulados, para a obtenção da média de referência; e as formas de se apontar as tendências das variações das temperaturas ao longo do tempo.

Os principais aumentos observáveis se deram principalmente a partir das décadas de 1910, 1940, e 1990, também devido a um efeito antropogênico: evidências apontam que o ser o homem é responsável pelo aumento de emissões de gases causadores do efeito estufa (IPCC, 2001 a). Uma avaliação relatada em IPCC (2001 a) lista algumas dessas evidências:

- A concentração atmosférica de dióxido de carbono (CO_2) aumentou 31% desde 1750 até os dias atuais. Em 420.00 anos, não houve registro de concentração de

[1] Resultante das atividades humanas.

CO_2 na atmosfera que atingiu os patamares dos dias atuais;

- Aproximadamente 75% da emissão global antropogênica de CO_2 são provenientes de queima de combustíveis fósseis, tais como carvão mineral, petróleo, gás natural. O restante (25%) é predominantemente devido ao desmatamento;
- Os níveis de concentração do gás metano (CH_4) também jamais foram registrados em 420.000 anos. O acréscimo de concentração desse gás na atmosfera é atribuído, por exemplo, ao uso de combustíveis fósseis, a criação bovina, a cultura do arroz e aterros. Além disso, a emissão de monóxido de carbono (CO) foi identificada como outra causa do aumento de concentração do metano;
- A concentração de óxido nitroso (N_2O) também sofreu aumento de 17% desde 1750 e continua aumentando, dentre algumas fontes antropogênicas emissoras desta substância, são citadas o manejo do solo nas atividades agrícolas e as indústrias químicas;
- A emissão de halocarbonetos está mais controlada desde 1995 devido à regulamentação do protocolo de Montreal. Muitos desses gases ($CFCL_3$ e CF_2CL_2) contribuem tanto para o aumento do efeito estufa como para diminuição da camada do ozônio (O_3). Contudo, os compostos que substituíram esses gases são causadores do aumento do efeito estufa e suas concentrações estão atualmente aumentando.

Muitas das evidências fornecidas pelo relatório do IPCC (IPCC, 2001 a) foram acompanhadas por diferentes graus de confiabilidade, que refletem o grau de certeza que sustenta a hipótese defendida. Atribuiu-se uma faixa de confiabilidade, de 66 a 90%, às evidências supracitadas.

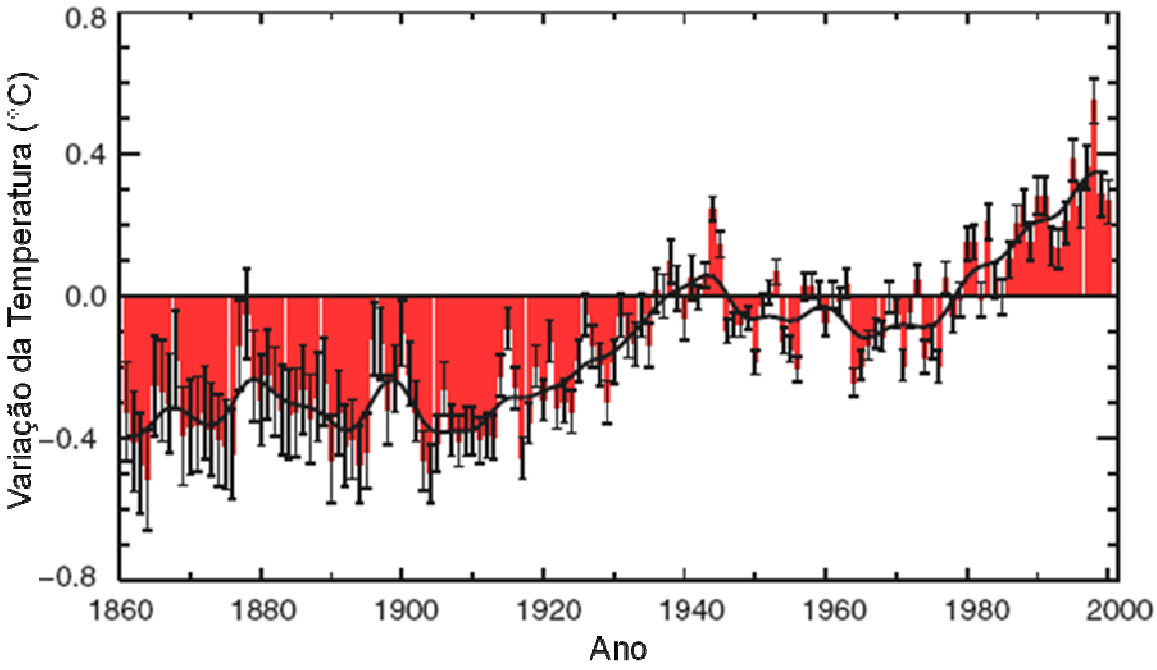


Figura 2. Variação da temperatura da superfície da Terra nos dos últimos 140 anos, em graus Celsius, a partir da média entre os anos de 1961 e 1990.
Fonte: Adaptado IPCC (2001 a).

A elevação na temperatura do planeta está fortemente associada com o aumento das freqüências e das intensidades de fenômenos não usuais, como ondas de calor, furacões, entre outros (SALINGER et al., 2000; NASA, 2005).

Fenômenos climáticos de dimensões sem precedentes registrados nos últimos anos fizeram aumentar as preocupações na sociedade, pois estão de acordo com as projeções dos cientistas, segundo as quais, qualquer mudança quanto ao clima médio, afetará inevitavelmente a freqüência de acontecimentos climáticos extremos, tais como, ondas de calor e chuvas intensas.

KINGWELL (2006) descreve que as mudanças climáticas trazem consigo diversos fatores que afetam a natureza em sua totalidade, acarretando também fortes impactos na agricultura. A mudança climática global envolve o desenvolvimento de tendências físicas e meteorológicas que impactam os sistemas ecológicos, como as plantações e sistemas agro-ecológicos.

Segundo JONES (2003), existe um consenso de que as principais tendências físicas conseqüentes, em grande parte da Austrália e no planeta, são a elevação da temperatura e da freqüência de climas mais secos com o aumento dos níveis de CO_2. Os dias mais quentes e mais secos serão mais intensos. Essa é uma projeção climatológica baseada em PITTOCK (2003 a,b). Tomando a Austrália como exemplo, o mesmo autor aponta que as tendências serão:

- A média anual de temperatura tenderá a um acréscimo de 0,4 a 2,0 °C em 2030, e 1,0 a 6,0 °C em 2070, relativo a ano de 1990. A essas mudanças estão associadas o aumento da evaporação, que provocaria as ondas de calor e a diminuição do frio. O aumento da temperatura é esperado ser mais intenso nas regiões do interior do país do que nas áreas costeiras.
- A pluviosidade anual possui uma projeção de declínio na região sudoeste, alcançando até 60 % de déficit em 2070.
- Muitas regiões têm uma projeção do aumento da freqüência de chuvas torrenciais e maior número de eventos extremos, como inundações, incêndios, e fortes ventanias.

De acordo com resultados apresentados em IPCC (2001 a, b), é provável que o número eventos extremos, particularmente seca e ondas de calor, cresça a partir da distribuição de impactos de médias elevadas das temperaturas, assim como do aumento de variação de temperatura. O efeito do aquecimento global sobre a incidência de calor extremo é ilustrado na Figura 3.

Supondo a normalidade da distribuição da temperatura, um pequeno aumento de sua média e/ou sua variância poderia provocar mudanças substanciais na probabilidade de ocorrência de calor extremo. A situação fica ainda mais complexa, quando se trata de outras variáveis que podem não ter necessariamente uma boa aproximação pela distribuição normal, tais como, geada e precipitação. No caso de precipitação, as mudanças na média de sua distribuição poderiam ser acompanhadas de outras mudanças, como na freqüência de precipitação ou mesmo na forma da distribuição, incluindo sua variabilidade; e, por fim, alterando a probabilidade de ocorrência de precipitações extremamente elevadas.

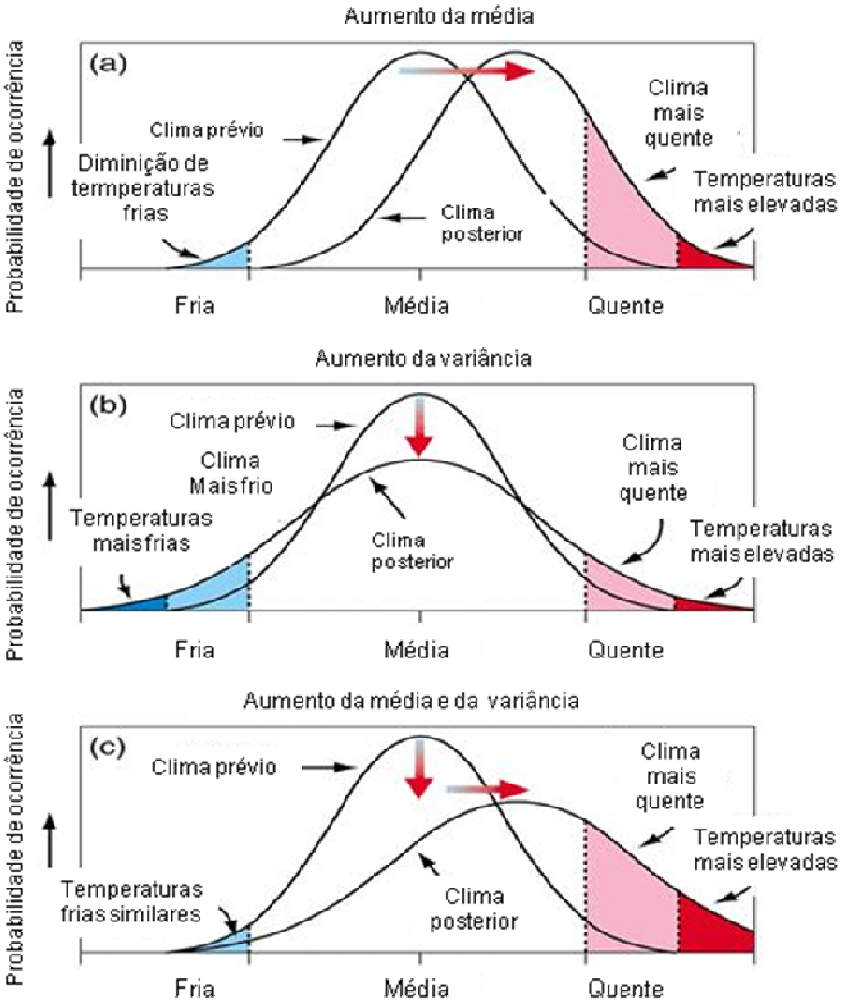


Figura 3. Ilustração dos efeitos de temperaturas extremas quando (a) a média aumenta, provocando recordes de calor, (b) somente a variância aumenta, e (c) quando a média e a variância aumentam.
Fonte: Adaptado de IPCC (2001 a, b).

SCHNEIDER (2004) relata que o distúrbio que o homem traz ao meio ambiente, embora não se possa averiguar com confiabilidade devido à falta de uma metodologia aprimorada, está correlacionado com o aumento de climas extremos. SALINGER et al. (2000), no entanto, relata haver fortes indícios de que as causas dos aumentos nas amplitudes das mudanças climáticas, em certas áreas, estão relacionadas aos aumentos na emissão de gases anisotrópicos ou de "efeito estufa". Segundo tais autores, o aquecimento ininterrupto do clima

global é esperado caso a emissão desses gases se mantiver crescente, de acordo com os modelos, projetando-se um aumento médio de 1 a 3°C até 2100.

FRUEHAUF (1998) alerta que as variações do clima são o resultado da intensa e desordenada ocupação do solo urbano. Dentre as inúmeras conseqüências das alterações climáticas estão as negativas influências na saúde humana. BAKONYI et al. (2004) investigaram efeitos dos gases demonstrando apresentaram efeitos sobre as doenças respiratórias de crianças. Já MARTINS et al. (2002) investigaram os efeitos desses gases sobre os idosos e observaram que os mesmos levaram a um acréscimo de 8% e 14%, respectivamente, no número de atendimentos por pneumonia e gripe em idosos.

Além dos gases, também o acréscimo de temperatura provoca reações negativas na população. MASTRANGELO et al. (2006) apontam para a maioria das ocorrências em hospitais constituída por pessoas idosas, durante as ondas de calor intensas, vinculadas principalmente a problemas como desidratação, insuficiência respiratória aguda e doenças respiratórias, além dos relatos de mortalidade devido a problemas cardio ou cérebro-vasculares. Os autores alertam que as mortes por doenças circulatórias são encontradas mesmo durante curtos períodos de ondas calor.

A literatura corrente revela que as condições climáticas extremas – tanto as ondas de calor durante os verões quentes e duradouros, quanto as grandes instabilidades – são as responsáveis pela grande disseminação de doenças infecciosas e constituem a maioria das ameaças à saúde pública (EPSTEIN et al., 1998; EPSTEIN, 2001; ROGERS e RANDOLPH, 2006). Os seres humanos, principalmente crianças e idosos, também sofrem um grande impacto negativo com as ondas de calor, direta ou indiretamente. DONALDSON et al. (2003) demonstram a relação entre mortalidade e o aumento da temperatura, para as populações da Carolina do Norte, Sul da Finlândia, Sudeste da Inglaterra (entre pessoas com mais de 55 anos de idade) desde 1949. Segundo os mesmos autores, os estudos demográficos apontaram que as taxas de mortalidades modificaram a estrutura etária e de gênero da população estudada - pois o efeito do estresse calórico e a conseqüente mortalidade tendem a ser maiores entre as mulheres (MACEY e SCHNEIDER, 1993; VASSALLO et al., 1995).

De acordo com NEUMAYER (1999), o aquecimento global é um objeto de estudo que interliga a distribuição de intra e inter-gerações e questiona a incerteza da sustentabilidade. O

mesmo autor define sustentabilidade como sendo o não declínio da utilidade que se encontra na natureza ao longo do tempo, de maneira que a geração futura não deva usufruir menos que a geração atual. O autor ainda aponta que os impactos relacionados ao aquecimento global afetarão de modo geral a sustentabilidade dos recursos naturais, muito mais para as gerações futuras do que para a atual.

BANG et al. (2006) relataram sobre a pressão que o governo dos Estados Unidos vem sofrendo de organizações internacionais para o reengajamento no controle climático internacional, afinal é o único país responsável por mais de 25% da emissão global de gases que afetam diretamente a camada de ozônio. Os autores avaliam a possibilidade de essa pressão culminar no cumprimento do protocolo de Kyoto vigente.

MANN et al. (1998, 1999) elaboraram uma ampla análise de tendência de série histórica de temperaturas durante o último milênio. Grande parte da série foi reconstruída, pelo método de calibração, através de indicadores naturais que registram a variação climática passada, tais como: secções das árvores, sedimentos encontrados no núcleo do gelo e nos corais. Esses autores concluíram que, apesar das estimações muito imprecisas, foi possível identificar mudanças significativas a partir do século 20, principalmente na década de 90, registrando-se a maior variação, no ano de 98. As análises e o gráfico de reconstrução das temperaturas foram apresentados nos relatórios do IPCC (IPCC, 2001 a, b).

Por outro lado, MCINTYRE e MCKITRICK (2005) contestaram as tendências de aquecimento apresentadas nos relatório IPCC (IPCC, 2001 a, b), criticando a elaboração e análise do gráfico de série de reconstrução de temperaturas dos últimos mil anos (MANN et al., 1998, 1999). A contestação se deu pela reavaliação dos mesmos dados disponibilizados, através de diversas análises estatísticas (de Componentes Principais, de Monte Carlo e de Validação Cruzada). Desse modo, os autores constataram problemas de vício na metodologia das estimativas das temperaturas e, sobretudo, a subestimação do erro de estimação, tais resultados lhes permitiram concluir que a reconstrução de temperaturas não é consistente para dar evidência significativa do aquecimento global.

LINDZEN (2005) também contestou a existência da mudança climática ou mesmo do aquecimento global, e discorda de que as os efeitos antropogênicos alarmantes. O autor não refuta as evidências do aquecimento médio de 0,6°C, e nem do aumento da emissão de CO_2 no

último século, todavia discordada da relação antropogênica desses efeitos. Esse autor relata que as aparentes mudanças majoritariamente provenientes de oscilações naturais, isto é, variações de causas comuns, e que o incremento trazido pelo homem não poderia provocar preocupações á comunidade. O mesmo autor descreve as relações de interesses político-científicas que ele considera ser motivo que impulsiona o alarmismo.

Independentemente da existência do aquecimento global ou ainda de que a causa das mudanças climáticas é antropogênica, HO e ULANOWICZ (2005), concluíram que a dispersão dos gases anisotrópicos, nos níveis observados hoje, compromete a sustentabilidade, tanto do ecossistema, quanto do sistema econômico e até político. Todavia, SWART et al. (2003) apontam o desenvolvimento sustentável, como o melhor meio de prevenção dos impactos de mudanças climáticas.

3.1.1 Efeito na produção agrícola e pecuária

O aquecimento global afeta de maneira diferente a produção agropecuária em todo o mundo: age de forma negativa em algumas regiões, principalmente aquelas onde as temperaturas já são elevadas, e de forma positivas onde há o excesso de frio, como em algumas áreas da Sibéria (IPCC, 2007). O crescimento e a sobrevivência de plantas e animais são determinados por variáveis climáticas e atmosféricas, tais como concentração de CO_2, radiação solar, temperatura do ar, umidade do ar e umidade do solo (MCKEON et al, 1998).

A produção agrícola é afetada diretamente pelas condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento e reprodução dos vegetais. De acordo com ROSSETTI (2001), no início dos anos 90, um estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) do Ministério do Desenvolvimento indicou que 95% das perdas, eram por seca ou excesso de chuva.

PITTOCK (2003 a, b) projeta um aumento do risco na produção agrícola devido à combinação dos efeitos das mudanças na distribuição pluviométrica e dos impactos do potencial aumento da evaporação. Tais fenômenos combinados acarretariam na diminuição da umidade no solo e, por sua vez, tornar-se-ão ainda mais severos devido ao aumento da intensidade e do período das secas.

Segundo BIETO e TALON (1996), as altas temperaturas podem acelerar demasiadamente a atividade fotossintética, resultando na perda da atividade enzimática e, conseqüentemente, afetando o desenvolvimento das plantas com menor tolerância às temperaturas mais elevadas.

Com a elevação da temperatura esperada para os próximos anos, também se projeta maior demanda hídrica, pois a capacidade do ar reter vapor d'água aumenta. A essas alterações, os ecossistemas terão duas respostas possíveis: a diminuição de biodiversidade ou as influências negativas (ASSAD et al., 2004). Tais autores, a partir do relatório do IPCC (IPCC, 2001 b), avaliaram o impacto das mudanças climáticas na produção cafeeira nos Estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Paraná, através de cenários de diferentes níveis de aumento da temperatura (1°C, 3°C e 5,8°C) e com o incremento de 15% na precipitação. Frente ao cenário mais pessimista, os resultados indicaram uma redução de mais de 95% na área apta à produção de café no Estado de São Paulo. Os mesmos autores relatam, acerca do cultivo do café, que o aumento das freqüências das temperaturas máximas acima de 34°C causaria abortamento de flores e, por conseguinte, uma grande perda na produção cafeeira. De acordo com vários autores, a ocorrência de períodos prolongados com temperaturas elevadas predispõe ao abortamento de floradas, ao baixo nível de polinização, à má formação floral, entre outros problemas de ordem fisiológica nas plantas (REDDY, 1979; GUERREIRO, 2001; ASSAD e PINTO, 2001 e IAFFE, et al., 2003).

Quando se trata da produção animal, o problema fica ainda mais complexo, pois existem dois efeitos nocivos provocados pelas mudanças climáticas, entre outros: a diminuição da disponibilidade de água e alimento (pastagens, etc.) e de conforto térmico aos animais.

Segundo MCKEON et al. (1998), a exemplo das pastagens de Queensland, na Austrália, apontaram que certas variáveis climáticas têm fortes associações com as pluviosidades anuais na região, apontando para a oscilação do fenômeno El Niño-Meridional como sendo isoladamente a mais importante fonte de variação das chuvas, e que por sua vez, está sujeito às influências do aquecimento global.

Há estudos sendo realizados com o intuito de minimizar o impacto de condições climáticas severas ao sistema de produção de animais em alojamentos. Como medida mitigadora, alguns trabalhos investigam – através de simulações ou experimentações – tipos de sistemas de controle do ambiente interno do galpão de produção, para fornecer e garantir

saúde e bem-estar aos animais alojados e, conseqüentemente, aumentar a produtividade (SOLDATOS et al., 2005; DASKALOV et al., 2006). Os sistemas de controle do ambiente interno podem ser fundamentados em modelos matemáticos não-lineares, a partir de um modelo de equações diferencial, cujo resultado é denominado função de Lyapunov (CHEN, 1970), com base na teoria da estabilidade de Lyapunov ou, ainda, com a utilização de modelos dinâmicos (DASKALOV, 1997).

GIVONI (1992), por outro lado, discute sobre padrões de conforto térmico, utilizando estratégias no planejamento da construção de galpões e sistemas passivos de refrigeração como medida mitigadora, especialmente para climas quentes.

ORR (1993) aponta para a ameaça do aquecimento global sobre o sistema agrícola mundial, e alerta sobre os custos decorrentes de tal fenômeno, que têm sido sistematicamente subestimados e avaliados com modelos de risco e análise econômica inapropriados.

3.1.2 Perdas produtivas

A grande competitividade dentro do agronegócio, requerida pelo mercado externo, exige da produção agropecuária nacional alta qualidade em larga escala.

O desenvolvimento tecnológico nacional voltado à produção zootécnica vem se aperfeiçoando ao longo do tempo, equiparando-se aos grandes produtores estrangeiros, aumentando a produção para exportação, sob os elevados níveis de qualidade exigidos no mercado externo (SILVA, 1999 a; SOUSA, 2002; ROPPA, 2004; BRUNOZILLI e SOUZA, 2004). Para tanto, justifica-se a otimização do sistema de produção, automação e utilização de recursos de zootecnia de precisão (NÄÄS e CURTO, 2001). Contudo, deve haver investimentos tecnológicos para a redução de perdas produtivas decorrentes de estresse térmico, principalmente nas fases finais de criação (HAHN, 1982; CAVESTANY et al., 1985; HANSEN et al., 1991; YAHAV et al., 1995).

No Brasil, visto que as perdas produtivas decorrentes de ondas de calor e demais condições climáticas são comuns na produção de aves, são utilizados cada vez mais métodos de acondicionamento ambiental – e, portanto há um maior gasto de energia elétrica – para melhorar o ambiente de alojamento, com o intuito de se alcançar o bem-estar animal, aumentando a produtividade e a rentabilidade. É importante salientar que, as perdas produtivas

geradas majoritariamente por estresse térmico acarretam em perdas econômicas e aumento do custo de produção (MENDES et al., 2005).

Mudanças climáticas e ondas de calor têm levantado a preocupação de órgãos de monitoramento climatológico e governos, devido às perdas econômicas decorrentes destes eventos meteorológicos. Os relatórios do *Comitê dês Organisations Professionalles de La Produción Agricole de la Communité Européenne* e do *Comitê General de la Cooperation Agricole* descrevem o impacto da onda de calor do verão de 2003 na Europa: apresentando as perdas gerais na produção agropecuária da União Européia destaca, em frangos de corte, perdas de aproximadamente quatro milhões de frangos na França, além de redução de 15% da produtividade, com prejuízos em torno de 42 milhões de euros no setor. Na Espanha, o lote de frangos foi reduzido entre 15 a 20% (COPA / COGECA, 2004).

3.2 Clima no Estado de São Paulo

De acordo com SORIANO (2004), o meio ambiente é constituído por um conjunto natural de componentes bióticos e abióticos em constante e complexa interação. Nessas relações mútuas, o clima atua, sobretudo, como fator determinante dessa interação. O clima de toda e qualquer região situada nas mais diversas latitudes do globo não se apresenta com as mesmas características em cada ano. Diante desse fato, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) estabelece que, para estudos comparativos de clima, sejam calculadas médias climatológicas para períodos de 30 anos de observação e, além disso, para homogeneidade na comparação, é necessário utilizar um período determinado - sendo que atualmente está em vigor as normas climatológicas do período de 1961 a 1990. No entanto, observações de períodos mais curtos, desde que feitas para anos sucessivos, servem para avaliar o comportamento do clima.

De acordo com CEPAGRI (2003), baseando-se na classificação climática de Köppen, baseada em dados mensais pluviométricos e termométricos, o Estado de São Paulo abrange sete tipos climáticos distintos (Figura 4), a maioria correspondente a clima úmido. O tipo dominante na maior área é o Cwa, que abrange toda a parte central do Estado e é caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. Algumas áreas serranas, com verão ameno são classificadas no tipo Cwb, onde a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C e durante pelo menos quatro meses é superior a 10 °C.

As regiões a noroeste, mais quentes, pertencem ao tipo Aw, tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18ºC. O mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm e com período chuvoso que se atrasa para o outono. Em pontos isolados ocorre o tipo Am que caracteriza o clima tropical chuvoso, com inverno seco onde o mês menos chuvoso tem precipitação inferior a 60 mm. O mês mais frio tem temperatura média superior a 18°C.

No Sul do Estado aparecem faixas de clima tropical, com verão quente, sem estação seca de inverno, do tipo Cfa onde a temperatura média do mês mais frio está entre 18°C e -3°C

– mesotérmico. As áreas serranas mais altas das serras do Mar e da Mantiqueira, com verão ameno e chuvoso o ano todo têm o clima classificado como Cfb, de verão um pouco mais ameno, em que o mês mais quente tem temperatura média inferior a 22°C.

A faixa litorânea recebe a classificação Af, caracterizada pelo clima tropical chuvoso, sem estação seca com a precipitação média do mês mais seco superior a 60 mm (CEPAGRI, 2003). A classificação climática do estado de São Paulo é apresentada na Figura 4.

Figura 4. Classificação climática do estado de São Paulo com destaques de alguns municípios. Fonte: CEPAGRI (2003).

Segundo SIAS (2007), o inverno no estado de São Paulo se caracteriza pela redução no volume de chuva em todas as regiões, o que ocorre gradualmente a partir do mês de Abril. A redução do acumulado pluviométrico se dá em conseqüência, principalmente, da atuação de um bloqueio atmosférico (chamado tecnicamente de Alta Subtropical do Atlântico Sul) que aos poucos se instala no Atlântico Sul, tipicamente nesta época do ano impedindo a incursão de frentes frias. Entretanto, por vezes, os sistemas frontais mais intensos rompem essa barreira atmosférica, atingem o Estado e trazem na sua retaguarda massas de ar de origem polar, responsáveis pelo declínio acentuado das temperaturas e conseqüentes sensações térmicas de frio. Dessa forma, são períodos em que o tempo fica estável, ou seja, com ausência de chuva e

calmaria dos ventos. Em virtude disso, acontece significativa redução dos valores de umidade relativa do ar e déficit hídrico do solo e dos mananciais, já que ocorrem os processos de evaporação favorecida pelos processos radiativos, porém sem a reposição hídrica do solo devido à ausência de chuva.

SIAS (2007) acrescenta que outro aspecto agravante no outono/inverno no estado de São Paulo é a baixa qualidade do ar conseqüente da elevada concentração de poluentes na atmosfera. Com a ausência das chuvas e a calmaria dos ventos não há dispersão de poluentes e, em contrapartida, as fontes poluidoras continuam liberando gases tóxicos para a atmosfera. As áreas mais afetadas são as de maior atividade industrial e os centros urbanos, cujas fontes principais são os veículos automotores. Uma das áreas mais afetadas é a Grande São Paulo devido à intensa emissão de poluentes dos veículos automotores de sua frota estimada de cinco milhões de veículos, além das atividades industriais, que também poluem o ar dos paulistas. Outra área que merece atenção é a região de Cubatão. Além da intensa atividade industrial, as características locais do relevo são desfavoráveis à dispersão de poluentes, o que compromete a qualidade do ar da própria região e dos arredores. As demais regiões do Estado também merecem atenção, em especial regiões de significativa atividade industrial e com grande numero de veículos e/ou municípios onde a emissão de poluentes se dá em conseqüência de atividades agrícolas, como por exemplo, a queima da cana-de-açúcar.

3.2.1 Zoneamento climático

Denomina-se zoneamento a divisão racional de uma área em setores sujeitos às normas específicas para o desenvolvimento de certas atividades, para a conservação do meio ambiente, ou ainda para a preservação de patrimônio cultural, etc. (MORENO, 2001).

A partir das indicações do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA), no início da década de 90 e fundamentado nos resultados da pesquisa agropecuária brasileira, foi implantado o Zoneamento Agrícola do Brasil, nome adotado pelos estudos de riscos climáticos que hoje orientam parte da liberação dos créditos agrícolas que se transformam em 95 bilhões de dólares por ano, referentes ao PIB da agricultura brasileira (ROSSETTI, 2001).

Segundo o mesmo autor, através do zoneamento, permitiram-se indicações de datas de plantio para vários tipos de solos e várias culturas, em 21 estados do país, atingindo

anualmente cerca de 5300 municípios. Essas indicações foram baseadas nas análises de séries históricas de chuva e temperatura, que variam de um mínimo de 20 anos de dados diários, até as séries mais longas com 100 anos de dados, considerando ainda a capacidade de retenção de água nos solos, a profundidade das raízes das plantas cultivadas, a duração do ciclo, a chuva e a variação desse conjunto de variáveis durante o ano. Assim, as indicações do zoneamento são feitas para cada condição climática de cada município, para as culturas de arroz, feijão, milho, trigo, soja, café, algodão e, mais recentemente, caju, mamona, mandioca e maçã.

O território brasileiro possui grandes áreas com potencial produtivo para agropecuária e ao mesmo tempo apresenta diferentes condições climáticas em cada uma de suas regiões, o que torna necessário obter informações técnicas adequadas á realidade e clima de cada uma delas, para que se possa viabilizar de maneira econômica a pecuária brasileira (LIMA, 2006).

Segundo PIRES et al. (2003), a avaliação dos efeitos ambientais, principalmente do clima sobre os animais torna-se prioritária, uma vez que o impacto do calor é significativo, particularmente para animais de alta produção. A previsão dos prejuízos que o ambiente climático pode causar ao desempenho e ao bem-estar dos bovinos de leite, bem como as perdas econômicas resultantes desse processo é essencial para se tomar decisões racionais relacionadas à seleção e ao manejo dos animais, em seus respectivos ambientes. O zoneamento climático aparece, portanto, como condição básica no êxito das atividades agropecuárias.

De acordo com CAMPOS et al. (2004), o clima é um dos fatores de maior importância para a realização de programas agropecuários. Sabe-se que os elementos climáticos que atuam com maior intensidade na distribuição de animais domésticos são os que regulam a distribuição e o crescimento das plantas e os que influenciam diretamente os animais (temperatura ambiental, umidade do ar, precipitação pluvial, radiação solar, ventos). Dentre eles, somente três (temperatura, umidade e precipitação pluvial) são os que provavelmente determinam a distribuição dos animais. Nenhum elemento meteorológico é tão importante para os seres vivos como a temperatura, que exerce influência marcante sobre a distribuição humana, animal e vegetal na Terra.

3.2.2 Ondas de calor

O período de tempo desconfortável e excessivamente quente que pode durar vários dias ou várias semanas é denominado “onda de calor”. Um dos critérios adotados para caracterizar a onda de calor é a temperatura máxima acima de 90 º F (32º C) e/ou pelo menos cinco graus acima do normal em determinada região, durante pelo menos dois dias consecutivos (INMET, 2005). NIENABER et al. (2003) apresentam uma definição para onda de calor como sendo um evento de temperaturas máximas acima de 32°C, que ocorre de três a cinco dias consecutivos. Já MEEHL e TEBALDI (2004) sugerem que em determinadas regiões, a onda de calor possa ser relacionada à seqüência de dias acima de um ponto crítico de temperatura mínima. Enquanto o Glossário de Meteorologia (AMS, 1989) define a onda de calor como um período de temperatura alta e anormal, freqüentemente acompanhado de alta umidade relativa, com duração de pelo menos um dia, mas convencionalmente se estendendo por alguns dias, ou mesmo semanas.

De acordo com o IPCC (2001 a, b) as ondas de calor serão mais comuns com o aquecimento global, tendendo a aumentar em freqüência e intensidade. O impacto do calor intenso no verão tende a ser intensificado pela maior umidade, devido às chuvas mais intensas.

As primeiras perdas registradas na produção animal em decorrência das ondas de calor datam de 1977, no Sul da Califórnia, nos Estados Unidos, onde mais de 700 vacas de leite morreram durante esse fenômeno, que foi seguido de alta umidade (OLIVER et al., 1979). Outros eventos ocorreram em 1992, 1995 e 1999 em Nebraska, e Iowa em 1995 (NIENABER e HAHN, 2004), sendo que as perdas econômicas do último evento em Nebraska ultrapassaram 20 milhões de dólares.

Muitos trabalhos atuais investigam as ondas de calor através do Índice de Temperatura e Umidade (ITU). O ITU foi desenvolvido por THOM (1959) como um índice de conforto para humanos. Posteriormente, foi adaptado para descrever o conforto térmico para animais e utilizado na literatura (BERRY et al., 1961; BUFFINGTON et al., 1981; REECE e LOTT, 1982; GATES et al., 1993; SIMMONS et al., 1997), para diversas espécies animais como gado leiteiro, aves de corte e suínos.

Esse índice pode ser calculado a partir da temperatura de bulbo seco e da umidade

relativa do ar, conforme descrito por JOHNSON (1980). Assim:

$$ITU = Ts + 0{,}36\ Tpo + 41{,}2 \qquad \text{Eq. 1}$$

Sendo que:

Ts = temperatura de bulbo seco, ºC

Tpo = temperatura de ponto de orvalho, ºC.

Esse índice é mais fidedigno à sensação térmica percebida pelos animais por incorporar a interação entre temperatura e umidade. A partir dos dados (umidade e temperatura) meteorológicos em determinadas regiões, pode-se identificar a onda de calor e constatar sua periculosidade a seres vivos presentes nessas regiões. Os valores de ITU são distintos para o dia e noite, ou seja, se um determinado valor estiver em uma classificação de perigo ou de alerta durante o dia, passam a ter uma maior expressividade se persistem durante a noite e se ocorrerem ainda por dias seguidos. Segundo SCOTT et al. (1983), o valor de ITU para noite acima de 70 é considerado prejudicial desde que, durante o dia, os animais estejam expostos a valores das categorias de emergência (acima de 84).

HUBBARD et al. (1997), HUHNKE et al. (2001) e NIENABER e HAHN (2004), definem a onda de calor utilizando ITU. Segundo esses autores a onda de calor se dá com valores de ITU superando o valor de 84, durante pelo menos três dias consecutivos.

A duração de um evento é um fator importante na caracterização do estresse animal. Segundo HUBBARD et al. (1997), um único dia em que o ITU alcança o valor de 84 nem sempre causará um efeito dramático sobre a produção em confinamento, pois sua capacidade de manter a homeostase pode ser temporariamente alterada, sem ocorrer perdas produtivas.

HUHNKE et al. (2001) pesquisaram a freqüência e a duração do ITU em Oklahoma, Estados Unidos, e para isso utilizaram dados dos verões de sete anos de 17 estações meteorológicas, observando assim, as localidades com maior número de horas de eventos estressantes e definindo essas regiões através dos valores encontrados. NIENABER et al. (2003) fizeram um levantamento do número de ondas de calor ocorridas em Nebraska,e para isso definiram o evento em todas as horas dos dias com ITU acima de 70 com duração de no mínimo três dias consecutivos, identificando a intensidade e duração das ondas, para então classificá-las em eventos de leves a extremos. Embora o ITU seja importante na determinação das ondas de calor, no presente trabalho usou-se como parâmetro patamares elevados de

temperaturas máxima e mínima.

3.2.3 Eventos extremos

Os eventos climáticos extremos são aqueles considerados raros em um determinado local e período. São também altamente intensos e impactantes ao ambiente e aos seres vivos, sobretudo ao homem. Como exemplos podem ser citados os tufões, ciclones, furacões, trombas d'água, enchentes, tempestades, secas, entre outros.

A associação dos eventos meteorológicos extremos às mudanças do clima é consideravelmente recente. A partir do Relatório da Quarta Avaliação do IPCC (IPCC, 2007), há maior certeza nas projeções dos padrões de aquecimento e de outras características de escala regional, inclusive das mudanças nos padrões do vento, precipitação e alguns aspectos dos eventos extremos e da calota polar. Essas projeções indicam um maior número de dias quentes e ondas de calor em todas as regiões continentais, principalmente em regiões nas quais a umidade do solo vem diminuindo. Há ainda projeções de aumento da temperatura mínima diária em todas as regiões continentais, principalmente onde houve retração de neve e de gelo. Além disso, dias com geadas e ondas de frio estão se tornando menos freqüentes.

O mesmo relatório (IPCC, 2007) ainda aponta para as mudanças nos padrões de variabilidade de grande escala oceânica e atmosférica devido ao aquecimento global. Segundo BOER et al. (2000), as projeções de diversos modelos indicam eventos El Niño-Oscilação Sul (ENSO) mais intensos e há evidências observacionais que suportam essa projeção. O ENSO está associado a algumas das mais pronunciadas variabilidades interanuais dos padrões climáticos em muitas partes do mundo.

3.3 Avaliação de riscos em determinados cenários

Segundo BEER e ZIOLKOWSKI (1995) o risco é conceituado como uma combinação da probabilidade de um evento e suas conseqüências.

LEGGETT (2006) relata haver potencialmente um grande número de eventos, denominados de risco global que ameaçam a civilização humana, a vida na Terra, ou ainda a

destruição total do planeta. Segundo o mesmo autor, o risco mais estudado é o aquecimento global, havendo evidências de que as ondas de calor durante o verão, que levaram a óbito um grande número de pessoas durante esta estação do ano, ocorrerão mais freqüentemente e mais severamente nos próximos anos.

A avaliação de risco de um determinado evento também pode ser elaborada mediante a uma simulação de diferentes níveis de um fator responsável por esse evento: ASSAD et al. (2004) puderam avaliar o risco do impacto negativo sobre a produção de café, em diferentes regiões produtoras do país, simulando o aumento de 1°C, 3°C e 5,8°C na temperatura média do ar. Tais valores de aumento de temperatura são baseados nas previsões de mudança climática fornecidas pelo relatório do IPCC. Os autores concluíram que, se houver as referidas mudanças, haveria fortes restrições na produção cafeeira, com a intensa diminuição de áreas adequadas à produção, bem como o deslocamento desse cultivo para regiões montanhosas e de difícil manejo.

3.3.1 Biomas

Um bioma é conceituado como um conjunto de seres vivos (vegetais e animais) constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, o que resulta numa diversidade biológica própria. Um bioma pode ter uma ou mais vegetações predominantes e é influenciado pelo macroclima, tipo de solo, condição do substrato e outros fatores físicos, não havendo barreiras geográficas (IBGE, 2004). Os biomas se dividem em terrestres (ou continentais) e aquáticos.

Na Figura 5 são apresentados os seis biomas existentes no território nacional.

Figura 5. Mapa dos biomas brasileiros.
Fonte: IBGE (2004).

Os nomes adotados pelo IBGE (2004) foram os mais usuais e populares, em geral associados ao tipo de vegetação predominante, ou ao relevo, como no caso do Bioma Pantanal, que constitui a maior superfície inundável interiorana do mundo. O Bioma Amazônia é definido pela unidade de clima, fisionomia florestal e localização geográfica. O Bioma Mata Atlântica, que ocupa toda a faixa continental atlântica leste brasileira e se estende para o interior no Sudeste e Sul do País, é definido pela vegetação florestal predominante e relevo diversificado. O Pampa, restrito ao Rio Grande do Sul, se define por um conjunto de vegetação de campo em relevo de planície. A vegetação predominante dá nome ao Cerrado, segundo bioma do Brasil em extensão, que se estende desde o litoral maranhense até o Centro-Oeste e ao Bioma Caatinga, típico do clima semi-árido do sertão nordestino.

Para complementar a ilustração da Figura 5, a Tabela 1 fornece as informações quanto à distribuição espacial das áreas ocupadas pelos respectivos biomas.

Tabela 1. Distribuição das áreas ocupadas pelos biomas brasileiros.

Biomas continentais brasileiros	Área aproximada (km^2)	Área relativa ao total ocupado (%)
Bioma Amazônia	4.196.943	49,29
Bioma Cerrado	2.036.448	23,92
Bioma Mata Atlântica	1.110.182	13,04
Bioma Caatinga	844.453	9,92
Bioma Pampa	176.496	2,07
Bioma Pantanal	150.355	1,76
Área total ocupada	8.514.877	-

Fonte: Adaptado de IBGE (2004).

A atual distribuição dos biomas e dos ecossistemas neles existentes não é estática ao longo do tempo, principalmente em se tratando das conseqüências fruto das mudanças climáticas.

NOBRE e ASSAD (2005) apontam que as mudanças dos cenários modificam a distribuição espacial dos biomas. Os autores explicam que o aumento de temperatura induz a uma maior evapotranspiração (soma da evaporação da água à superfície com a transpiração das plantas), reduzindo a quantidade de água no solo, mesmo que as chuvas não diminuam significativamente. Este fator pode por si só desencadear substituição dos biomas existentes hoje por outros mais adaptados a climas com menor disponibilidade hídrica para as plantas.

Segundo resultados apresentados no IPCC (2001 b), dois setores podem ser particularmente vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas: ecossistemas naturais e os agro-ecossistemas. Os ecossistemas naturais, ao contrário da maioria das atividades humanas, não apresentam alta capacidade de adaptação, ou mesmo uma bem-sucedida migração, em resposta às mudanças climáticas que ocorrerem em curto intervalo de décadas. O número de estudos sobre a resposta de espécies da flora e da fauna Amazônica e do Cerrado às mudanças climáticas é ainda muito reduzido, mas indicam que para um aumento de 2 a 3°C na temperatura média, até 25% das árvores do cerrado e até cerca de 40% de árvores da Amazônia poderiam desaparecer até o final deste século.

3.3.2 Eventos primários

Consideram-se neste trabalho eventos primários como aqueles que são diretamente impactantes ao ser humano, comprometendo principalmente sua saúde física e mental. O Quarto Relatório do IPCC (IPCC, 2003) identificou impactos já observados da mudança climática na saúde apenas no continente europeu listados a seguir:

- Aumento da morbidade e da mortalidade por ondas de calor, com destaque para o episódio no verão europeu de 2003, que provocou cerca de 30.000 óbitos.
- Expansão da encefalite viral transmitida por carrapatos, para latitudes mais altas na Escandinávia, e para altitudes maiores, nas montanhas da República Tcheca.
- Aumento da duração do período anual, no Hemisfério Norte, com concentrações alergênicas de pólen na atmosfera, em função da antecipação sazonal das condições climáticas típicas da primavera.

Para o futuro, o relatório projeta globalmente as seguintes tendências:

- Aumento da incidência de doenças diarréicas, em função da piora no acesso à água de boa qualidade, especialmente para uso doméstico.
- Alterações na distribuição espacial e na dinâmica populacional de vetores de doenças infecciosas e parasitárias endêmicas, tais como as espécies de mosquitos que transmitem o dengue e a malária.
- Aumento na incidência de doenças cardiovasculares e respiratórias como conseqüência do aumento da concentração de poluentes atmosféricos (especialmente o ozônio troposférico), em grandes aglomerados urbanos já poluídos.
- Aumento da mortalidade causada por eventos climáticos extremos, tais como tempestades, inundações, ondas de calor, secas e suas conseqüências, como incêndios florestais.
- Aumento no contingente populacional exposto ao regime de insegurança alimentar, com piora na condição nutricional.

Segundo o relatório do IPCC (IPCC, 2007), as chuvas intensas de verão, freqüentemente seguidas de inundações, têm provocado no hemisfério sul acidentes com fatalidades decorrentes de:

- Deslizamentos de encostas que soterram casas, geralmente em áreas de ocupação irregular (mecanismo mais freqüente).
- Queda de árvores e de outras estruturas, pela ação de vento e chuva.
- Afogamentos, especialmente em estruturas de drenagem pluvial (canais, bueiros, etc.).
- Eletrocussão, pela queda de cabos de energia, em áreas alagadas.
- Acidentes de trânsito, facilitados pelas pistas molhadas e a má visibilidade.

CONFALONIERI e MARINHO (2007) relatam um levantamento feito na Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP /FIOCRUZ), há cerca de uma década, apontou para o período de 1966 a 1996, a ocorrência de pelo menos 514 óbitos no município, como decorrência de tempestades e inundações; e afirma que estes eventos de morbidade e mortalidade continuam ocorrendo não só no Rio de Janeiro, mas em vários outros municípios de diversas regiões do país.

Segundo resultados apontados pelo IPCC (2001 a, b), os países em desenvolvimento estão de modo geral mais susceptíveis aos efeitos nocivos oriundos das mudanças climáticas. Segundo NOBRE e ASSAD (2005), esses países já possuem um longo histórico de dificuldades políticas e sociais para enfrentar as variações naturais extremas, como enchentes, inundações, deslizamento, estiagens, secas, incêndios, entre outros, e apontam que, quanto maior essa dificuldade, maior será o esforço para adaptar-se às mudanças futuras do clima, devendo-se levar em conta que a freqüência de ocorrência de muitos tipos de extremos climáticos tenderá a aumentar.

3.3.3 Produção animal

Dada a alta contribuição que a produção animal fornece ao agronegócio e ao PIB nacional, a atenção dirigida a esse setor se multiplicará frente aos cenários projetados de mudanças climáticas em todo o país. As projeções descrevem aumento de estiagem, diminuição das áreas de pastagens, comprometendo inclusive a qualidade daquelas que existem. As modificações nos biomas e a drástica diminuição do espaço útil para a produção

extensiva acarretarão uma migração cada vez maior para a produção intensiva, que exigirá maiores investimentos para a construção de novos alojamentos, incluindo em muitos casos, a aquisição de equipamentos para climatização interna.

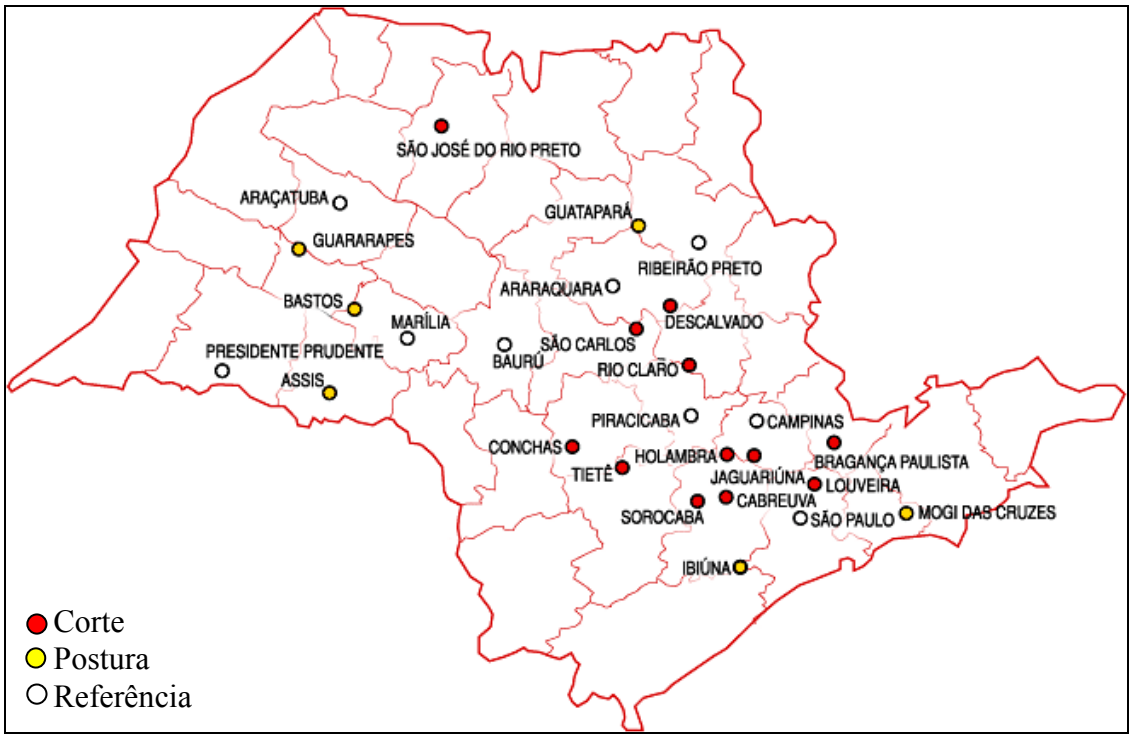


Figura 6. Localização dos municípios de intensa produção avícola de corte e de postura no estado de São Paulo
Fonte: APA (2007).

A Figura 6 mostra uma aglomeração de municípios com intensa produção avícola de corte, localizada na porção onde é constatado o clima Tropical de Altitude (Cwa), que por sua vez, possui temperaturas mais amenas quando comparado aos da região onde está localizada São José do Rio Preto. Portanto, o desenvolvimento agro-pecuário não tem se desenvolvido somente com base na aptidão climática, mas também com bases sócio-econômicas ou ainda políticas.

Índices de conforto térmico

Os índices de conforto térmico vêm sendo utilizados desde os anos 40, principalmente por militares, para calcular a baixa produtividade de tropas, quando fora de seus limites usuais

de tolerância, tendo sido amplamente usados durante a Segunda Guerra Mundial por ingleses e americanos.

A sensação térmica é a temperatura sentida por um ser vivo, e pode ser estimada pelos diferentes índices de calor, afinal ela é representada pela combinação da temperatura do ar com outros fatores meteorológicos, como o vento, representando com mais precisão os efeitos das condições do tempo sobre os organismos. Ela representa, portanto, a sensação da temperatura sentida pelos seres vivos, quando expostos a determinadas condições de temperatura do ar e de velocidade do vento, por exemplo. A sensação térmica, em relação ao vento, é também conhecida como efeito de *Windchill* (INMET, 2005).

A Figura 7 ilustra de forma esquemática o efeito para o homem da sensação térmica em função de fatores climáticos, como temperatura ambiente e umidade relativa do ar (INMET, 2005). Para animais homeotérmicos, há semelhança de interpretação, entretanto os limites dos fatores são distintos, bem como o efeito mitigador de vento tem um resultado diferente, inclusive entre espécies.

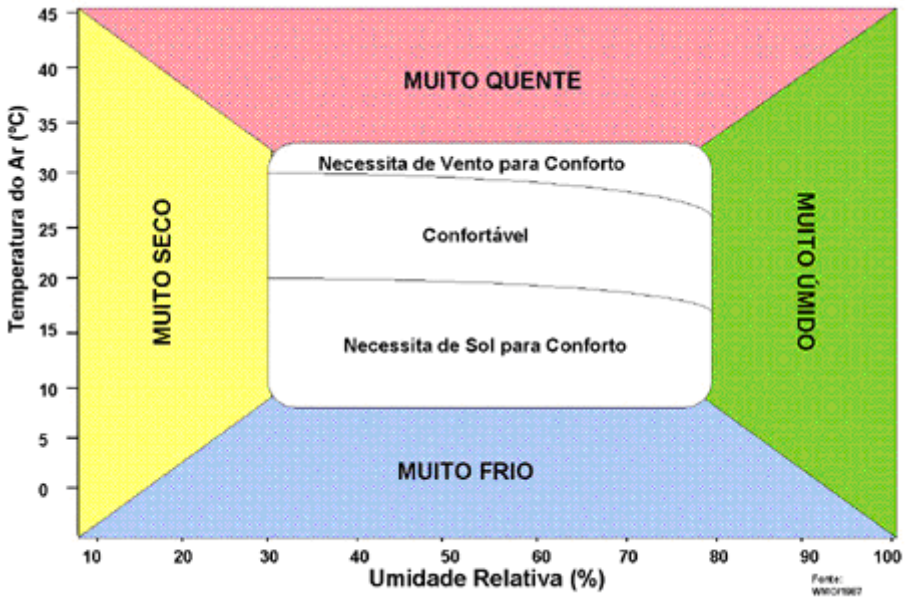


Figura 7. Diagrama do efeito dos fatores sensação térmica, em função de fatores climáticos. Adaptado de LAMBERT et al. (1997)

A Tabela 2 mostra detalhadamente qual a sensação térmica humana, de acordo com as

condições do vento e da temperatura registrada pelos termômetros meteorológicos. Por exemplo: com ventos de 4 m s^{-1} e temperatura, marcada pelo termômetro, 10ºC, a sensação térmica (a temperatura que corpo humano sente) é de 5ºC (INMET, 2006).

Essa informação é útil como referência para animais homeotérmicos, já que é pela sensação térmica que eles se termorregulam, adaptando o seu metabolismo para a sobrevivência.

Tabela 2. Tabela geral de sensação térmica para humanos.

VELOCIDADE DO AR																														
m s^{-1}	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Temp (ºC)	TEMPERATURA CORRESPONDENTE																												
10	9	7	5	4	3	2	1	0	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
11	10	8	7	5	4	6	2	2	1	0	0	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
12	11	9	8	6	5	4	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
13	12	10	9	8	7	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	13	12	10	9	8	7	6	6	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3
15	15	13	12	11	10	9	9	8	7	7	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	16	14	13	12	11	10	9	9	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
17	17	15	14	13	12	11	11	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
18	18	16	15	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
19	19	17	16	15	15	14	13	13	13	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11
20	20	18	17	17	16	15	15	14	14	14	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fonte: adaptado de INMET, (2006)

Segundo NÄÄS (1989), a classificação para os índices de conforto térmico é decorrente basicamente de dois parâmetros:

- Índices biofísicos: baseiam-se nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos de conforto com as trocas de calor que os originam;

- Índices fisiológicos: baseiam-se nas relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura ambiente, temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade do ar;
- Índices subjetivos: baseiam-se nas sensações subjetivas de conforto experimentadas pelos animais, em que os elementos de conforto variam.

A utilização de índices baseados em temperatura e umidade ambiente apresenta a característica de grande praticidade, pois são dados facilmente coletáveis nas estações meteorológicas.

O ITU para gado bovino tem sido utilizado por pecuaristas como forma de alerta, para minimizar com medidas mitigadoras o efeito do estresse devido ao calor, bem como para identificar a magnitude das ondas de calor por intermédio da intensidade e/ou sua medida pelo ITU acumulado (HARRINGTON e BOWLES, 2004).

O gráfico mostrado na Figura 8 relaciona temperatura e umidade para determinar o valor de ITU. Esse gráfico foi utilizado por NIENABER e HAHN (2004) para medir e avaliar condições de estresse em confinamentos de gado de corte, gado de leite e suínos.

Umidade Relativa %

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

Figura 8. Categorias do ITU com relação a variáveis climáticas para bovinos e suínos em confinamento.
Fonte: USDC-ESSA (1970).

Os valores de ITU menores ou iguais a 74 caracterizam situação normal; em alerta, de 75 a 78; perigo, de 79 a 83; e de emergência, quando for maior ou igual a 84. De acordo com HUBBARD et al. (1997) podem ser calculadas as chamadas Horas-ITU, sendo Horas-ITU =

$\sum(ITU_{observado} - ITU_{crítico})$. Isto é, o índice é formulado a partir da soma das diferenças entre o ITU observado a cada hora, e um patamar crítico de ITU (por exemplo 84). A soma, geralmente diária, é feita apenas para aqueles eventos em que o ITU é maior ou igual ao valor crítico.

Aplicações do ITU para aves foram adaptadas por GATES et al. (1995), constatando as variações regionais do ITU nos EUA através da aplicação de um modelo matemático para condição térmica de construções, para aviários com e sem sistemas evaporativos por nebulização. Devido à interferência das perdas de calor por ventilação, TAO e XIN (2003) adaptaram o ITU para frangos de corte em idade de abate, desenvolvendo o índice denominado como ITUV (índice de temperatura, umidade e velocidade do vento), em que a velocidade do vento é ponderada determinando estados de condição de conforto térmico normal, alerta, perigo e emergência, estabelecidos a partir da variação da temperatura corporal destas aves.

Dentro do cenário nacional, índices de conforto térmico foram desenvolvidos por pesquisadores (PITARELLO, 1994; OLIVEIRA et al., 2001), aplicando modelos de simulação de desempenho e condições ambientais, em escala reduzida para suínos e aves, respectivamente. Apesar de iniciativas no Brasil sobre a pertinência do uso do ITU sobre a eficiência de produção de leite, trata-se de iniciativa isolada sem a característica nacional, e por sua vez, aplicada à pecuária extensiva e sem aprofundamento no estudo regional

3.4 Avicultura de corte

3.4.1 Termorregulação

É o sistema natural dos animais homeotermos para a manutenção do equilíbrio com o ambiente, adaptando o animal tanto para compensar o frio, como para requisitar seu sistema de refrigeração, a fim de resistir ao calor.

A produtividade ideal na avicultura de corte pode ser obtida quando a ave for submetida a uma temperatura efetiva adequada, sem nenhum desperdício de energia gasto na termorregulação. A temperatura efetiva não se refere apenas à temperatura do ambiente, mas

sim à combinação dos efeitos da variação da temperatura de bulbo seco, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento (MOURA, 2001). Segundo a mesma autora, pode-se definir a zona termoneutra como sendo os limites de faixa de conforto que as aves possuem, resultantes da combinação de temperatura e umidade relativa. Esta faixa de conforto varia para todos os animais, conforme a idade e o peso.

A produção de calor gerada pelo corpo de um homeotermo varia em função do ambiente, para compensar os diferentes gradientes de temperatura e assim, manter a temperatura corporal constante.

SILANIKOVE (2000) fornece uma descrição esquematicamente detalhada sobre a relação entre o animal homeotermo e o ambiente, situando a zona de termoneutralidade, bem como os diferentes estágios: desde a morte por excesso de frio à morte por excesso de calor relacionado (Figura 9). No estágio 1 é encontrada uma faixa de temperatura acima ou abaixo da ideal, porém, os mecanismos de termorregulação do animal ainda não apresentam efeitos sobre a produção. No estágio 2, os animais se tornam vulneráveis para interações negativas entre a nutrição e o estresse térmico como, por exemplo, a diminuição do consumo de matéria seca e aumento da ingestão de água, quando passa a haver estresse por calor. Para o estágio 3, classificado como nocivo, a manutenção da homeotermia já não pode ser considerada eficiente: há alterações na produção de calor metabólico e na temperatura corporal, atingindo diretamente a produção animal. Por fim, o estágio 4, denominado “estágio extremo”, em que podem ser encontradas mortes por estresse, seja por frio ou por calor.

Conhecer os efeitos do ambiente dessas regiões no comportamento animal é fundamental para garantir que este não destine energia metabólica para a produção de calor, seja sensível ou latente, não comprometendo, portanto, a produção e nem seu retorno econômico.

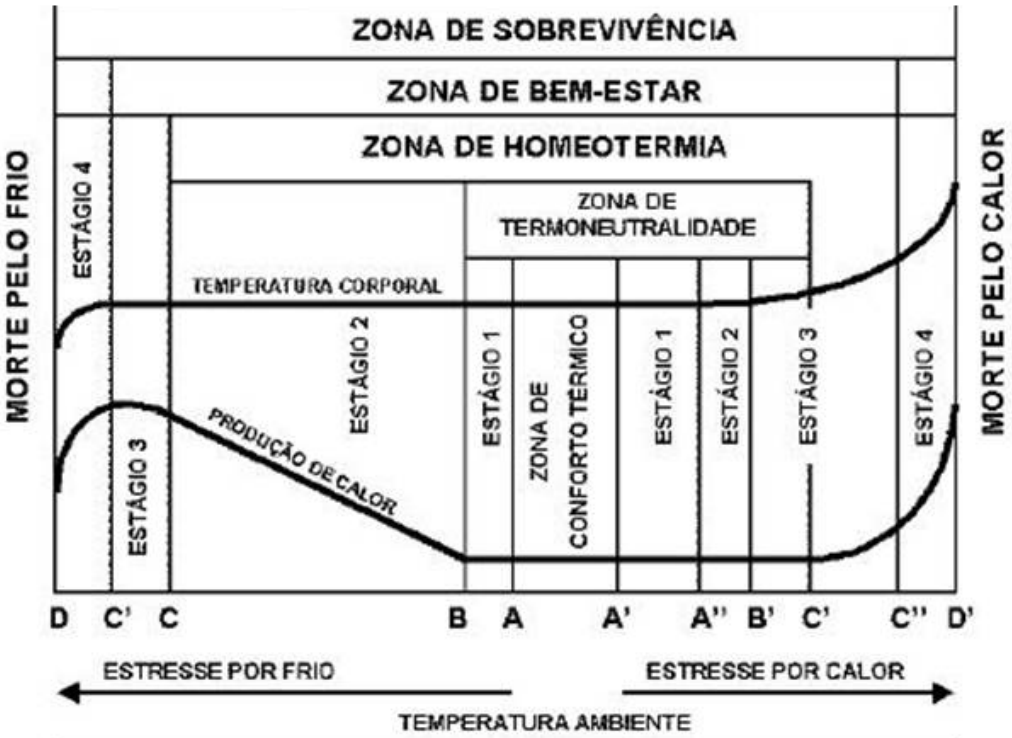


Figura 9. Curva de produção de calor de homeotermos.
Fonte: ROMA JÚNIOR (2004) adaptado de SILANIKOVE (1992).

A Figura 9 ilustra a produção de calor em função apenas da temperatura do ar. Apesar de a temperatura ambiente ser o principal fator que determina a produção de calor pelo corpo de homeotermos, outras condições do ambiente interferem na sensação de bem-estar e, facilitam ou não as trocas de calor entre o animal e o ambiente (ESMAY, 1982). A umidade relativa do ar interfere diretamente na capacidade do animal em perder calor latente para o ambiente, em condições de temperatura elevada. Para matrizes pesadas, TINÔCO (2001) propõe os valores de umidade relativa entre 70 e 80% como a faixa ideal.

3.4.2 Efeitos do calor na produção avícola

Teoricamente a avicultura pode ser desenvolvida em qualquer parte do mundo, quaisquer que sejam as condições climáticas reinantes. Na prática, o que varia são os custos, a complexidade e o manejo das instalações. Mesmo que o clima seja favorável, alguns itens devem ser observados ao se definir a localização de uma criação de aves para corte, visando a diminuição dos custos de instalação, bem como a facilidade no seu manejo, o que em ultima instância, proporciona menor custo do produto final. Para a avicultura de corte, preferem-se

regiões de clima seco e temperatura amena na maior parte do ano. Como a avicultura comercial é intensiva, as condições adversas de clima podem em parte ser eliminadas ou atenuadas, ou seja: se o clima geral da região (macro clima) tiver algum elemento adverso, podemos corrigir esses inconvenientes microclimaticamente através da utilização de aviários construídos com meios de proteção adequados. Considera-se que em regiões de macroclima mais favorável, as medidas de proteção necessárias são mais simples e mais econômicas, e o inverso pode ocorrer (ALBUQUERQUE, 2008).

Na produção de frangos o meio ambiente é de extrema importância e três fatores se destacam na sua composição: temperatura, umidade relativa e ventilação, sendo que as aves têm exigências climáticas diferentes de acordo com a idade. Há evidências de que outros fatores podem também interagir causando estresse, como: radiações, campos eletromagnéticos, pressão do ar, ruído ambiental, componentes poluentes do ar, etc. Quanto à umidade relativa, determinou-se que em um nível de 35 a 75% não há interferência no desenvolvimento inicial de frangos.

Umidade relativa do ar

ZANOLLA (1998) considera que a umidade relativa do ar e a temperatura de bulbo seco possuem papel importante na dissipação de calor pelos animais. Altos valores de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar são extremamente danosos para a produção animal, sendo que, no interior de instalações zootécnicas, a umidade relativa do ar é função da temperatura do ambiente de criação, do fluxo de vapor d'água oriundo dos animais, das fezes e/ou da cama e do sistema de ventilação.

De acordo com HICKS (1973), para as aves a faixa de umidade relativa do ar considerada satisfatória para a melhor produção de frangos de corte está situada entre 35% e 75%, enquanto DONALD (1998) recomenda a faixa de umidade relativa do ar entre 50% e 60%. De acordo com estes autores, as trocas térmicas entre o animal e o meio não são afetadas nesse intervalo de umidade relativa.

Velocidade do vento

Para YANAGI JUNIOR (2008), a velocidade do ar influencia positivamente a condição de conforto dos animais, auxiliando-os na manutenção de sua produtividade. A renovação do ar no interior da instalação permite a redução da transferência de calor da cobertura, facilitando as trocas de calor corporal por convecção e evaporação (BAÊTA e SOUZA, 1997), diminui o excesso de umidade ambiente e de outros gases como NH_3, CO_2 e H_2S, advindos da cama, da respiração e dos excrementos, evitando as doenças pulmonares.

Para as aves adultas, a velocidade do ar máxima recomendada é de aproximadamente 0,2 m s^{-1} no inverno e 0,5 m s^{-1} no verão, segundo estudos de VAQUERO (1981) e CURTIS (1983).

Estudos realizados por MEDEIROS (2001) sobre a influência do ambiente térmico na produtividade de frangos de corte entre a 4ª e a 6ª semanas de idade, verificaram que as faixas de temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar e velocidade do vento que resultam em maior desempenho, ocorrem entre 21 e 27°C, 50 e 70% e 0,5 e 1,5 m s^{-1}, respectivamente.

O calor proveniente da radiação solar, somado àquele gerado pelas aves nas edificações de abrigo à produção avícola, são as duas principais fontes de calor no interior dos galpões. Dentre as parcelas de radiação que atuam na instalação, a proveniente do telhado é aquela que age com maior intensidade, constituindo a variável mais importante. O animal sofre com o calor, o que lhe causa estresse térmico e traz baixa produtividade (ESMAY, 1982; CURTIS, 1983).

Estresse por calor em aves

Para definir o que é o estresse primeiramente devemos definir o que é homeostase. A homeostase (homeo = igual; stasis = estável). Para SABATTINI (2003) o conceito de homeostase não é mais que a estabilidade controlada do ambiente interno, composto pelas células e tecidos. Para MOBERG, (2000) o estresse pode ser definido como a resposta biológica ou conjunto de reações obtidas quando um indivíduo percebe uma ameaça a sua homeostase.

De acordo com VON BORELL (1995) e PIMENTEL-SOUZA et al. (1997), o termo estresse implica em uma ameaça à qual o corpo precisa se ajustar. Para FRASER et al., (1975), diz-se que um animal está em estado de estresse se é necessário que faça ajustes anormais ou extremos em sua fisiologia ou comportamento para ajustar-se a aspectos adversos do seu ambiente e manejo. Esta adaptação envolve uma série de respostas neuroendócrinas, fisiológicas e comportamentais que funcionam para tentar manter a homeostase, i.e., o equilíbrio de suas funções (BARNETT e HEMSWORTH, 1990)

De acordo com MACARI (2007), as temperaturas ambientais consideradas confortáveis para as aves está ao redor de 25 a 28^{o}C, a temperatura média da superfície da pele é ao redor de 33^{o}C, e a temperatura interna de 41^{o}C ; assim, como existe uma diferença de temperatura entre a superfície da pele e o ambiente, ocorrerá um fluxo de energia (calor) do local mais quente (pele - 33^{o}C) para o mais frio (ambiente - 25 a 28^{o}C).

Considerando a diferença de temperatura de 5^{o}C, a ave tem baixo gasto de energia para ativar os mecanismos de alarme e, com isso, manter a homeotermia. Contudo, quando essa diferença aproxima-se de zero, ou seja, temperatura do ambiente igual a temperatura de pele, a ave não consegue perder energia através desses mecanismos sensíveis e entra em estresse pelo calor, pois ocorrerá acumulo de energia no organismo, com aumento da temperatura interna. As aves, de forma similar aos mamíferos, nessas circunstâncias, ativam os processos evaporativos de perda de energia (evaporação cutânea e respiratória), que não dependem da diferença de temperatura (pele - ambiente), mas da diferença de pressão de vapor. Esse processo denomina-se perda de energia (calor) latente (MACARI, 2007).

Influência do estresse térmico no desempenho e no comportamento do frango

As três maiores fontes de calor em uma instalação avícola são: a radiação solar, o calor total produzido pelos próprios animais e a radiação emitida pelos arredores da instalação. O calor de radiação solar direta representa 75% do total de calor na forma de radiação que atinge uma instalação. Nas horas mais quentes do dia, possui um fluxo de calor cinco vezes maior que o calor gerado internamente na instalação. O aumento da temperatura interna provoca nos animais redução do apetite e conseqüente consumo de ração. Esse fato ocorre devido ao fato de que a digestão e absorção de nutrientes têm custo energético elevado, representando de 10 a

15% da taxa metabólica basal (custo metabólico para manter o animal vivo) do animal. Assim, como durante a digestão e absorção a produção de calor aumenta, o animal diminui o consumo, a fim de reduzir a quantidade de energia gerada internamente pelo organismo (SOUSA, 2008).

Sendo o estresse térmico um dos mais importantes fatores de perdas de produção, sua redução é necessária para se alcançar maior produtividade. Resumidamente, as conseqüências mais importantes na presença do estresse térmico de calor, são: queda do consumo de alimentos, menor taxa de crescimento, queda na produção de ovos, maior incidência de ovos com casca mole, e de menor densidade, diminuição da eclodibilidade e aumento da mortalidade. O maior desafio encontra-se em balancear o custo operacional de um sistema regulador do ambiente do galpão e do sistema termorregulador do animal, ou de uma monitoração mais acurada desse ambiente, de forma a poupar o sistema termorregulador da ave, dando-lhe maior equilíbrio termodinâmico e, portanto, maximizando sua produção

Um dos principais efeitos, no aspecto comportamental, decorrente das altas temperaturas nos lotes de frango de corte, é a redução no consumo alimentar. A redução no apetite das aves se dá numa tentativa de reduzir a produção de calor interno, ocasionada pelo consumo de energia presente na ração. A redução no consumo de ração e, conseqüente diminuição na ingestão de nutrientes, afeta diretamente a produtividade do lote, culminando em uma redução do ganho de peso das aves.

Segundo MOURA (2001), a exigência energética é o principal fator regulador de consumo da ave, isto é, quando a temperatura ambiente aproxima-se de sua temperatura basal, a dissipação de calor é minimizada, reduzindo-se também sua exigência energética. Quando a temperatura ambiente está acima da zona termoneutra ocorre redução na atividade física, além de diminuição da produção interna de calor das aves e o calor metabólico migra à superfície do corpo, na tentativa de liberar calor ao ambiente, pelos processos de condução, convecção e radiação. Para se defenderem das altas e baixas temperaturas, as aves alteram seu comportamento e utilizam recursos fisiológicos.

A produtividade, expressa em ganho de peso e conversão alimentar do frango de corte, depende da interação entre variáveis como peso pós-eclosão, nutrientes da dieta, qualidade da água e temperatura ambiente. As perdas econômicas provocadas pelo calor são especialmente importantes, pois ocorrem freqüentemente quando os frangos estão próximos de serem

comercializados.

De acordo com SILVA (2000), frangos de corte são muito sensíveis a temperaturas elevadas por serem animais que não se ajustam perfeitamente aos extremos de temperatura, por possuírem alto metabolismo e por terem grande capacidade de retenção de calor através da sua cobertura corporal. Portanto, em situações de grande amplitude térmica, as aves têm sua sobrevivência ameaçada, particularmente acima de 38ºC. Nessas situações, as aves diminuem o ganho de peso e a eficiência de conversão alimentar. MEDEIROS (2001) cita as prováveis conseqüências das variações da temperatura sobre o comportamento produtivo das aves (Tabela 3).

Tabela 3. Influência da temperatura do ar (tbs) sobre a produtividade de aves.

Tbs (ºC)	Conseqüências
< 10	Redução no ganho de peso e na eficiência alimentar;
10 a 21	Eficiência alimentar permanece afetada;
≤ 20	Elevação da UR não interfere na perda de calor por evaporação;
15 a 26	Melhor eficiência alimentar e ganho de peso;
20	Ideal para ganho de peso de aves de corte. Cada 1ºC a mais entre 21 e 30^{o}C e 32 a 38^{o}C implica em decréscimo na ingestão alimentar de 1,5 e 4,6%, respectivamente;
29 a 32	Consumo alimentar diminui; ganho de peso é baixo;
32 a 35	Consumo alimentar continua decrescente. O consumo de água passa a ser superior ao dobro do normal; nesta faixa de temperatura ambiente a temperatura interna da ave começa a aumentar;
35 a 38	Prostração por calor: medidas emergenciais são necessárias para o resfriamento das aves. A luta pela sobrevivência é o interesse maior nessa faixa de temperatura.

Fonte: MEDEIROS (2001).

Os problemas da criação de aves no Brasil têm sido associados ao estresse calórico, provocado pelas altas temperaturas no verão, com declínio na produtividade, diminuição do consumo de ração e aumento da mortalidade. Esse último tende a ser mais intenso no regime de alta densidade, face ao maior número de aves e à maior produção de calor.

3.5 Técnicas de pré-análise de bancos de dados

Com o avanço tecnológico, principalmente na área computacional, a obtenção de grandes volumes de dados é cada vez maior. A extração de grande conteúdo de dados exige grande capacidade de processamento para se obter informações realmente úteis.

3.5.1 Mineração de dados (Data mining)

A mineração de dados fornece o suporte através da redução dos dados, termo que os autores utilizam, significando a extração do conteúdo essencial das variáveis de interesse (FAYYAD et al., 1996).

Segundo JOHNSON et al. (1998), durante a análise exploratória de dados são levantadas as possíveis relações de interesse entre as variáveis que devem ser estudadas, de acordo com os objetivos do trabalho. A exploração pode ser elaborada, analisando todas as variáveis conjuntamente de uma única vez (análise multivariada), ou dando-se ênfase às variáveis, uma de cada vez (análise univariada).

Através da exploração, ou mineração de dados (*data mining*), é possível extrair novos conhecimentos, ou ainda confirmar conhecimentos já estabelecidos (TWO CROWS CORPORATION, 1999).

Esse conjunto de técnicas (dentro do "KDD" – *Knowledge Discovery in Datasets*) é adequado para se "minerar", permitindo assim levantar hipóteses a serem testadas posteriormente, talvez em um futuro experimento controlado. Tal técnica é de grande importância para os estudos observacionais, onde o pesquisador não possui meios de controlar, mas apenas de monitorar as observações das variáveis coletadas. Portanto, a aquisição do banco de dados deve ser feita com cautela, devido à falta de controle de possíveis variáveis perturbadoras e de pouca representatividade da amostra.

Cabe salientar que o tamanho da amostra não é necessariamente o quesito mais importante de um conjunto de dados, mas sim o planejamento e a execução da amostragem aleatória. Tais qualidades, por sua vez, inserem nos dados a confiabilidade e a representatividade necessária para que se proceda com as inferências das descobertas adquiridas (FAYYAD et al., 1996). Os mesmos autores apresentam cinco casos de estudos,

em diferentes áreas, onde foram aplicadas as técnicas de mineração e concluíram que as aplicações na ciência podem geralmente facilitar a extração de conhecimento, quando comparada a outras áreas como *business*, finanças, etc. Isso se deve ao fato dos cientistas e pesquisadores acadêmicos terem mais facilidade de usufruírem dessa técnica, devido ao conhecimento mais detalhado dos dados, melhor intuição para lidar com possíveis transformações, facilidade de interpretação, etc.

De acordo com esses autores existem três maneiras de se explorar dados – por meio de Associação, Classificação e Agrupamento:

- Associação - método usado para apresentar quais variáveis se relacionam, como se associam e, ainda, o grau de associação existente. Somente em um experimento controlado essa metodologia estabelece uma relação de causa e efeito entre as variáveis. Pode-se avaliar associação para todos os tipos de variáveis presentes em um banco de dados, tanto as variáveis discretas como as contínuas, dependendo do método.
- Classificação – método que estabelece uma relação entre uma ou mais variáveis independentes a uma única variável classificatória (dependente). As classes são consideradas como níveis ou categorias da variável de classificação. Dependendo do método de classificação, as variáveis independentes podem ser categóricas (discretas) ou contínuas, porém, independente do método, a variável de classificação deve ser categórica, ou pelo menos categorizável.
- Agrupamento - discriminação de características heterogêneas em uma população, separando as diferenças e posteriormente, agrupando em diferentes subgrupos de características homogêneas. Assim, segundo JOHNSON et al. (1998)**,** a principal característica dessa técnica é de se manter os registros similares, com mínima variação dentro dos grupos, e de grande diferença entre as características de cada grupo. Portanto, como na associação, não há sentido em se classificar a variável de independente ou dependente, pois todas as variáveis presentes no banco de dados assumem o mesmo papel nas análises.

3.5.2 Métodos estatísticos descritivos e exploratórios

As análises descritivas e exploratórias são um importante meio de pré-avaliar os dados de interesse, pois fornecem subsídios para o conhecimento mais concreto a respeito das variáveis registradas, permitindo também o levantamento de diversas hipóteses importantes para a investigação científica. De maneira geral essas hipóteses podem ser avaliadas por meio de análises confirmatórias, como testes de hipóteses, modelos, etc. (SALGADO, 2006).

3.6 Modelos de análise de risco

Estudos do impacto das mudanças climáticas e do aquecimento global têm examinado amplamente suas conseqüências, mas têm sido menos capazes de obter as probabilidades dessas conseqüências (JONES, 2003). Baseando-se nos relatórios já emitidos pelo IPCC, muitos autores vêm utilizando modelos de simulação para a avaliação do impacto das mudanças climáticas sobre diferentes segmentos da agricultura.

ASSAD et al. (2004) se basearam em modelos de regressão linear múltipla para estimação de temperatura média anual e da probabilidade de geada, em função da posição geográfica, e ainda em cálculos de deficiência hídrica, com o propósito de elaborar o zoneamento de risco climático para o cultivo do café, através da simulação de cenários climáticos futuros.

SILVA e ASSAD (2001) utilizam um modelo de simulação de balanço hídrico e técnicas de geoprocessamento para identificar as melhores datas de semeadura para o cultivo de arroz de sequeiro, na região do cerrado. O modelo simplifica as estimações de evapotranspiração, possuindo uma margem de erro de 10%. Com a associação do modelo simulação e as técnicas de geoprocessamento foi possível a realização do zoneamento de risco climático para o arroz.

3.6.1 Geoestatística e modelos meteorológicos

Em um estudo de distribuição espacial de dados são associados, de modo geral, as coordenados espaciais em função de uma variável de interesse. Do ponto de vista da geometria, cada um dos pontos coletados é constituído de pelo menos três dimensões: um par

de coordenadas para a localização superficial e uma variável resposta, formando pontos pi = (x_i,y_i,z_i), sendo i valor correspondente registro de coleta. Para se estudar a distribuição espacial de z_i em função da posição (x_i, y_i), como por exemplo, incidência de onda de calor em função da latitude e longitude, faz-se necessária estimação da função $z_i = f(x_i, y_i)$. Uma das formas de se estimar a função que relaciona uma variável de interesse, indexada pela posição espacial de coleta, é por meio de um processo denominado krigagem (HOSSEINI et al., 1994).

A previsão de ocorrência de eventos meteorológicos extremos tem importância por si só, mas deve-se reconhecer que mais importante ainda é a determinação da persistência de tais ocorrências no tempo.

Através da persistência de um determinado evento pode-se dar significado a sua observação "instantânea", feita por meio de instrumentos de superfície ou de altitude. A determinação da probabilidade condicional do valor futuro de uma variável ou condição meteorológica é, portanto, um passo importante para a previsão de ocorrência de eventos meteorológicos extremos.

Um problema de interesse contínuo para os meteorologistas é a construção de modelos analíticos que não requeiram extensa série de dados climatológicos, para estimar a probabilidade condicional de repetição de vários fenômenos. De acordo com FELLER (1966) a estimativa de probabilidades condicionais pode ser feita diretamente a partir de extensa série climatológica ou a partir de modelo estocástico baseado em informação sobre probabilidade incondicional e correlação hora-a-hora. GRINGORTEN (1970), MCALLISTER (1969), LUND e GRANTHAM (1970) aplicaram um modelo baseado em processos de Markov a diversos eventos meteorológicos, tendo determinado os parâmetros do modelo em cada caso. Esses modelos demonstram que se pode eliminar a necessidade de processar séries extensas para estimar probabilidades condicionais e que apresentam melhor estimativas da probabilidade real do que as estimativas baseadas em séries de pequena ou média extensão.

IAFFE et al. (2003) utilizaram o número de dias consecutivos de temperaturas acima ou igual a 34°C para estimar as probabilidades da permanência (em dias) desse evento. Foram utilizados os registros diários das temperaturas máximas no período de Setembro a Novembro, de 1962 a 2003, nas localidades de Adamantina, Votuporanga, Botucatu, Campinas e Garça. Com base no modelo de cadeia de Markov de primeira ordem, os resultados apresentados por

esses autores apontam como sendo 15% a probabilidade da temperatura máxima (maior ou igual a 34°C) permanecer por três dias, nos municípios de Votuporanga Garça e Adamantina.

3.6.2 Outros modelos

O cálculo baseado em conjuntos Fuzzy é uma ferramenta promissora para lidar com incertezas cognitivas. Desde a sua introdução, a teoria dos conjuntos Fuzzy atraiu a atenção de muitos pesquisadores das áreas de conhecimento da matemática e engenharias, assim como os cientistas da computação. Durante as duas últimas décadas, a lógica Fuzzy foi aplicada com sucesso na solução de muitos problemas reais, em vários nichos das áreas de conhecimento da engenharia e da ciência (NETO, 2007).

De acordo com AMENDOLA et al. (2005), uma das vantagens de se utilizar teoria *fuzzy* é a possibilidade de modelar e manipular matematicamente informações vagas e imprecisas, naturais da linguagem humana e, portanto, fornecidas pelos especialistas (não matemáticos) ao caracterizar os processos estudados.

Existem, por outro lado, trabalhos científicos que utilizam dados de contagem de baixa probabilidade de ocorrência, requisitando modelos e métodos baseados na distribuição de Poisson - mediante o teste Qui-Quadrado, a qualidade do ajuste desses modelos é geralmente muito alta (DOWDY e WEARDEN, 1991).

Na literatura, em diversos trabalhos utilizaram da distribuição de Poisson para avaliação da distribuição espacial (BROWN e CAMERON, 1982; MARUYAMA et al., 2002). Esses autores descreveram a dispersão espacial de insetos e pragas e essa metodologia permitiu a investigação da distribuição espacial desses animais com eficácia, mostrando tendências de agrupamento em áreas delimitadas nos experimentos realizados.

HUHNKE et al. (2001) demonstraram eficientemente um método para elaboração de um modelo estatístico de predição de número de horas médio anual, em que o ITU atinge um valor prejudicial á produção de aves, em função do posicionamento geográfico (latitude e longitude) da região de Oklahoma (EUA). Os autores utilizaram o modelo de regressão loglinear (Regressão de Poisson), através do qual o produtor de aves teve acesso ao número de horas gastas anualmente para utilizar o resfriamento evaporativo para reduzir o estresse

calórico de seus animais.

SALGADO (2006), por outro lado, apresentou modelos baseados em distribuição de Poisson, associando comportamentos de aves em função da temperatura, idade, tipo de ração e presença (ou ausência) de arraçoamento. O autor utilizou os modelos de Equações de Estimação Generalizadas (EEG), que incorpora a estimativa dos dados provenientes da mesma unidade experimental, medidas repetidas, ao longo do tempo. Este tipo de modelagem não exige necessariamente a independência dos valores observados no experimento.

Trabalhos que se utilizam conjuntamente das análises estatísticas univariadas e multivariadas tornam as informações extraídas ainda mais precisas e completas para o pesquisador. Segundo MOREIRA et al. (2003), as análises univariada e multivariada realizadas conjuntamente foram importantes para discriminar cafés provenientes de dois sistemas de produção, por meio de caracterização química elementar realizada por ativação neutrônica instrumental. Nesse estudo foi delineado um experimento com parcelas subdivididas (delineamento *Split-splot*), devido à declividade e heterogeneidade do terreno, e as análises foram realizadas em duas diferentes etapas:

- Na primeira etapa os autores utilizaram a Análise de Variância (univariada), para avaliar a hipótese de igualdade de compostos nos grãos produzidos em ambos os sistemas de produção (sombreado e pleno sol) e efetuando-se, posteriormente, testes de comparações múltiplas (teste Tukey).
- Na segunda etapa foi realizada uma avaliação de associação multivariada, através da Análise de Componentes Principais (ACP). Tal técnica permitiu encontrar os elementos de compostos com mais importância para se fazer a discriminação. Segundo os mesmos autores, houve maior concentração de K (Potássio) e menores concentrações de Br (Bromo) e Cs (Césio) nos grãos do tratamento sombreado.

Embora não se encontrem muitos trabalhos utilizando esta metodologia, na área agrícola, os modelos de Poisson são utilizados na área de Saúde pública (SANTOS et al., 2004; FONSECA et al., 2004; GOMES et al., 2005). A versatilidade desse tipo de metodologia é relevante para o pesquisador, pois se adapta tanto para estudos observacionais

prospectivos[2], quanto para os retrospectivos[3].

Na área de climatologia, a aplicação de modelos de predição tem sido dificultada pelas múltiplas interações de fatores ambientais naturais com abruptas variações não lineares, aumentando a incerteza sobre a previsibilidade de eventos extremos (SCHNEIDER, 2004). Apesar de serem controversas as projeções sobre os ciclones, tornados e muitos outros eventos extremos, o mesmo autor alerta que já é teoricamente sabido que com o avento do aquecimento climático, haveria mais furacões de maiores intensidades. Na área de Epidemiologia é destacado o uso dessa técnica, pois a modelagem baseada na distribuição de Poisson para dados de contagem é freqüentemente utilizada; assim como no campo da Bioestatística (CHEN et al., 1999; FARIA et al., 2004; LEE et al., 2004; ENGEL et al., 2005).

A resposta das aves às temperaturas elevadas tem sido estudada, na maior parte das vezes, em condições estáticas, diferentemente do que se observa nas ondas de calor. No entanto, alguns autores, por meios experimentais controlados, estudaram os efeitos de variadas condições térmicas sobre as aves (PEREIRA, 2005; SALGADO, 2006). NIENABER e HAHN (2004) relatam perdas decorrentes de ondas de calor e o monitoramento das condições ambientais pelo índice de temperatura e umidade (ITU). As condições específicas de "perigo" e "emergência" são citadas como faixas de alto risco de mortalidade decorrente direta e indiretamente do estresse calórico.

Outros animais, como o gado de corte, também foram avaliados com respeito a sua produtividade e bem-estar face às temperaturas elevadas, segundo BROWN-BRANDL et al. (2003) esses animais, durante a fase de engorda, nas baias, são particularmente vulneráveis ao estresse térmico devido à impossibilidade de se moverem para um ambiente mais confortável. HAHN (1999) revela ainda que milhares de desses animais têm morrido em tais circunstâncias nos últimos dez anos, devido às ondas de calor, gerando, por sua vez, um efeito negativo na balança custo x benefício da produção de carne bovina.

[2] Característica de um estudo observacional que avaliar associação entre fator e resposta, aplicando o tratamento no presente para observar a resposta no futuro (FLEISS et al., 2003).

[3] Característica de um estudo observacional que permite a averiguação da associação fator *versus* resposta, observando respostas, no presente, e buscando, no passado, fatores possivelmente associados. (FLEISS et al., 2003).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Levantamento de dados históricos

Os dados iniciais foram obtidos através de um levantamento histórico realizado pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas a Agricultura da Universidade Estadual de Campinas (CEPAGRI/UNICAMP), que disponibilizou tais dados para a realização desta pesquisa. Os dados consistiam em temperaturas diárias (temperatura de bulbo seco) máximas e mínimas, coletadas por um período de até 17 anos, em 40 estações meteorológicas distribuídas em diferentes municípios do estado de São Paulo.

4.2 Características dos dados iniciais.

Os dados estavam compactados em diferentes arquivos, separados por municípios, com diferentes formatos inadequados às análises pretendidas neste trabalho.

4.3 Preparação dos dados históricos e classificação das variáveis.

Foi necessário montar um banco de dados único, a partir dos diversos arquivos, convertendo-os em tabelas estruturadas e compatíveis com o aplicativo Excel®, com um formato organizado, padronizado e apto para as futuras análises estatísticas.

Os registros dos dados foram dispostos da seguinte forma na planilha:

- Nas diferentes colunas estavam presentes as variáveis de controle: local (V1) dia (V2), mês (V3) e ano (V4); e as variáveis principais: temperatura máxima diária (V5) e temperatura mínima diária (V6);
- As linhas representam os registros diários consecutivos.

Desse modo, a matriz dos dados foi composta por 86 mil registros diários (linhas) e cinco variáveis (colunas).

Com base em MACHADO (1950) e SARTORI (2000), citados por ROSSATO et al. (2003), foi elaborada uma variável de classificação binária denominada "Temperatura diária extrema" (V7). A classificação foi estabelecida a partir das temperaturas máximas e mínimas diárias simultaneamente, com a seguinte organização binária:

- Quando a temperatura diária máxima estava acima de 32° C e a mínima acima de 22° C, então a temperatura diária era considerada extrema e recebia o valor "um" (1);
- Caso contrário, a temperatura diária era não alarmante, recebendo o valor zero (0).

A partir da variável classificadora (V7), pôde-se introduzir a variável (V8), que estabeleceu a contagem de dias consecutivos com temperatura extrema. Assim, baseando-se nos mesmos autores, a onda de calor foi detectada quando V8 assumia valores iguais ou maiores que três (3), isto é, três ou mais dias com temperaturas máximas e mínimas acima de 32° e 22°C respectivamente. Para a elaboração dessa variável (V8) foi necessário o auxílio de um programa elaborado em *Delphi*®.

4.4 Análises preliminares sobre o banco de dados.

Com o objetivo de se organizar o banco de dados, buscando eliminar erros de digitação, conferência de registros, entre outros, foram detectadas algumas deficiências na coleta dos dados registrados, como se segue:

- **Falta de sincronismo**: os dados não foram coletados para cada município a partir do mesmo ano;
- **Desbalanceamento**: dados coletados por diferentes períodos, resultando em muitos anos completos de coletas para alguns municípios, enquanto que, para

outras, não havia mais de um ano completo;

- **Ausência sistemática de coletas de dados**: para alguns anos não havia coletas nos meses finais, ou só existiam coletas nos primeiros meses.

Problemas como falta de sincronismo não puderam ser solucionados, pois se fossem aparados o início e o fim da coleta de dados de períodos diferentes, apenas os dados de dez municípios seriam aproveitados. Isso corresponderia a uma exagerada redução na informação dos dados, sobretudo quanto à variabilidade espacial do estado de São Paulo. Logo, sob o ponto de vista dos objetivos deste trabalho, foi mais coerente manter o maior número de diferentes pontos de coleta, mesmo não havendo total sincronismo entre os pontos.

Analogamente, pelo mesmo motivo, não se pôde fazer o balanceamento dos registros por cidade, pois a variação de diferentes períodos de coletas era grande.

Contudo, foi importante extrair dados de alguns municípios em que, em determinados anos, havia uma grade ausência de registros consecutivos. Essa conduta foi necessária para evitar o "vício" nas estimativas. Assim, o banco de dados composto passou a ter dois municípios a menos e, por conseguinte, houve uma ligeira redução de linhas: 38 municípios no banco de dados, contendo registros diários e contabilizando o total de 77687 linhas.

4.5 Análise descritiva das condições climatológicas

As análises iniciais dos dados foram obtidas através dos levantamentos das estatísticas descritivas de cada um dos locais onde se encontram as estações meteorológicas. Essas análises permitiram uma avaliação sumarizada das dos padrões de temperatura entre as regiões estudas. Foram utilizadas as seguintes medidas descritivas:

- Média
- Mediana;
- Valor máximo;
- Valor mínimo;
- Desvio padrão;
- Erro padrão;

4.6 Análise Exploratória – Mineração de dados

Através das variáveis V7 (Temperatura Diária Extrema) e V8 (contagem de dias com temperatura extrema), foram obtidas tabelas de contingência elaboradas de modo a se mensurar os riscos por meio das probabilidades condicionais, que por sua vez foram estimadas através de freqüências relativas. Esse processo de estimação está de acordo com FLEISS, (2003) e ENGEL (2005), que definem o risco como uma probabilidade condicional.

4.7 Mapeamento de risco de produção

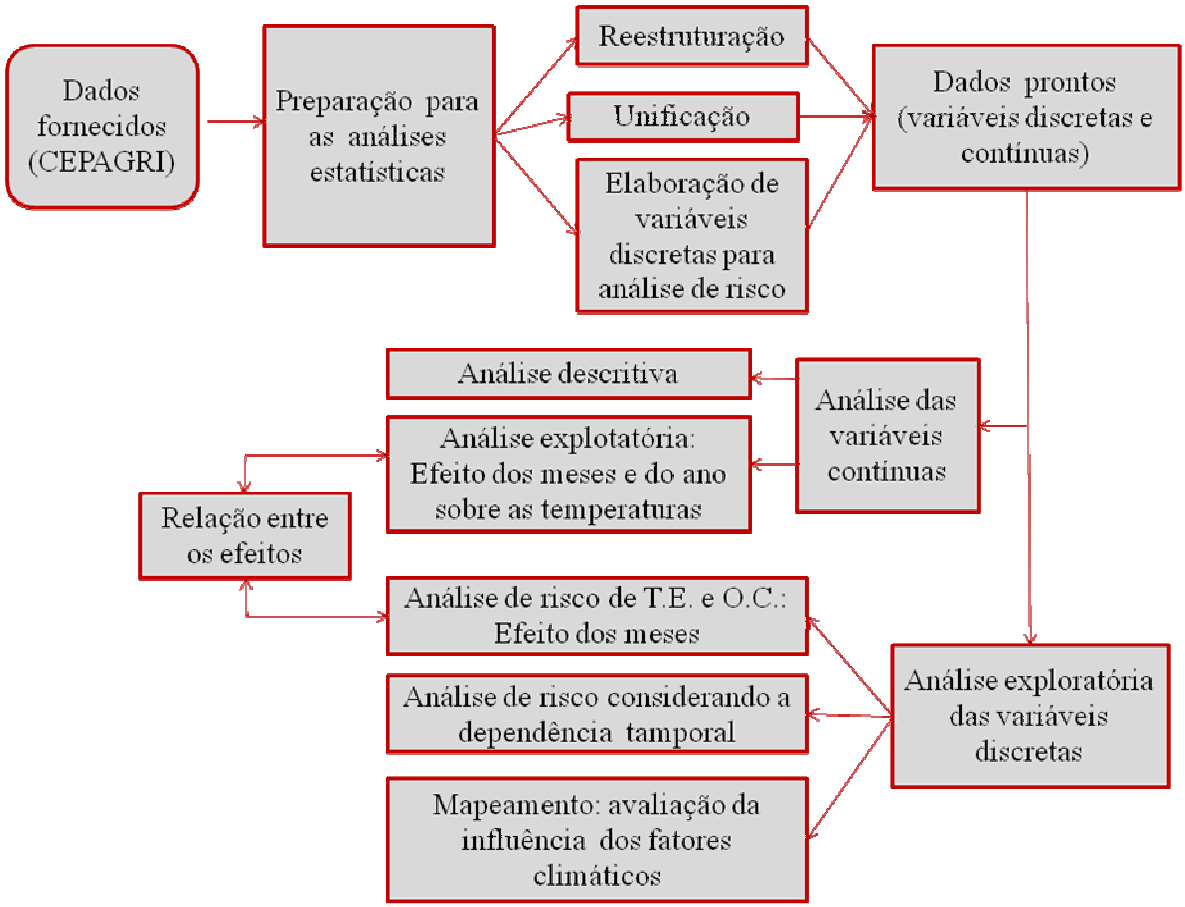
Para a confecção dos mapas foi utilizado o *software* ArcGis 9.2 – ESRI®, com a base cartográfica poligonal do estado de São Paulo proveniente do IBGE e referente ao ano de 2000. Juntamente com alguns dos mapas também foram inseridas as curvas de nível (isolinhas) das altitudes do estado de São Paulo.

As bases cartográficas das curvas altimétricas são provenientes da Agência Nacional de Águas (ANA) e são referentes ao ano de 2005. Os mapas apresentados são classificados como corocromáticos, pois classificam diferentes magnitudes de risco e de altitude através de diferentes cores.

Foi analisada a distribuição espacial geográfica desses valores para o período de coleta, identificando áreas de risco de perdas produtivas. O mapeamento do risco à produção foi elaborado a partir da distribuição das variáveis V7 (Temperatura Diária Extrema) e V8 (contagem de dias com temperatura extrema) no estado de São Paulo, apontando quais as regiões são mais propensas às perdas produtivas devido às condições térmicas desfavoráveis.

4.8. Esquema da Seqüência da Análise

A Figura mostra o fluxograma que descreve o roteiro das análises para desenvolver as a avaliação completa do risco à avicultura, aplicado ao estado de São Paulo.



T.E. – Temperatura extrema diária
O.C – Onda de calor

Figura 10. Fluxograma da avaliação do risco de fenômenos meteorológicos de alta temperatura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises inicialmente foram feitas usando as variáveis contínuas, temperaturas mínimas, médias e máximas diárias, com o intuito de descrevê-las através das medidas resumo (de posição e de dispersão).

Em seguida, foram realizadas as análises sobre a variável já categorizada, denominada "Temperatura diária extrema", avaliando-se os riscos de ocorrência desses fenômenos.

E por fim, foram elaboradas as análises baseadas nas ondas de calor, bem como nos riscos de ocorrência das diferentes magnitudes desses eventos.

5.1 Análise das temperaturas mínimas médias e máximas diárias

Nesta seção foram realizadas as análises descritivas sobre as temperaturas (mínimas, médias e máximas) comparativamente para os municípios onde se coletaram os dados. O propósito foi documentar resumidamente as características dos dados e obter uma breve comparação entre os municípios quanto às temperaturas. Para tanto, foram calculadas as medidas estatísticas nas Tabelas 3, 4 e 5:

- Medidas de tendência central (ou de posição): média, mediana, máximo e mínimo;
- Medidas de dispersão: desvio padrão e erro padrão.

Nas Tabelas 4, 5 e 6 são apresentados , respectivamente, os resultados das medidas estatísticas de descrição das temperaturas mínimas médias e máximas para os municípios em que se coletaram dos dados.

Tabela 4. Dados descritivos para os municípios, ordenados segundo a média da temperatura mínima diária (°C).

Temperatura Mínima Diária (°C)			Erro	Desvio			
Município	**N**	**Média**	**Padrão**	**Padrão**	**Mínimo**	**Mediana**	**Máximo**
Mirante do Paranapanema	731	20,23	0,15	4,17	7,00	20,00	30,00
São José do Rio Preto	1461	19,47	0,10	3,72	5,00	20,00	28,00
Araçatuba	3652	19,17	0,06	3,57	5,00	20,00	29,00
Osvaldo Cruz	731	18,89	0,13	3,42	7,00	19,00	26,00
Presidente Prudente	6066	18,73	0,05	3,74	0,00	19,40	27,70
Tupã	365	18,68	0,24	4,60	5,00	20,00	27,00
Andradina	1096	18,60	0,11	3,61	0,60	19,20	26,00
Registro	365	18,40	0,17	3,26	10,40	18,20	25,50
Santos	365	18,35	0,18	3,46	9,00	18,70	26,00
Ubatuba	365	18,30	0,18	3,44	7,70	19,00	25,80
Penápolis	1826	18,18	0,10	4,17	3,00	19,00	28,00
Santa Cruz do Rio Pardo	1095	18,16	0,13	4,14	1,00	19,00	29,00
Votuporanga	5113	18,08	0,05	3,72	0,20	19,20	26,00
Rancharia	731	18,05	0,13	3,49	3,00	19,00	25,00
Tupi Paulista	365	17,99	0,20	3,86	2,00	19,00	24,50
Barretos	5335	17,55	0,06	4,19	-0,20	19,00	27,40
Quatá	365	17,14	0,20	3,83	1,00	18,00	24,00
Sorocaba	365	17,06	0,13	2,39	10,00	17,00	22,80
Matão	707	17,04	0,14	3,79	-1,00	18,00	26,00
Mococa	5113	16,93	0,05	3,48	0,00	17,80	25,00
Paraguaçu Paulista	731	16,87	0,18	4,88	-1,00	17,00	26,00
Pedrinhas Paulista	730	16,83	0,18	4,80	-0,20	17,45	27,00
Ribeirão Preto	5842	16,82	0,04	3,32	0,00	17,50	24,20
Campinas	5335	16,64	0,05	3,36	0,30	17,20	23,40
São Simão	365	16,57	0,21	3,97	5,00	17,50	24,50
Tarumã	365	16,52	0,23	4,37	2,00	18,00	25,00
Tietê	358	16,04	0,20	3,86	3,60	17,00	22,40
Paulínia	365	15,98	0,23	4,29	0,00	17,00	28,00
Taubaté	931	15,96	0,13	4,01	4,60	16,80	24,70
São Carlos	5844	15,91	0,05	3,55	-2,40	16,50	25,40
Taquarituba	4604	15,90	0,06	4,18	-1,50	16,00	26,00
Pindamonhangaba	730	15,70	0,17	4,48	0,10	16,80	28,90
Assis	6066	15,48	0,05	4,07	-3,20	16,00	26,00
Monte Alegre do Sul	730	15,35	0,14	3,75	-1,00	16,20	21,50
Jundiaí	4970	15,26	0,05	3,50	-1,00	15,60	29,00
Atibaia	2413	14,96	0,07	3,62	2,10	15,60	21,60
Piracicaba	731	14,91	0,15	4,17	0,00	15,50	22,80
Piedade	365	13,81	0,16	3,11	3,00	14,00	21,00

N= número de amostras

Tabela 5. Dados descritivos para os municípios, ordenados segundo a média da temperatura média diária (°C). .

Temperatura Média Diária (°C)			Erro	Desvio			
Municípios	**N**	**Média**	**Padrão**	**Padrão**	**Mínimo**	**Mediana**	**Máximo**
Osvaldo Cruz	731	25,29	0,12	3,16	9,00	25,50	31,00
Tupi Paulista	365	25,20	0,19	3,56	10,00	25,80	31,75
São José do Rio Preto	1461	25,11	0,09	3,33	9,50	25,50	32,50
Araçatuba	3652	24,68	0,06	3,52	11,50	25,00	35,00
Barretos	5335	24,54	0,04	3,28	10,85	25,00	34,00
Andradina	1096	24,48	0,10	3,24	6,35	25,15	31,95
Rancharia	731	24,48	0,12	3,23	11,00	25,00	32,00
Penápolis	1826	24,40	0,09	3,70	7,50	25,00	32,50
Votuporanga	5113	24,31	0,04	3,18	8,10	25,00	32,00
Mirante do Paranapanema	731	24,24	0,13	3,37	11,50	24,50	31,50
Tupã	365	24,16	0,23	4,39	10,25	25,00	32,00
Presidente Prudente	6066	23,99	0,04	3,46	6,80	24,43	32,10
Quatá	365	23,90	0,22	4,13	7,50	25,00	30,50
Pedrinhas Paulista	730	23,86	0,15	3,95	8,25	24,78	31,00
Santa Cruz do Rio Pardo	1095	23,72	0,12	4,11	5,90	24,25	32,85
Paraguaçu Paulista	731	23,43	0,15	3,97	3,00	24,00	31,00
Matão	707	23,15	0,12	3,24	7,75	23,75	30,50
São Simão	365	23,00	0,17	3,21	11,00	23,20	30,60
Santos	365	22,98	0,16	2,99	15,50	23,00	30,15
Ubatuba	365	22,98	0,17	3,26	15,05	23,50	30,30
Ribeirão Preto	5842	22,95	0,04	2,84	8,15	23,40	30,85
Paulínia	365	22,93	0,18	3,48	7,50	23,50	30,00
Tarumã	365	22,88	0,21	3,98	10,00	24,00	29,50
Mococa	5113	22,85	0,04	2,91	8,90	23,40	30,50
Pindamonhangaba	730	22,76	0,14	3,73	9,85	23,33	31,80
Registro	365	22,73	0,19	3,69	12,80	22,80	31,20
Sorocaba	365	22,35	0,13	2,43	14,00	22,75	28,00
Campinas	5335	22,25	0,04	3,09	7,15	22,60	29,40
Assis	6066	21,98	0,04	3,49	6,25	22,60	31,35
Tietê	358	21,98	0,18	3,39	9,30	22,58	28,35
Taubaté	931	21,92	0,12	3,61	10,80	22,10	29,85
São Carlos	5844	21,61	0,04	3,06	7,30	22,03	30,50
Piracicaba	731	21,56	0,12	3,17	10,90	21,90	28,90
Monte Alegre do Sul	730	21,43	0,12	3,19	7,60	21,98	28,05
Jundiaí	4970	21,30	0,05	3,18	7,80	21,60	28,40
Taquarituba	4604	21,22	0,06	3,94	7,85	21,50	30,00
Atibaia	2413	20,58	0,07	3,32	7,90	21,00	27,30
Piedade	365	17,95	0,18	3,35	8,00	18,00	25,50

N= número de amostras

Tabela 6. Dados descritivos para os municípios, ordenados segundo a média da temperatura máxima diária (°C).

Temperatura Máxima Diária (°C)			Erro	Desvio			
Município	**N**	**Média**	**Padrão**	**Padrão**	**Mínimo**	**Mediana**	**Máximo**
Tupi Paulista	365	32,40	0,22	4,10	15,00	33,00	40,00
Osvaldo Cruz	731	31,69	0,14	3,86	11,00	32,00	40,00
Barretos	5335	31,53	0,05	3,68	14,80	31,60	42,00
Rancharia	731	30,91	0,13	3,62	12,00	32,00	40,00
Pedrinhas Paulista	730	30,89	0,16	4,43	13,00	31,40	40,00
São José do Rio Preto	1461	30,75	0,11	4,08	12,00	31,00	41,00
Quatá	365	30,66	0,26	5,01	11,00	31,00	39,00
Penápolis	1826	30,62	0,10	4,18	11,00	32,00	41,00
Votuporanga	5113	30,54	0,05	3,65	5,80	31,00	40,40
Andradina	1096	30,36	0,11	3,74	11,90	31,00	40,00
Araçatuba	3652	30,19	0,07	4,04	15,00	31,00	42,00
Paraguaçu Paulista	731	29,98	0,16	4,20	7,00	31,00	40,00
Paulínia	365	29,87	0,19	3,59	15,00	30,00	37,00
Pindamonhangaba	730	29,82	0,16	4,36	17,80	30,20	38,40
Tupã	365	29,64	0,24	4,53	15,00	30,00	38,00
São Simão	365	29,43	0,19	3,64	17,00	29,80	39,00
Santa Cruz do Rio Pardo	1095	29,28	0,14	4,61	10,00	29,60	38,80
Matão	707	29,25	0,14	3,75	13,00	29,50	37,50
Presidente Prudente	6066	29,25	0,05	3,81	0,00	29,70	38,80
Tarumã	365	29,24	0,23	4,45	13,00	30,00	37,60
Ribeirão Preto	5842	29,08	0,04	3,28	12,20	29,40	38,80
Mococa	5113	28,78	0,05	3,30	13,20	29,00	37,80
Assis	6066	28,48	0,05	4,01	0,00	29,00	38,70
Mirante do Paranapanema	731	28,25	0,12	3,25	15,00	29,00	38,00
Piracicaba	731	28,21	0,13	3,52	15,20	28,80	35,40
Tietê	358	27,93	0,21	3,97	14,40	28,30	36,30
Taubaté	931	27,88	0,14	4,17	17,00	28,00	37,80
Campinas	5335	27,85	0,05	3,64	12,40	28,20	36,80
Ubatuba	365	27,66	0,22	4,17	15,80	28,00	38,40
Sorocaba	365	27,64	0,17	3,27	18,00	28,00	35,00
Santos	365	27,62	0,19	3,67	17,80	27,50	40,80
Monte Alegre do Sul	730	27,52	0,14	3,77	12,20	27,80	36,20
Jundiaí	4970	27,34	0,06	3,96	12,40	27,80	36,60
São Carlos	5844	27,31	0,05	3,52	10,60	27,70	38,80
Registro	365	27,06	0,27	5,11	13,80	27,00	38,40
Taquarituba	4604	26,55	0,07	4,56	10,60	27,00	37,00
Atibaia	2413	26,20	0,08	4,11	0,00	26,60	35,60
Piedade	365	22,09	0,23	4,46	10,00	22,00	34,00

N= número de amostras

Na Figura 11 são apresentados os valores médios anuais das temperaturas mínimas discriminados por municípios. Existe também uma linha de referência para a média da temperatura mínima, em 22°C (MACHADO, 1950; SARTORI, 2000; ROSSATO et al., 2004), permitindo uma seleção preliminar dos municípios passíveis de alcançar patamares de temperaturas mínimas não recomendáveis à produção avícola (TAO e XIN, 2003; MEDEIROS, 2001; MOURA, 2001; MEEHL e TEBALDI, 2004;MENDES et al., 2005).

Os municípios de Mirante do Paranapanema e São José do Rio Preto foram destacados (na Figura 11 e na Tabela 4) como os municípios com temperaturas mínimas em patamares elevados, visto que as médias das temperaturas mínimas já alcançaram valores próximos de uma temperatura mínima de alerta (MACHADO, 1950). Por outro lado, também se ressalta o município de Piedade, por ter chances mínimas de apresentar temperaturas mínimas em patamares alarmantes.

Na Figura 12, são apresentados os valores médios anuais das temperaturas médias, discriminados por municípios. Na Figura 12 e na Tabela 5 destaca-se o município de Barretos, que apresenta a média anual bem acima do padrão dos demais municípios e Piedade, por ter isoladamente, a menor temperatura média anual entre todos os municípios avaliados.

Na Figura 13 são apresentados os valores médios anuais das temperaturas máximas discriminados por municípios. Há também uma linha de referência para a média da temperatura máxima, em 32°C (INMET, 2005; NIENABER et al., 2003; MACHADO,1950), permitindo uma seleção preliminar dos municípios passíveis de alcançar patamares de temperaturas máximas indesejáveis à produção animal (NIENABER et al., 2003).

Foram destacados os municípios de Barretos e Tupi Paulista, onde há temperaturas máximas em patamares elevados (Figura 13), visto que as médias das temperaturas máximas já alcançaram valores próximos de uma temperatura máxima de alerta (MACHADO, 1950). Novamente foi apontada, dentre todos os municípios avaliados, o de Piedade como a de menor temperatura máxima anual.

A partir das Figuras 11, 12 e 13, puderam-se avaliar globalmente os efeitos dos anos sobre as médias das temperaturas mínimas, médias e máximas diárias. Foram apontados, de maneira geral, os efeitos oscilatórios ao longo dos anos, que, segundo BOER et al. (2000), estão associados ao El Niño - Oscilação Sul (ENSO). Contudo, as médias anuais das temperaturas (mínimas, médias e máximas) apresentaram relativa estabilidade, isto é, uma

tendência constante ao longo do tempo. Sumariamente, esses diagnósticos mostram que, ao longo dos anos, as temperaturas médias anuais sofrem um efeito oscilatório, porém relativamente estável.

Nesses gráficos apresentados (Figuras 11, 12 e 13), foram verificadas sobreposições entres algumas séries dos municípios devido à proximidade dos valores médios anuais das temperaturas,

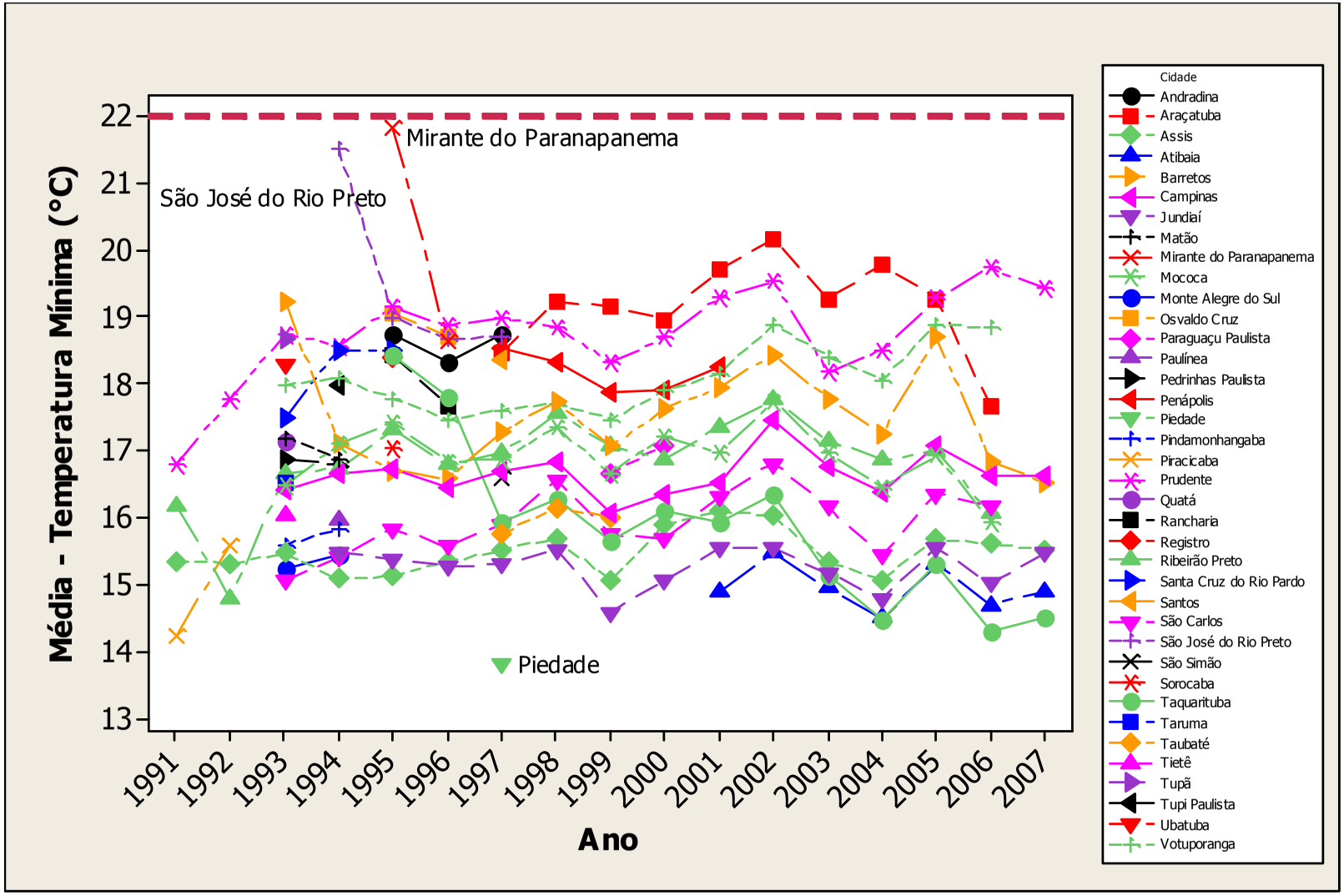


Figura 11. Série das médias das temperaturas mínimas por ano e por município.

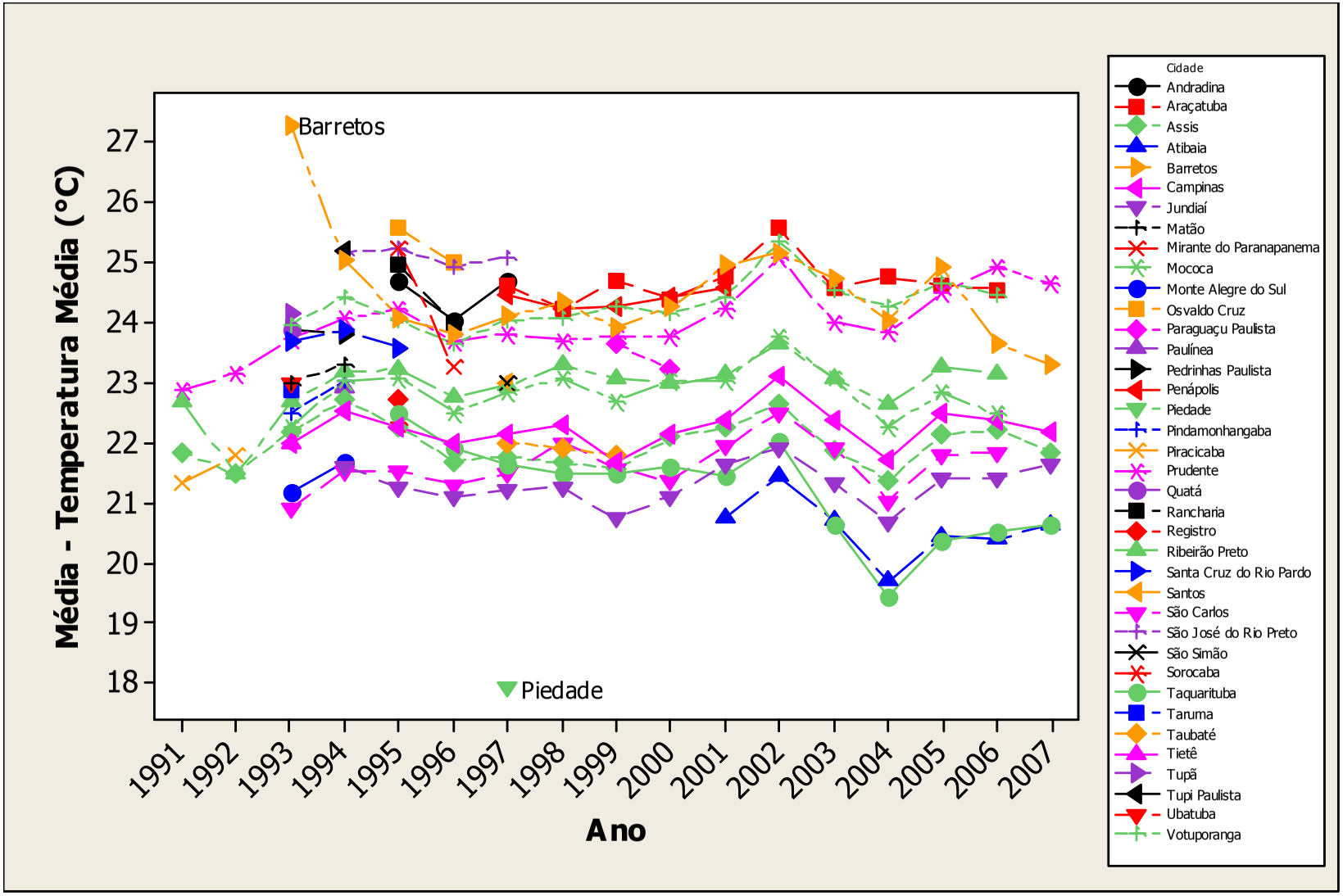


Figura 12. Série das médias das temperaturas médias por ano e por município.

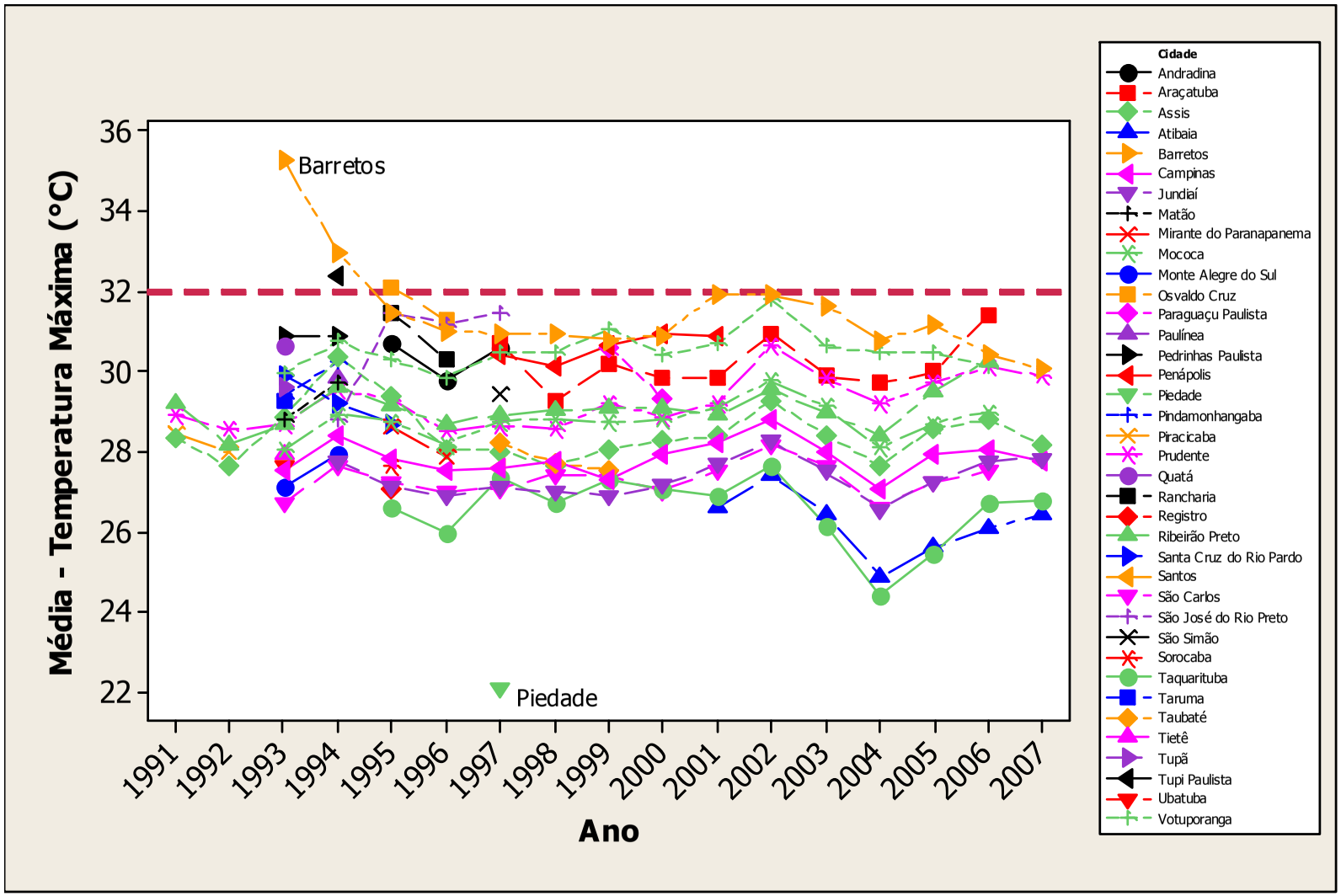


Figura 13. Série das médias das temperaturas máximas por ano e por município.

Diferentemente do que se apresentou nas Figuras 11, 12 e 13, as Figuras 14, 15 e 16 se destacam pelo pronunciado efeito provocado pelos meses nas temperaturas mínimas, médias e máximas, respectivamente. Os resultados apresentados (Figuras 14, 15 e 16) estão de acordo com SOARES e DIAS (1986) e CEPAGRI (2006).

Segundo SOARES e DIAS (1986), o clima dominante no estado de São Paulo é o Cwa, que abrange toda a parte central do estado e é caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. A característica climática preconiza a forma senoidal de distribuição de temperaturas em função do mês – em forma de curva senoidal – com temperaturas mais elevadas no início do ano, seguidas de uma acentuada queda até o mês de Junho (mês 6), e então uma elevação da temperatura até o mês de Dezembro (mês 12). Tal forma bem definida, apesar dos diferentes anos, evidencia o quão sensível é efeito dos meses sobre as temperaturas.

O mesmo efeito dos meses também ocorre sobre o ITU médio e máximo, segundo OLIVEIRA et al. (2006).

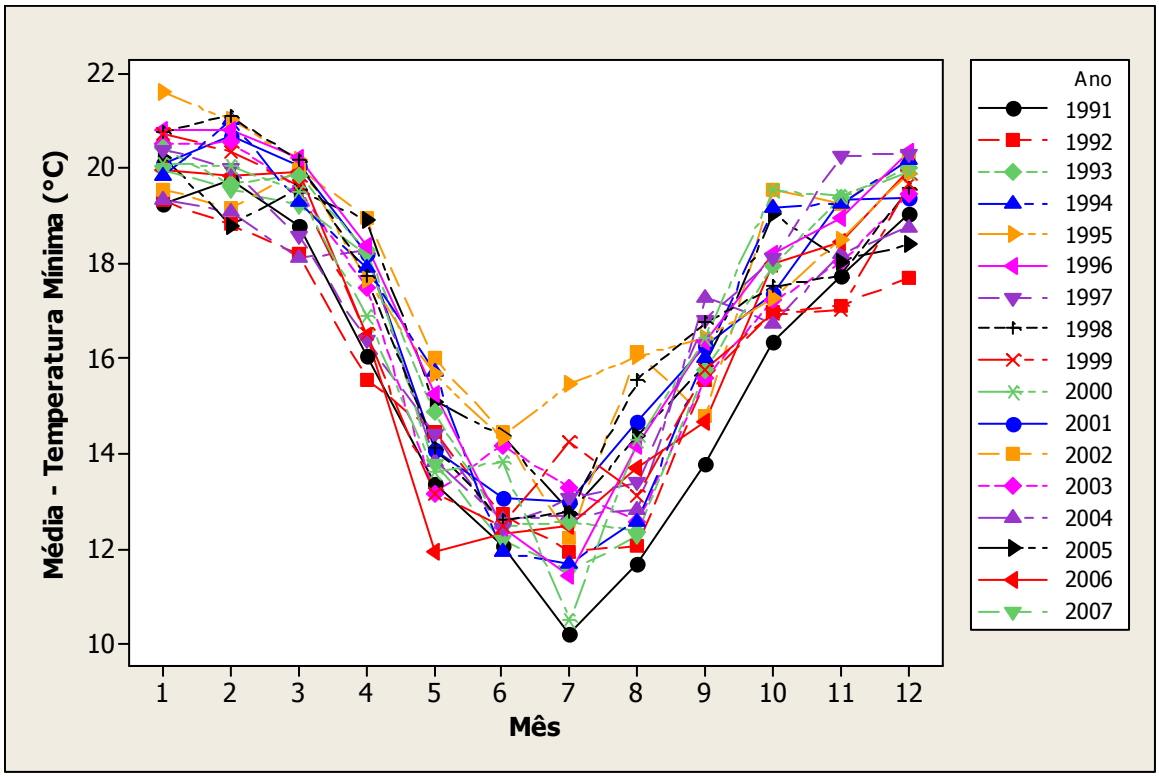


Figura 14. Série mensal das médias das temperaturas mínimas por ano.

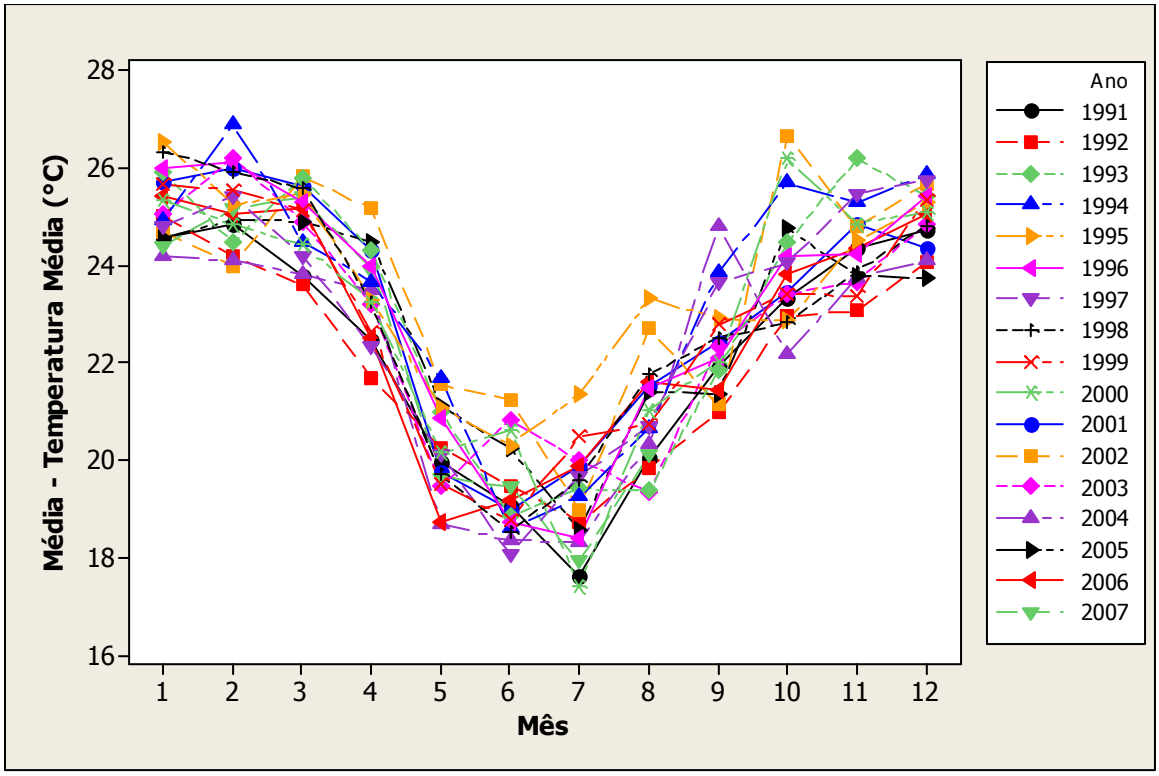


Figura 15. Série mensal das médias das temperaturas médias por ano.

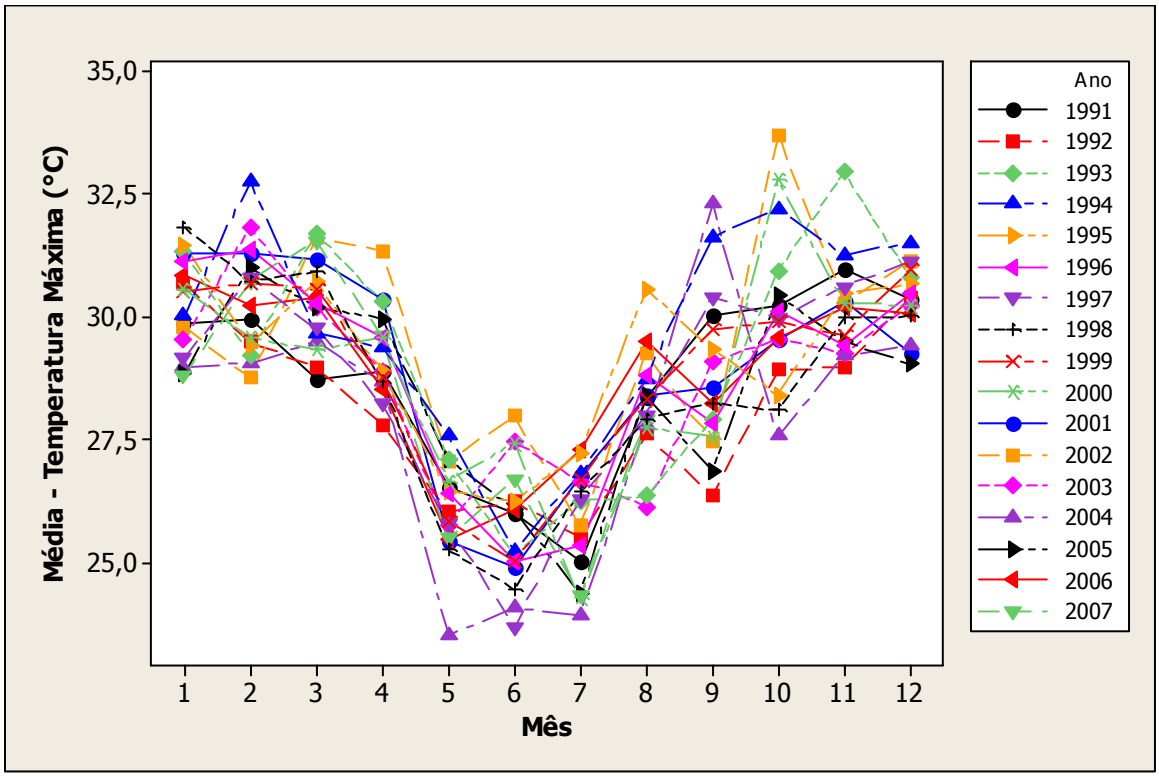


Figura 16. Série mensal das médias das temperaturas máximas por ano.

5.2 Análise da incidência de temperaturas extremas

Neste tópico as variáveis contínuas passam a ser avaliadas após a classificação citada no Capítulo 5 – baseada em MACHADO (1950) e SARTORI (2000), citados por ROSSATO et al. (2004). Dessa forma criou-se uma variável binária denominada "Temperatura diária extrema" de fundamental importância para este trabalho, sobretudo nas estimativas do risco.

Os riscos foram obtidos através da estimação das probabilidades condicionais e foram calculados a partir das tabelas de contingência, que, caso a caso, foram configuradas especialmente para a avaliação e comparação desses valores.

A obtenção da tabela de contingência, de maneira geral, é proveniente de um cruzamento de duas variáveis categóricas que possuem diferentes classes. Quando se apresenta a tabela, pode-se determinar qual variável deverá permanecer posicionada por linhas ou por colunas (FLEISS, 2003).

A Tabela 7 apresenta os riscos de ocorrência de temperaturas extremas, dada um determinado município. Nota-se que esta tabela foi confeccionada a partir do cruzamento da variável "Temperatura diária extrema" com a variável "Municípios". A variável "Temperatura diária extrema" possui duas classes ("ausente" e "presente"), enquanto a variável "Município" possui 38 classes. Verifica-se que os municípios estão dispostos em linhas e dessa maneira, os cálculos de freqüência relativa (em percentual) têm como referência total (100%), no fim de cada linha. Assim, foram estimados os riscos em cada município (cada linha).

Na Tabela 7, verifica-se que Andradina possui um risco de 11,22%. Este valor corresponde à probabilidade de haver, em qualquer dia, uma temperatura em Andradina. Destacaram-se os municípios de Tupã, Araçatuba, São José do Rio Preto, Osvaldo Cruz e Penápolis com os maiores índices de risco de temperatura extrema diária com valores de 29,04%, 23,06 %, 21,90%, 19,84% e 19,28% respectivamente. Também foram apontados os municípios de risco zero (0,00%): Atibaia, Monte Alegre do Sul e Piedade.

Tabela 7. Municípios ordenados segundo a média de risco de temperatura extrema (%).

Município	Temperatura extrema (%)		
	Ausente	Presente	Total
Tupã	70,96	29,04	100,00
Araçatuba	76,94	23,06	100,00
São José do Rio Preto	78,10	21,90	100,00
Osvaldo Cruz	80,16	19,84	100,00
Penápolis	80,72	19,28	100,00
Santa Cruz do Rio Pardo	84,57	15,43	100,00
Rancharia	87,00	13,00	100,00
Presidente Prudente	87,22	12,78	100,00
Paraguaçu Paulista	88,10	11,90	100,00
Tupi Paulista	88,22	11,78	100,00
Andradina	88,78	11,22	100,00
Mirante do Paranapanema	89,60	10,40	100,00
Barretos	91,21	8,79	100,00
Pedrinhas Paulista	92,05	7,95	100,00
Registro	92,33	7,67	100,00
Total	94,30	5,70	100,00
Votuporanga	94,39	5,61	100,00
Santos	94,52	5,48	100,00
Ubatuba	94,52	5,48	100,00
Quatá	96,16	3,84	100,00
Taquarituba	96,46	3,54	100,00
Tarumã	96,71	3,29	100,00
Matão	97,31	2,69	100,00
Sorocaba	97,81	2,19	100,00
Taubaté	99,03	0,97	100,00
Pindamonhangaba	99,04	0,96	100,00
Mococa	99,08	0,92	100,00
Paulínia	99,18	0,82	100,00
São Simão	99,18	0,82	100,00
Campinas	99,25	0,75	100,00
Tietê	99,44	0,56	100,00
São Carlos	99,52	0,48	100,00
Assis	99,54	0,46	100,00
Ribeirão Preto	99,59	0,41	100,00
Piracicaba	99,86	0,14	100,00
Jundiaí	99,92	0,08	100,00
Atibaia	100,00	0,00	100,00
Monte Alegre do Sul	100,00	0,00	100,00
Piedade	100,00	0,00	100,00

Contudo, é importante ressaltar que a Tabela 7 foi elaborada sem especificar o ano, o mês e, ainda, pressupondo independência entre os eventos de temperaturas extremas diárias.

Considerando essas condições, foram elaborados dois mapas do estado de São Paulo, inclusive com o acréscimo das curvas altimétricas e a classificação climática de Köppen.

No mapa apresentado na Figura 17, são discriminados os municípios estudados classificadas por faixas de risco geral, independente do ano mês e dia.

No mapa apresentado na Figura 18, são destacados os municípios estudados, classificados por faixas de risco e contendo inclusive as curvas altimétricas. Tal figura permite estabelecer a aparente relação inversa entre a altitude e o risco de temperaturas extremas: é nítido que quando as altitudes dos municípios são menores, o risco tende a ser maior. Outro fator muito importante é a continentalidade, distância de um local até o oceano, que explica o motivo do Oeste e Noroeste paulista possuírem maiores incidências de temperaturas extremas**.**

Propositalmente, os mapas das Figuras 18 e 19 apresentam as curvas altimétricas com cores que vão do amarelo ao azul, denotando, respectivamente, a altitudes mais baixas (relacionadas aos climas mais quentes) e as altitudes mais altas (relacionadas aos climas mais frios).

Observa-se que, a grande maioria dos municípios onde existe intensa produção de frangos de corte, segundo APA (2008), está localizada onde há baixo risco de temperaturas extremas, ou seja, majoritariamente sob o clima (Cwa) tropical de altitude (Figura 17 e 19). Entretanto, os municípios que apresentaram maiores percentuais de risco estão localizados onde os climas são efetivamente mais quentes (Aw e Am), como pode ser observado no mapa de classificação climática apresentado por CEPAGRI (2003).

Comparando os mapas de classificação climática (Figuras 4) e os mapas de risco de temperaturas extremas (Figuras 17, 18 e 19), fica evidenciada a influência que o clima exerce sobre o risco.

Desta forma pode-se constatar uma forte influência (Figuras 17, 18 e 19) sobre o risco geral de temperaturas extremas por parte dos fatores climáticos de latitude, longitude, altitude, continentalidade e ainda, do próprio clima.

Deve-se considerar principalmente a interação dos fatores altitude e continentalidade, que tem um poder preditivo ainda maior. Por exemplo, os municípios com maiores riscos de temperaturas extremas são as que estão localizadas em regiões de menor altitude, porém com

maior continentalidade. Em contrapartida, nas regiões litorâneas, apesar de apresentarem as menores altitudes, não há grandes riscos, devido ao fato de terem pequena continentalidade.

De acordo com SOARES e DIAS (1986), além do fator baixa altitude, o fato do risco de temperaturas extremas no litoral serem bem menor do que no Oeste do estado, está relacionado à maior umidade no ar, que torna o efeito radiativo significativamente menor.

A maior quantidade de vapor d'água disponível no ar em regiões litorâneas permite assim uma maior estabilidade da temperatura: retirando o excesso de calor pela manhã e amenizando o frio da noite. Por este motivo, nem todas as regiões de baixa altitude possuem valores elevados de risco Já em muitas dos municípios os municípios do extremo Oeste Paulista, há grandes amplitudes térmicas devido ao fato de o clima Tropical chuvoso (Aw) ser mais seco (CEPAGRI, 2003).

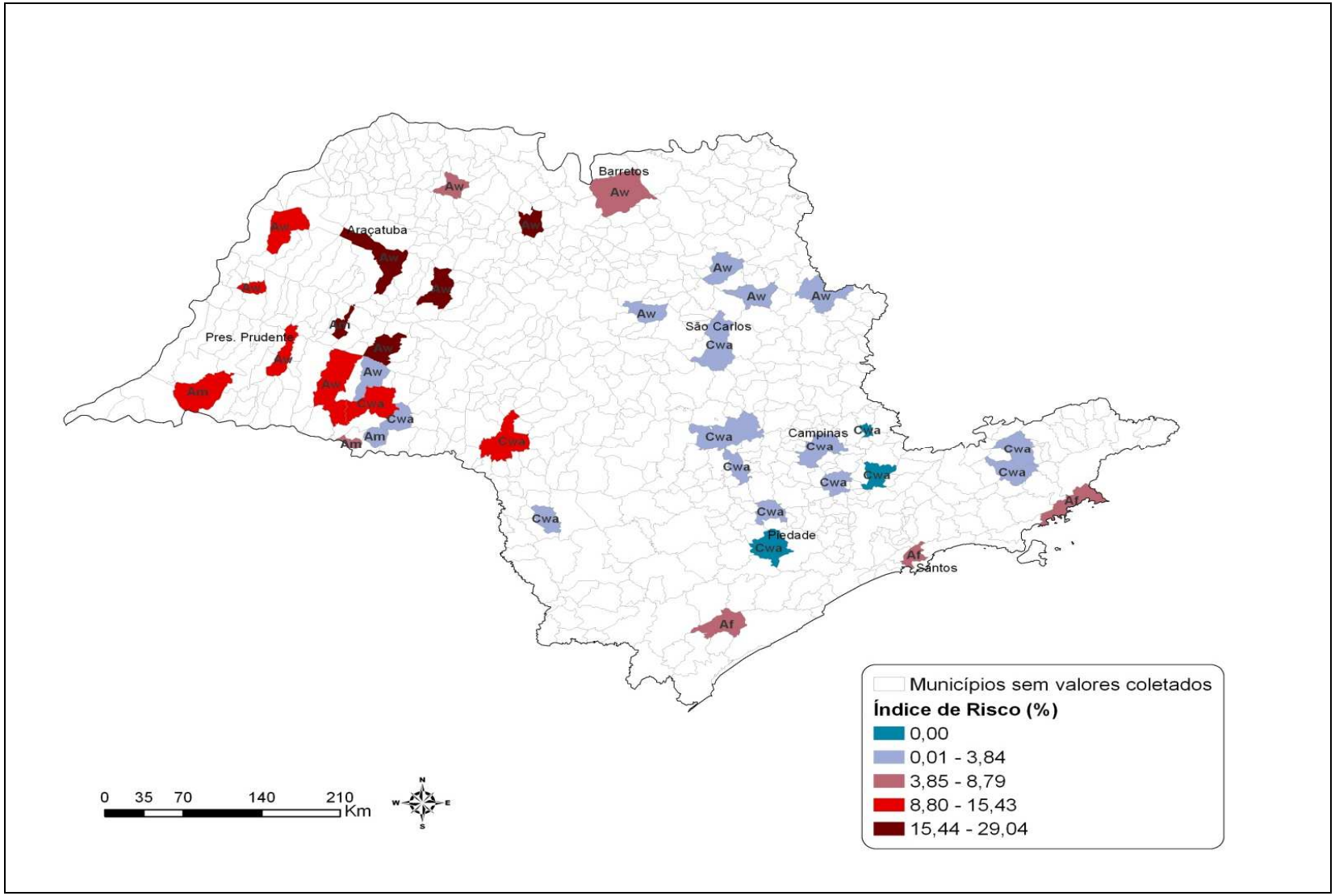


Figura 17. Risco geral para os municípios estudados com a classificação de Köppen.

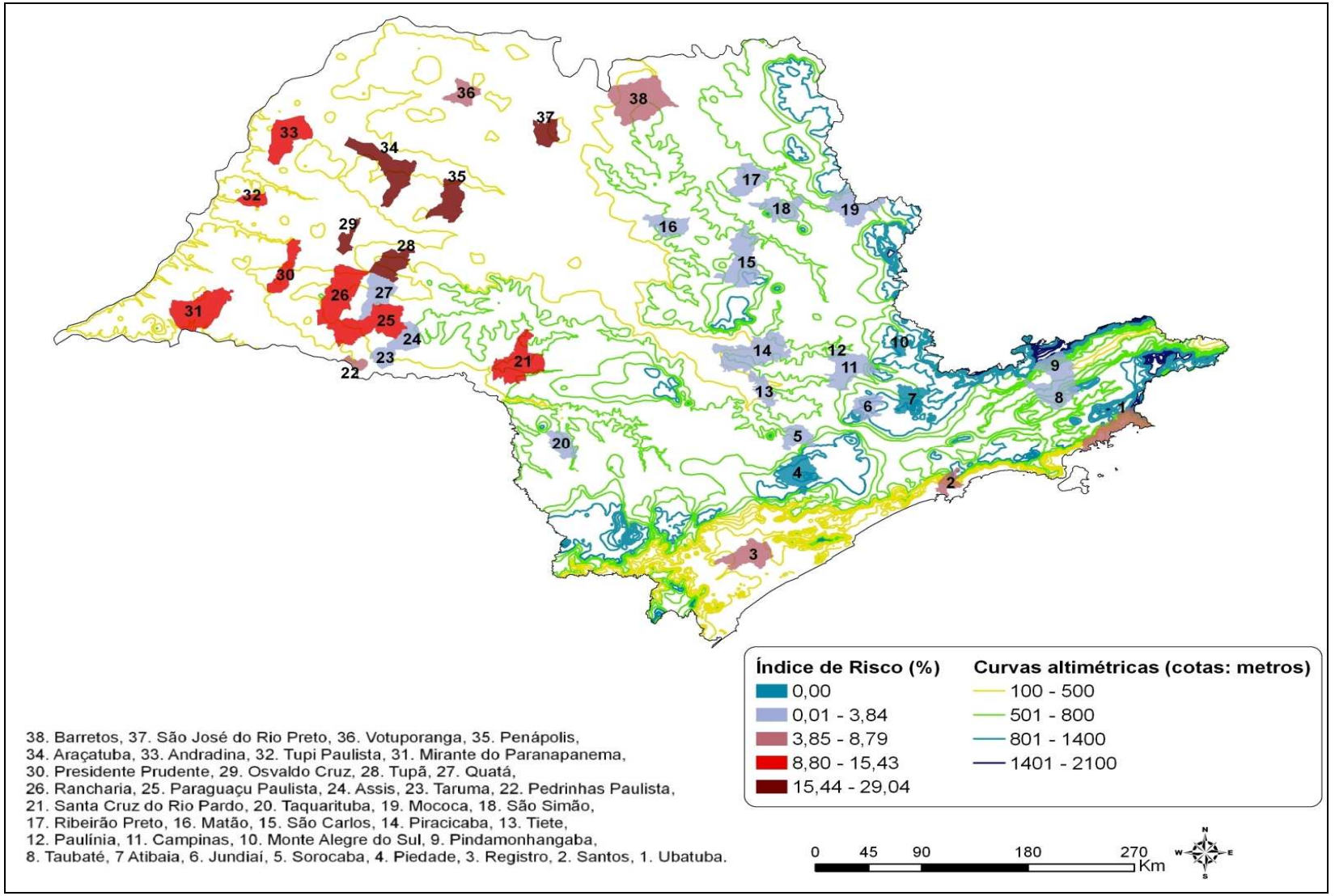


Figura 18. Risco geral para os municípios estudados e curvas altimétricas.

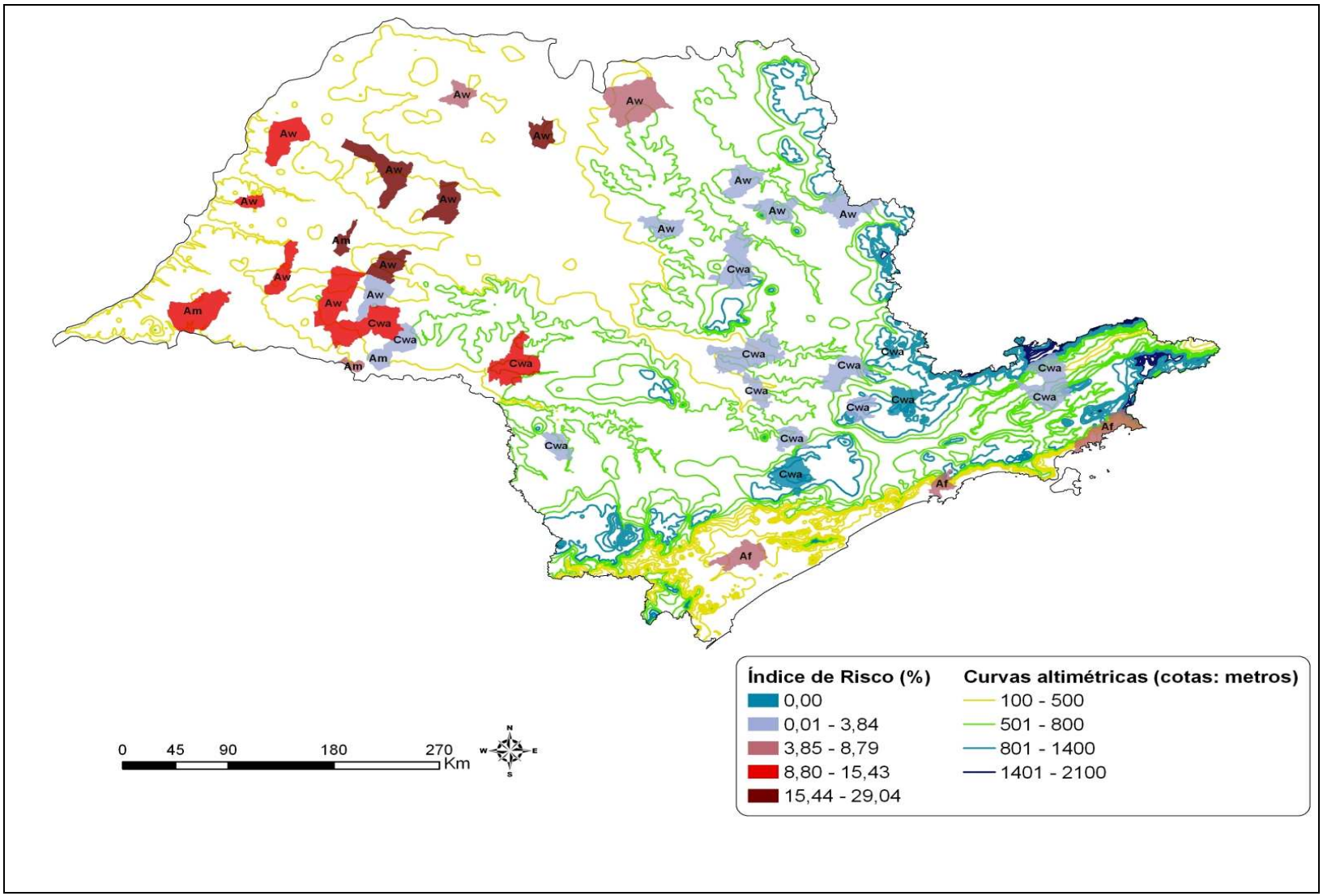


Figura 19. Risco geral para os municípios os municípios estudados, com a classificação de Köppen e curvas altimétricas

Foram avaliados os efeitos dos meses em que os dados foram coletados, pois se verificou nas análises anteriores (Figuras 14, 16 e 16) que o mês exerceu um importante efeito sobre as temperaturas (mínimas, médias e máximas). Tal influência está de acordo com SOARES e DIAS (1986). Assim, é imprescindível a descriminação desse fator na avaliação do risco.

Desse modo, fez-se necessária, primeiramente, a confirmação do efeito dos meses sobre o risco de temperatura diária extrema, o que foi feito na Tabela 8.

Tabela 8. Distribuição percentual de ocorrência de temperatura extrema por mês.

Mês	Temperatura extrema (%)		
	Ausente	Presente	Total
Jan	86,64	13,36	100,00
Fev	87,61	12,39	100,00
Mar	90,95	9,05	100,00
Abr	95,52	4,48	100,00
Mai	99,58	0,42	100,00
Jun	100,00	0,00	100,00
Jul	99,97	0,03	100,00
Ago	99,08	0,92	100,00
Set	97,10	2,90	100,00
Out	93,48	6,52	100,00
Nov	92,08	7,92	100,00
Dez	89,15	10,85	100,00
Total	94,30	5,70	100,00

A partir da Tabela 8, pôde-se elaborar a distribuição mensal do risco, que pode ser constatada na Figura 19. Esta tabela foi submetida ao teste Qui-Quadrado (P-valor < 0,001), que apontou forte relação de dependência entre a presença de temperatura extrema e os meses.

Comparando as Figuras 14, 15, 16 e 20 nota-se um padrão senoidal descrevendo o risco em função dos meses, em todos os gráficos, denotando forte associação direta entre as temperaturas e o risco; pois o efeito que os meses trazem ás temperaturas é similar para o risco que. Conseqüentemente, quanto maiores as temperaturas, maior será a incidência de temperaturas extrema e por conseqüência, maior o risco. Tal resultado foi constatado por SOARES e DIAS (1986) e ROSSATO et al. (2003).

Esses autores relatam que, durante os meses mais quentes são esperados mais dias com temperaturas extremas e inclusive ondas de calor.

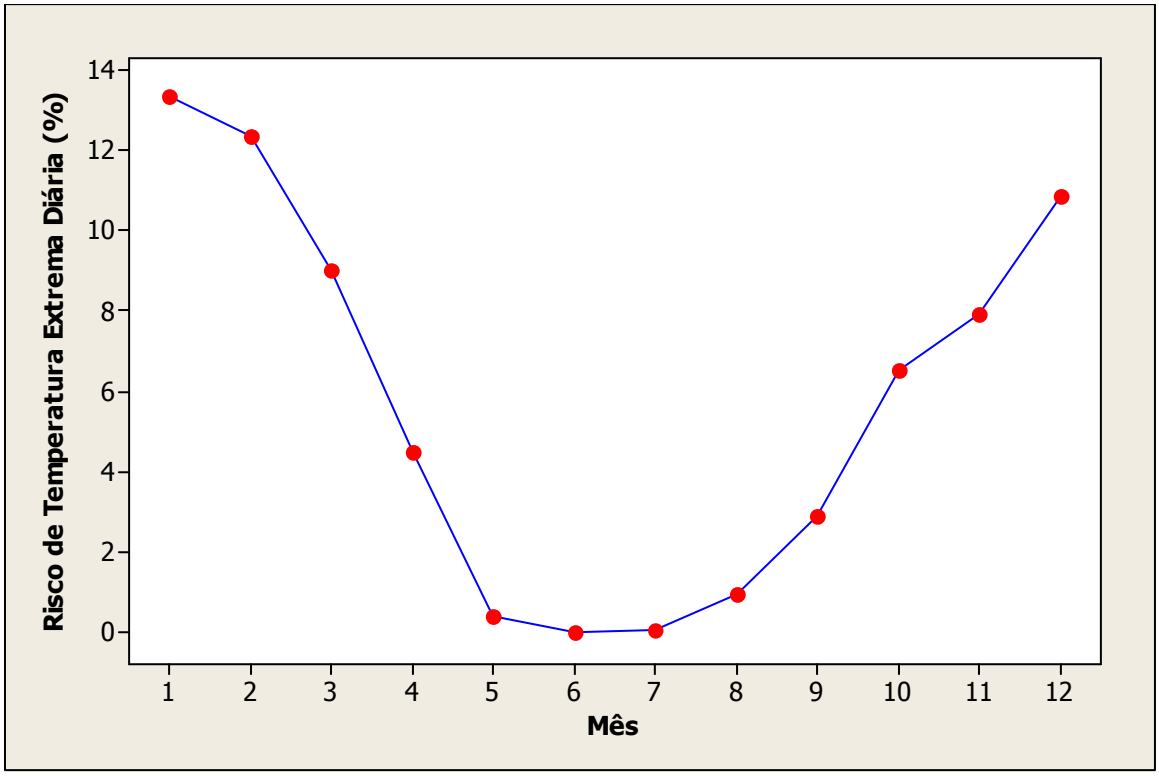


Figura 20. Risco de temperaturas diárias extremas por mês.

Segundo a descrição encontrada em CEPAGRI (2003), essa forma dada pela distribuição mensal (observada nas Figuras 14, 15, 16 e 20) é típica dos climas presentes no estado de São Paulo.

A Tabela 9 foi composta a partir de 12 tabelas, uma para cada mês, similares à Tabela 7, porém somente foram computadas as probabilidades referentes aos riscos de temperaturas extremas diárias.

Nesse caso, a Tabela 9 não é uma tabela de contingência de fato, mas sim uma composição de várias tabelas de contingência contendo a probabilidade (condicional) de haver temperatura extrema diária, dado um determinado município em um determinado mês. Em outras palavras, tal probabilidade corresponde ao risco de haver um dia com temperatura extrema em um determinado município em um determinado mês.

Tabela 9. Municípios ordenados segundo a média de risco de temperatura extrema (%) por mês.

Município	Risco de temperatura extrema por mês para cada município (%)												
	Jan	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Média**
Tupã	74,2	32,1	74,2	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,5	70,0	54,8	**29,0**
Araçatuba	36,5	52,1	40,0	31,3	2,3	0,0	0,0	4,5	15,0	29,7	28,3	39,0	**23,1**
São José do Rio Preto	46,8	38,1	28,2	12,5	0,8	0,0	0,0	2,4	13,3	31,5	39,2	50,8	**21,9**
Osvaldo Cruz	56,5	45,6	46,8	20,0	3,2	0,0	0,0	0,0	11,7	12,9	11,7	30,7	**19,8**
Penápolis	46,5	52,5	35,5	10,0	2,6	0,0	0,7	0,0	6,0	15,5	26,0	38,1	**19,3**
Santa Cruz do Rio Pardo	50,5	50,0	36,6	6,7	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	17,8	16,1	**15,4**
Rancharia	46,8	14,0	17,7	1,7	0,0	0,0	0,0	17,7	11,7	6,5	15,0	24,2	**13,0**
Presidente Prudente	27,1	22,3	24,5	13,7	0,6	0,0	0,2	2,4	10,0	13,7	17,1	22,6	**12,8**
Paraguaçu Paulista	40,3	45,6	16,1	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,1	3,3	19,4	**11,9**
Tupi Paulista	12,9	28,6	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	36,7	35,5	**11,8**
Andradina	31,2	23,5	19,4	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	6,5	15,6	24,7	**11,2**
Mirante do Paranapanema	25,8	17,5	16,1	15,0	0,0	0,0	0,0	11,3	3,3	3,2	10,0	22,6	**10,4**
Barretos	20,0	24,4	12,0	7,3	0,7	0,0	0,0	1,4	3,3	10,1	13,6	13,8	**8,8**
Pedrinhas Paulista	40,3	23,2	8,1	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	6,7	12,9	**8,0**
Registro	35,5	35,7	6,5	3,3	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	6,5	**7,7**
Votuporanga	10,6	9,9	3,9	2,4	0,2	0,0	0,0	1,4	4,1	11,5	11,0	12,7	**5,6**
Santos	9,7	14,3	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	32,3	**5,5**
Ubatuba	25,8	10,7	9,7	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	**5,5**
Quatá	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	16,7	22,6	**3,8**
Taquarituba	13,2	9,5	5,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	3,9	8,1	**3,5**
Taruma	6,5	0,0	9,7	3,3	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	10,0	6,5	**3,3**
Matão	1,6	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	5,0	12,8	**2,7**
Sorocaba	12,9	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	**2,2**
Pindamonhangaba	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	3,3	3,2	**1,0**
Taubaté	3,2	1,2	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	4,8	**1,0**
Mococa	1,4	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	5,5	1,0	1,6	**0,9**
Campinas	3,2	2,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,2	1,6	**0,8**
Paulínia	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	3,2	**0,8**
São Simão	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	3,2	**0,8**
Tietê	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	**0,6**
Assis	1,9	0,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	1,8	**0,5**
São Carlos	1,8	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	0,6	0,2	**0,5**
Ribeirão Preto	1,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,6	0,4	0,2	**0,4**
Jundiaí	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	**0,1**
Piracicaba	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,1**
Atibaia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**
Monte Alegre do Sul	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**
Piedade	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**
Média	13,4	12,4	9,1	4,5	0,4	0,0	0,0	0,9	2,9	6,5	7,9	10,9	5,7

Verifica-se que nas marginais da Tabela 9 não são exibidas as somas dos percentuais ("Total"), mas sim as médias ponderadas dos percentuais ("Média"). Na última coluna da tabela localizam-se os valores percentuais médios (dos 12 meses) para cada município, enquanto os valores localizados na última linha são resultados das médias ponderadas de todos os municípios, para cada mês. Assim, denota-se que os valores apresentados nas marginais (por linha e por coluna) são os mesmos encontrados nas Tabelas 7 e 8.

Por conseqüência, a Tabela 9 é mais informativa por ser mais específica quanto às condições determinantes para o risco. Nessa mesma tabela, pode-se constatar que os primeiros e os últimos meses do ano são mais propensos às ocorrências de dias com temperaturas extremas. Mesmo para os municípios onde há risco de pouca magnitude, é constatado maior risco durante os meses mais quentes, reforçando os resultados obtidos por SOARES e DIAS (1986) e ROSSATO et al. (2003)

Verifica-se que para a grande maioria dos municípios, atribui-se aos meses de Janeiro a Abril e de Setembro a Dezembro maior incidência crítica de temperaturas extremas diárias (Tabela 9). Portanto, nesses períodos deve haver uma maior mobilização dos avicultores quanto à mitigação do calor sofrido pelas aves nos galpões**.**

Ao se fazer uma leitura por linha (Tabela 9), pode-se constatar o risco em cada mês, para um determinado município. De modo geral, os municípios de onde foram constatadas maiores médias de risco, independentemente dos meses, são os mesmos municípios onde existem riscos mais elevados nos meses mais críticos (início e fim de ano). Como, por exemplo, os municípios de Tupã, Araçatuba. Osvaldo Cruz e São José do Rio Preto.

Em contrapartida, existem municípios que possuem riscos gerais altos, mas não têm grandes picos de riscos com decaimentos abruptos e, por conseqüência, possuem riscos relativamente altos por mais tempo. Este é o caso de Registro, que apesar de uma média menor, possui patamares de riscos elevados (acima de 35%) por até dois meses consecutivos.

Estas diferentes características dificultam um critério para apontar os municípios onde existem maiores riscos de dias com temperaturas extremas. Grande parte do problema está no fato de haver muitos valores não alarmantes de riscos em torno da metade do ano, devido às temperaturas mais amenas. Dessa forma, a média ponderada geral não retrata bem o grau de risco desses fenômenos por conta de amenização causada pelos valores provenientes dos

meses mais frios.

Estima-se que meses com riscos maiores ou iguais a 10% podem evidenciar a ocorrência de onda de calor, desde que os três dias tenham sido consecutivos. Usou-se, então, o denominado critério dos 10%: foi elaborado o cálculo do risco médio, porém, excluindo os meses com percentuais menores que 10%, denominado risco ajustado. O risco ajustado foi obtido através de uma média condicionada ao fato de não se computar no cálculo os meses com pouco risco (< 10%).

Assim, obteve-se um critério mais adequado para ordenar os municípios com os maiores níveis de risco, nos meses mais propensos às ocorrências de dias com temperaturas extremas. A ordenação dos municípios a partir dos riscos ajustados é apresentada na Tabela 10. O maior risco ajustado é constatado em Tupã, atingindo o patamar de 52,8%; isto é, este é o risco médio de haver dias com temperaturas extremas durante os meses de risco acima de 10% nesse município. Nessa mesma tabela, constata-se que muitos municípios não atingiram o patamar mínimo de risco, segundo o critério dos 10%. Ou seja, muitos municípios não apresentaram, em nenhum mês, patamares maiores ou iguais a 10%, mesmo nos meses de maior risco. Em casos como estes, o risco ajustado está apresentado na tabela como "< 10%". Isso significa que em tais municípios não existem riscos elevados de temperaturas extremas, inclusive não se mostrando com chances mínimas de sofrerem uma única onda de calor.

O valor do risco ajustado "Total", no fim da Tabela 10, corresponde a uma média ponderada geral dos riscos em todos os municípios analisados, considerando o já mencionado critério dos 10%, e serve de base para todo o estado.

O critério de avaliação, por meio do risco ajustado, apresenta vantagens, pois é bem sensível aos meses que possuem riscos com patamares preocupantes, não se considerando, contudo, o tempo de manutenção.

Considerando a forma pela qual o risco ajustado foi obtido, verifica-se nos mapas apresentados (Figuras 22 e 23) que o município de Registro foi indicado como sendo uma região onde há alto risco térmico à produção avícola. Isso acontece porque tal região possui patamares bem elevados de risco (35,5% e 35,7), apesar de só ocorrem por dois meses consecutivos, não havendo mais nenhum mês com riscos maiores ou iguais a 10%. Neste caso, o cálculo do risco ajustado produz a média entre esses dois eventos (por estarem acima de 10%), apresentando resultado de certo exagero. Por este motivo, atribui-se a tal medida (risco

ajustado) uma forte sensibilidade e certas ressalvas quanto a alguns patamares encontrados. Portanto, deve-se considerar o período (em meses) em que os riscos permaneceram acima de 10%. Na Figura 21 pode-se constatar por quantos meses o risco permanece maior ou igual a 10% ao longo de um ano, para cada município.

Tabela 10. Municípios ordenados segundo a média de risco ajustado (%) por mês;

Município (ordenado segundo o risco ajustado)	Risco ajustado (%) (Média condicionada)
Tupã	52,8
Registro	35,6
Araçatuba	32,8
São José do Rio Preto	31,4
Santa Cruz do Rio Pardo	31,1
Penápolis	30,4
Osvaldo Cruz	28,4
Pedrinhas Paulista	25,5
Paraguaçu Paulista	24,9
Tupi Paulista	24,2
Santos	23,3
Andradina	20,9
Rancharia	20,0
Quatá	19,7
Presidente Prudente	18,2
Mirante do Paranapanema	16,1
Barretos	15,7
Ubatuba	15,5
Taquarituba	13,2
Sorocaba	12,9
Matão	11,8
Votuporanga	11,4
Tarumã	10,0
Assis	< 10
Atibaia	< 10
Campinas	< 10
Jundiaí	< 10
Mococa	< 10
Monte Alegre do Sul	< 10
Paulínia	< 10
Piedade	< 10
Pindamonhangaba	< 10
Piracicaba	< 10
Ribeirão Preto	< 10
São Carlos	< 10
São Simão	< 10
Taubaté	< 10
Tietê	< 10
Total	12,2

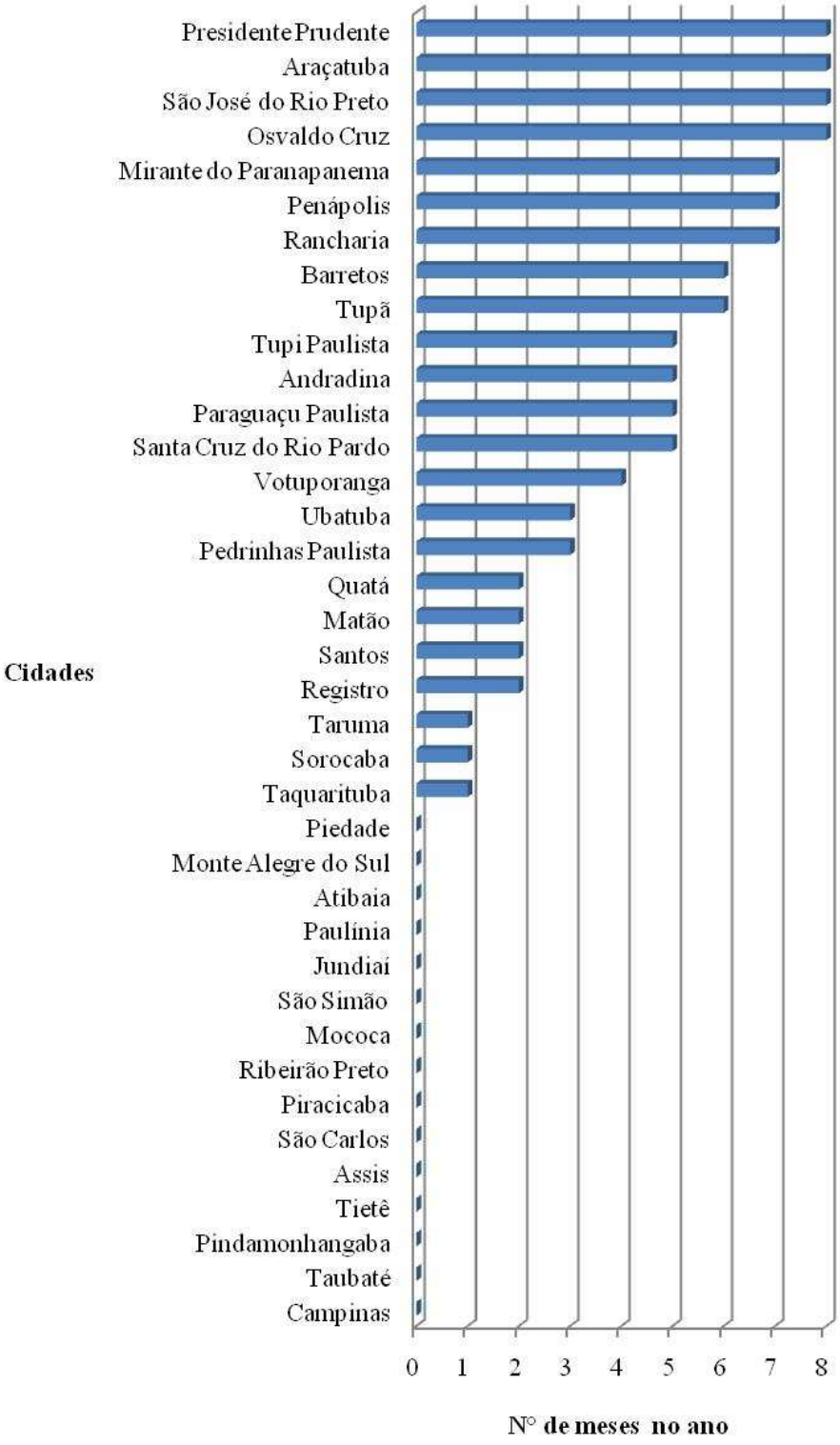


Figura 21. Contagem de meses com riscos de temperaturas extremas iguais ou superiores a 10%, ao longo do ano para cada município.

Quando se considera o período (em meses) em que os riscos permaneceram acima de 10%, os principais municípios apontados como menos apropriadas termicamente para a produção avícola são: Osvaldo Crus, São José do Rio Preto, Araçatuba e Presidente Prudente. Tais municípios passam 66,66% do tempo em estado de alerta, ou seja, em condições térmicas desfavoráveis à produção de frangos de corte.

Para se avaliar os riscos ajustados, devem-se avaliar conjuntamente os resultados do tempo de permanência dos riscos para cada município (Figura 21).

Similarmente aos mapas das figuras anteriores (Figuras 17, 18 e 19), verifica-se uma forte influência por parte dos mesmos fatores climáticos (já apontados) sobre o risco ajustado de temperaturas extremas. Todavia, comparando os mesmos tipos de mapas, são encontradas algumas diferenças quanto ao índice do risco apresentado em cores que vão do azul (baixo risco) até o vermelho escuro (risco elevado). Tais diferenças são resultantes dos diferentes métodos de cálculos do risco, já relatados anteriormente. O risco ajustado não reflete a periculosidade geral (ao longo do histórico de coletas), mas permite destacar para municípios que possuem picos mensais isolados de temperaturas extremas.

Destaca-se novamente a interação entre altitude e continentalidade: os municípios com maiores riscos de temperaturas extremas são as que estão localizadas em regiões de menor altitude e com maior continentalidade. Logo, deve-se utilizar esses fatores conjuntamente para melhor predição do risco ajustado.

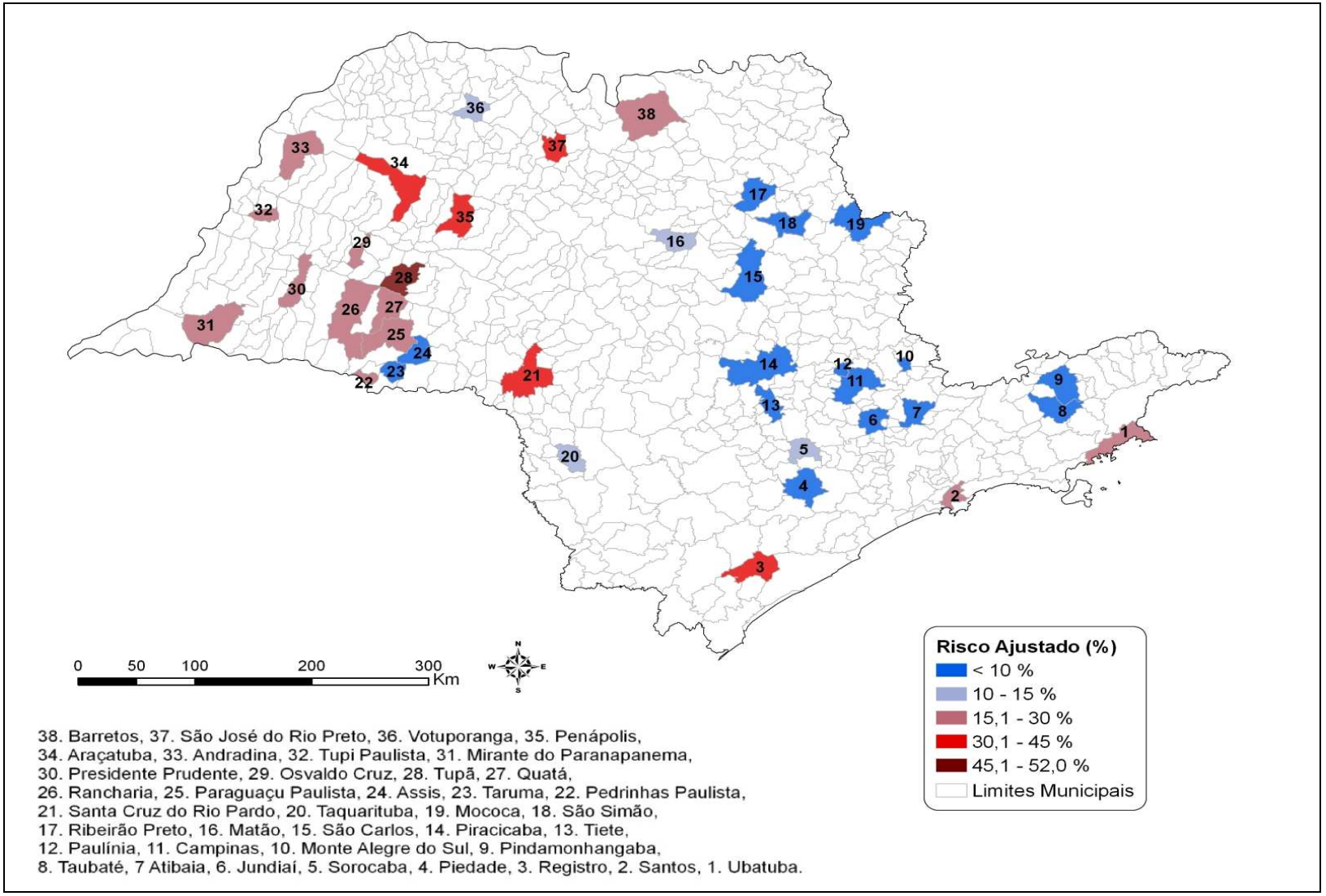


Figura 22. Risco ajustado para os municípios estudados.

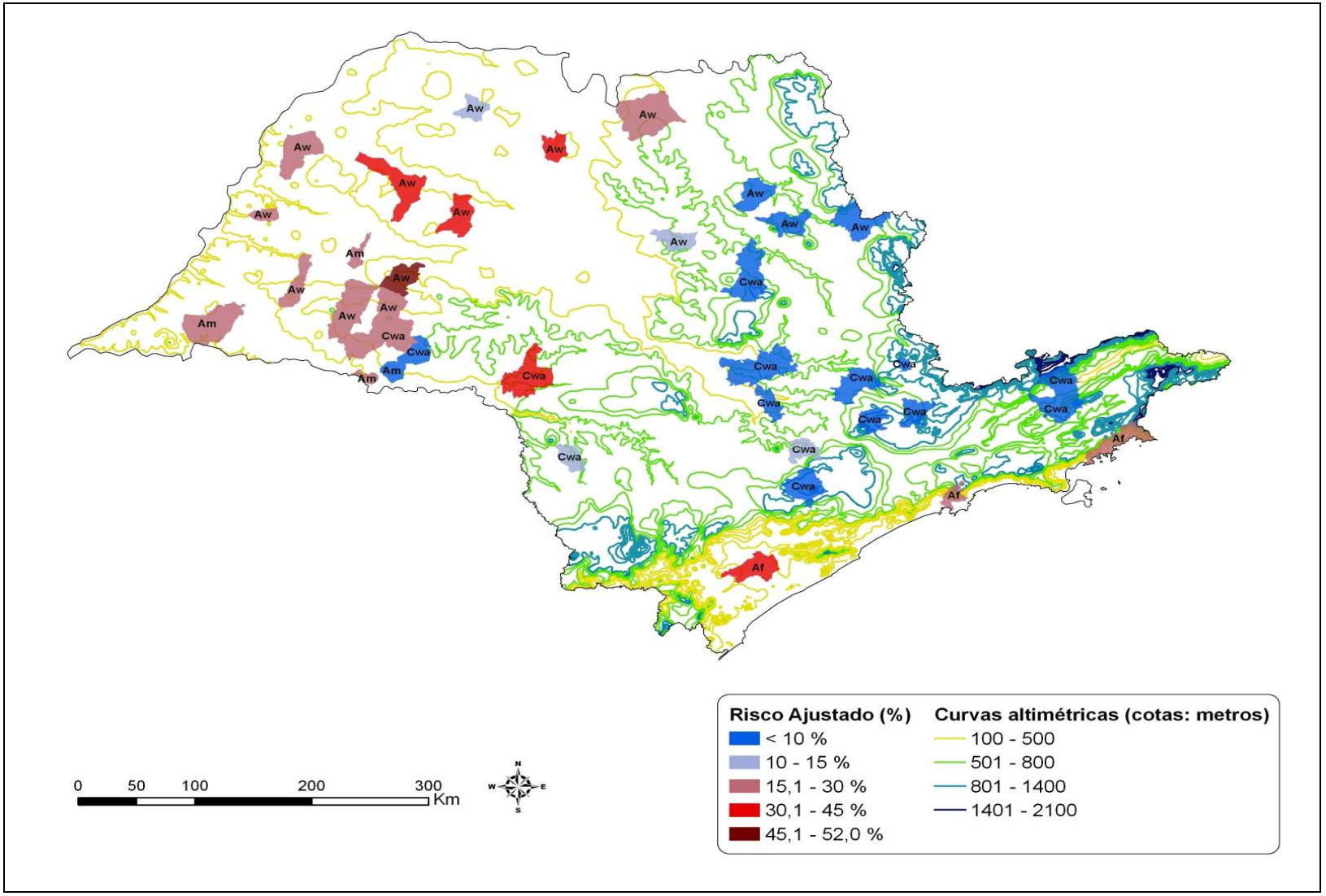


Figura 23. Risco ajustado para os municípios estudados, com a classificação de Köppen e curvas altimétricas

5.3 Análise da incidência de ondas de calor

Para a avaliação de ondas de calor foi necessário verificar o número de dias consecutivos de temperaturas extremas que podem assumir os valores: 0, 1, 2,... , t. Isto é, o número de dias consecutivos pode assumir qualquer valor entre o valor mínimo (zero) – quando nenhum dia atingiu a temperatura extrema – e um valor máximo desconhecido (t) – quando "t" dias consecutivos atingiram ou superaram os patamares de temperatura extrema estabelecidos neste trabalho.

No presente trabalho, a onda de calor foi denominada como um fenômeno em que o número consecutivo de dias com temperaturas extremas é maior ou igual a três (3). Dessa forma, pôde-se aproveitar a mesma estrutura de tabela de contingência (Tabela 7) apresentada no Capítulo 6.2.

Na Tabela 11 são apresentadas as probabilidades de ocorrências de ondas de calor, para um determinado município. Verifica-se que os municípios estão dispostos em linhas, dentro de uma única coluna. Assim, os cálculos de freqüência relativa (em percentual) têm como referência o total por linha (100%). Desse modo, são estimados os riscos em cada município (cada linha) quando houve presença de onda de calor.

Verifica-se que Araçatuba (Tabela 11), por exemplo, possui um risco de 2,6%; esse valor corresponde à probabilidade de haver, em qualquer dia, uma onda de calor nesse município.

Destacaram-se os municípios com maior risco de ocorrência de onda de calor (Tabela 11): Tupã e São José do Rio Preto (3,0%); Araçatuba e Penápolis (2,6%); e Osvaldo Cruz (2,5%). Por outro lado, os municípios de risco zero (0,0%) são: Assis, Atibaia, Campinas, Jundiaí, Monte Alegre do Sul, Paulínia, Piedade, Pindamonhangaba, Piracicaba, Riberão Preto, São Simão, Sorocaba, Tarumã, Taubaté e Tietê. Inclusive há entre esses municípios algumas (listadas no Capítulo anterior) que possuem risco nulo (0,0%) de temperaturas extremas.

O efeito dos meses sobre a ocorrência de ondas de calor foi avaliado através da Tabela 12 e da Figura 24, constando-se uma relação muito similar às temperaturas extremas diárias e às ondas de calor: o efeito do mês é fundamental para dar precisão aos valores de risco. Este resultado concorda com SOARES e DIAS (1986).

Tabela 11. Municípios ordenados segundo a média de risco de onda de calor (%) por mês.

Município	Onda de Calor (%)		
	Ausente	Presente	Total
São José do Rio Preto	97,0	3,0	100
Tupã	97,0	3,0	100
Araçatuba	97,4	2,6	100
Penápolis	97,4	2,6	100
Osvaldo Cruz	97,5	2,5	100
Paraguaçu Paulista	98,1	1,9	100
Rancharia	98,1	1,9	100
Presidente Prudente	98,4	1,7	100
Tupi Paulista	98,4	1,6	100
Mirante do Paranapanema	98,5	1,5	100
Santa Cruz do Rio Pardo	98,7	1,3	100
Andradina	98,8	1,2	100
Barretos	99,2	0,8	100
Pedrinhas Paulista	99,2	0,8	100
Registro	99,2	0,8	100
Ubatuba	99,5	0,6	100
Votuporanga	99,6	0,5	100
Taquarituba	99,6	0,4	100
Quatá	99,7	0,3	100
Santos	99,7	0,3	100
Matão	99,9	0,1	100
Mococa	99,9	0,1	100
São Carlos	100,0	0,1	100
Assis	100,0	0,0	100
Atibaia	100,0	0,0	100
Campinas	100,0	0,0	100
Jundiaí	100,0	0,0	100
Monte Alegre do Sul	100,0	0,0	100
Paulínia	100,0	0,0	100
Piedade	100,0	0,0	100
Pindamonhangaba	100,0	0,0	100
Piracicaba	100,0	0,0	100
Ribeirão Preto	100,0	0,0	100
São Simão	100,0	0,0	100
Sorocaba	100,0	0,0	100
Tarumã	100,0	0,0	100
Taubaté	100,0	0,0	100
Tietê	100,0	0,0	100
Total	99,4	0,6	100

Tabela 12. Distribuição percentual de ocorrência de onda de calor por mês.

Mês	Onda de Calor (%)		
	Ausente	Presente	Total
Jan	98,3	1,7	100
Fev	98,7	1,3	100
Mar	99,0	1,0	100
Abr	99,5	0,5	100
Mai	100,0	0,0	100
Jun	100,0	0,0	100
Jul	100,0	0,0	100
Ago	99,9	0,1	100
Set	99,7	0,3	100
Out	99,4	0,7	100
Nov	99,1	1,0	100
Dez	98,9	1,1	100
Total	99,4	0,6	100

A partir da Tabela 12, pôde-se elaborar a distribuição mensal do risco, que pode ser constatado na Figura 24. Essa tabela foi submetida ao teste Qui-Quadrado (P-valor < 0,001), que apontou forte relação de dependência entre a presença de ondas de calor e os meses.

Na Figura 23, obtida a partir da Tabela 12, há novamente um padrão senoidal descrevendo a relação entre os meses e o risco de onda de calor, como já visto anteriormente (Figuras 14, 15, 16 e 20). Essa constatação mostra que os meses não apenas se associam à variação da temperatura e à ocorrência de temperatura extrema, mas também à de onda de calor.

Por conseguinte, pode-se estabelecer a associação direta entre temperaturas médias, o risco de temperaturas extremas e o de ondas de calor. Isto é, quanto maiores as temperaturas, maior será a incidência de temperaturas extremas e, conseqüentemente, de ondas de calor. Em suma, períodos de temperaturas elevadas têm maiores propensões aos eventos térmicos extremos (temperaturas extremas e ondas de calor). Tal resultado foi constatado por SOARES e DIAS (1986) e ROSSATO et al. (2003) que relatam: durante os meses mais quentes são esperados mais dias com temperaturas extremas e inclusive, maiores ocorrências de ondas de calor. OLIVEIRA et al. (2006) também evidenciam que nos meses mais quentes são obtidas maiores magnitudes de ITU.

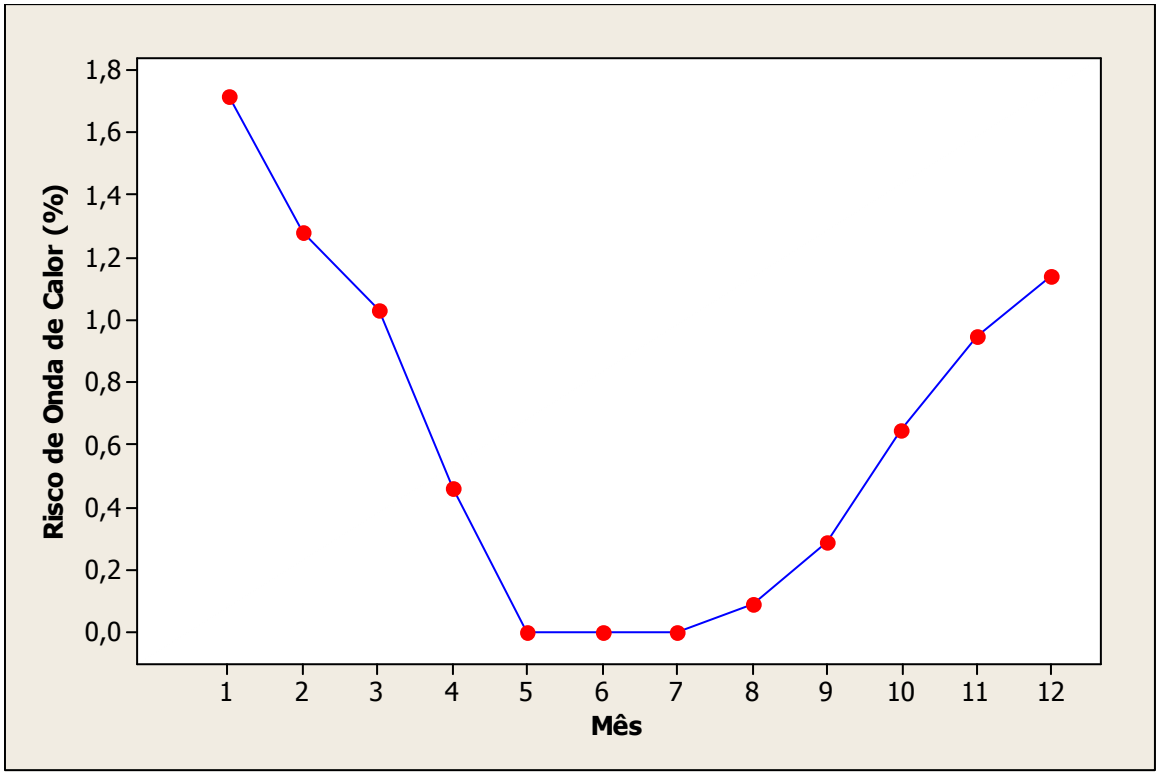


Figura 24. Risco de onda de calor por mês

A curva que retrata o risco de onda de calor por mês é similar à senoidal, estando de acordo coma a descrição em CEPAGRI (2003), SOARES e DIAS (1986), OLIVEIRA et al. (2006) e essa forma dada pela distribuição mensal do risco (observada nas Figuras 14, 15, 16, 20 e 24) é típica dos climas presentes no estado de São Paulo.

A Tabela 13 foi composta a partir de 12 tabelas mensais, similares à Tabela 11, porém somente foram computadas as probabilidades referentes aos riscos de ondas de calor. Assim, a Tabela 13 é uma composição de várias tabelas de contingência contendo o risco de ocorrência de ondas de calor para um determinado município, em um determinado mês.

Tabela 13. Municípios ordenados segundo a média de risco de onda de calor (%) por mês.

Município	Risco de onda de calor (%)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
São José do Rio Preto	8,9	5,3	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,7	4,0	5,0	5,7	3,0
Tupã	12,9	3,6	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	6,7	0,0	3,0
Araçatuba	5,2	5,0	5,2	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	2,6	3,7	4,8	2,6
Penápolis	7,7	5,7	4,5	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	5,3	5,2	2,6
Osvaldo Cruz	6,5	5,3	8,1	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,6	1,7	3,2	2,5
Paraguaçu Paulista	4,8	8,8	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	3,2	1,9
Rancharia	6,5	1,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	1,7	0,0	5,0	3,2	1,9
Presidente Prudente	4,2	3,1	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,6	1,9	3,0	1,7
Tupi Paulista	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	6,7	3,2	1,6
Mirante do Paranapanema	4,8	1,8	1,6	1,7	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	3,3	3,2	1,5
Santa Cruz do Rio Pardo	5,4	2,4	2,2	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,1	1,1	1,3
Andradina	3,2	2,4	2,2	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,1	3,2	1,2
Barretos	1,7	1,7	1,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	0,9	1,4	0,7	0,8
Pedrinhas Paulista	6,5	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,8
Registro	3,2	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
Ubatuba	3,2	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Votuporanga	0,9	0,8	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,7	1,0	1,4	0,5
Taquarituba	1,7	1,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,8	0,4
Quatá	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,3
Santos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,3
Matão	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Mococa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,1
São Carlos	0,2	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Assis	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Atibaia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Campinas	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jundiaí	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Monte Alegre do Sul	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Paulínia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Piedade	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pindamonhangaba	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Piracicaba	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ribeirão Preto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
São Simão	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sorocaba	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tarumã	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Taubaté	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tietê	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Média	1,7	1,3	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,7	1,0	1,1	0,6

Por se tratar de uma composição de tabelas, a Tabela 13 é mais informativa e especifica mais condições determinantes ao risco. Nessa tabela, mostra-se de modo geral, que há maiores incidências de ondas de calor nos primeiros (de Janeiro a Abril) e nos últimos meses do ano (de Setembro a Dezembro). Mesmo para os municípios em que o risco é de pouca magnitude, é constatado maior risco durante os meses mais quentes, reforçando os resultados obtidos por SOARES e DIAS (1986) e ROSSATO et al. (2003).

Ao se fazer uma leitura por linha (Tabela 13), pode-se constatar o risco em cada mês, para um determinado município. De modo geral, os municípios em que foram constatadas maiores médias de risco, independentemente dos meses, são os mesmos municípios que possuem riscos extremamente elevados nos meses mais críticos (início e fim de ano). Como, por exemplo, os municípios de Tupã, São José do Rio Preto, Araçatuba, Penápolis e Osvaldo Cruz.

5.4 Análise da incidência de eventos térmicos extremos considerando a dependência temporal

Em se tratando de análises que envolvem probabilidades de eventos em dias consecutivos, deve-se verificar a dependência temporal das temperaturas extremas diárias. Isto é, averiguar se um evento ocorrido num determinado dia, exerce influência sobre a ocorrência em outro dia. Inicialmente foi avaliada a dependência de um dia para o próximo dia, isto é, se a probabilidade de existir ou não, a temperatura extrema num dia, influencia essa probabilidade no dia seguinte.

Desse modo foi elaborada uma tabela de contingência (Tabela 14) especialmente para essa avaliação de dependência de um dia.

Tabela 14. Distribuição da freqüência de temperaturas extremas entre dois dias consecutivos.

Temperatura extrema (freqüência)			
Dia	Dia "posterior"		
"anterior"	Presente	Ausente	Total
Presente	2422	2005	4427
Ausente	2005	71254	73259
Total	4427	73259	77686

A partir da Tabela 14, pôde-se verificar pelo teste exato de Fisher (P-valor < 0,0001) a forte dependência entre dois dias consecutivos quando se trata de temperatura extrema. Assim, existem fortes evidências de que a probabilidade de temperatura extrema de um dia anterior influencia a mesma probabilidade no dia seguinte.

Para mensurar o grau de dependência entre resultado do dia anterior e do posterior efetuou-se o cálculo do Risco Relativo, verificando-se que quando o dia anterior possui temperatura extrema, o risco desse evento se repetir no dia seguinte é 19,97 vezes maior, quando comparado com o dia anterior sem o evento.

A relação de dependência evidenciada nesse trabalho concorda com diversos autores (ARRUDA e PINTO, 1979; SOARES e DIAS, 1986; ROSSATO et al, 2003; ESTEFANEL, ET al, 1994; IAFFE ET al, 2003)

ESTEFANEL et al (1994), citado por IAFFE el al, (2003) justificam esse fato ao verificarem que quando uma massa de ar quente provoca uma elevação da temperatura na região, a tendência é que permaneça por vários dias até a entrada de uma frente fria estabelecendo uma nova condição sinótica[4].

Ao dividir os resultados da Tabela 14 pelas respectivas marginais (em linha) produziu-se uma tabela de contingência que expressa os riscos entre os dias consecutivos (Tabela 15).

[4] O termo sinótico deriva do grego *synoptikos*, que significa obter uma visão geral de um local. Para a meteorologia, este termo é utilizado para nomear as cartas elaboradas visando observar fenômenos que possuem grande variação espaço-temporal (CAMARGO, R. e FREDIANI, 2004).

Tabela 15. Distribuição de risco de temperaturas extremas entre dois dias consecutivos.

Temperatura extrema (%)			
Dia	Dia "posterior"		
"anterior"	Presente	Ausente	Total
Presente	54,71	45,29	100,00
Ausente	2,74	97,26	100,00
Total	5,70	94,30	100,00

Os riscos apresentados (Tabela 15) são probabilidades (condicionais) dos resultados obtidos no dia posterior dado o resultado do dia anterior. Por exemplo, a probabilidade de haver temperatura extrema num dia posterior, dado que no dia anterior ela esteve presente, é de 54,71%. Da mesma forma, a probabilidade localizada abaixo (2,74%) corresponde à probabilidade do mesmo resultado ser antecedido por um dia sem temperatura extrema.

A divisão do valor 54,71% por 2,74% resulta no valor do Risco Relativo apresentado (=19,97). Outra forma de se constatar de dependência é comparando a os valores totais apresentados no fim das colunas (probabilidades incondicionais) com os resultados apresentados na respectiva coluna. Por exemplo, a probabilidade (incondicional) de haver um dia qualquer de temperatura extrema é de 5,70%, contudo, condicionando ao resultado do dia anterior, podem-se verificar resultados bem diferentes desse (54,71 e 2,74%). Segundo SOARES e DIAS (1986), essa diferença sugere a existência de uma persistência temporal do fenômeno estudado.

Na Tabela 16 são apresentados os riscos de um dia de temperatura extrema diária permanecer por um determinado número de dias consecutivamente, para cada município. Esse risco pode ser denominado como Risco Condicional, pois foi calculado sob a condição que temperatura extrema já é garantida num determinado dia, e se deseja saber por quantos dias ela vai durar ainda. Por exemplo, um produtor avícola recebeu a notícia da meteorologia de que a temperatura no próximo dia vai ser extrema (com mínima acima de 22°C e máxima acima de 32°C), pressupondo esse fato garantido, ele pode se precaver sabendo da chance (risco condicionado) desse fenômeno durar apenas um dia (58%), ou de durar dois dias (23%), a assim por diante. Assim, na Tabela 16, é apresentado o risco de que as temperaturas extremas permaneçam por determinados dias, mediante a garantia de que vai existir o tal fenômeno.

Considerando as probabilidades de duração do evento estudado, a Tabela 16 tem um forte papel no planejamento da mitigação dos problemas decorrentes da temperatura extrema.

Nesse contexto, devesse acrescentar que a mitigação envolve custos aos produtores, devido ao uso se equipamentos e mão-de-obra especializada e não especializada.

Verifica-se, desse modo, que, em alguns municípios, a mitigação de temperaturas extremas seja em curto prazo, como por exemplo, em Tietê, um dos municípios de intensa produção avícola de corte no estado de São Paulo (APA, 2007). Nessa localidade, um avicultor não necessitaria de uma prolongada intervenção, pois o risco de se ter a temperatura extrema por mais de um dia é nula.

Já no caso dos produtores de São Jose do rio Preto, também apontada como sendo de intensa produção avícola de corte no estado de São Paulo (APA, 2007), deve-se precaver por um período mais longo. Sabendo que em um determinado dia haverá uma temperatura extrema, o risco de que esse fenômeno dure três (3) dias é consideravelmente alto (15,3%).

Comparando as regiões de Tietê e São José do Rio Preto, quanto ao risco desses fenômenos, constata-se um estado mais preocupante na segunda região, devido ao maior número de temperaturas extremas pro períodos mais prolongados, conseqüentemente, maior custo para mitigar os efeitos prejudicais desses fenômenos à avicultura de corte. (colocar os prós).

Sendo assim, o impacto dos fenômenos estudados nesse trabalho sobre o planejamento das ações mitigadoras (inclusive cistos dessas ações), está diretamente relacionado ao período de duração de temperaturas extremas.

Naturalmente nesse trabalho não são apontados todos os aspectos com relação às perdas produtivas, mas sim somente as oriundas do incremento calórico. Foram constatados por diversas vezes que a município de São José do Rio Preto possui níveis elevados de risco de temperaturas extremas e de onda de calor, contudo essa é uma das principais regiões produtoras de frangos de corte mesmo em condições térmicas que tenderiam a provocar grandes perdas produtivas. Tal contradição deixaria de existir, quando se leva em consideração os meios eficazes de aclimatação dos galpões de produção e principalmente o contrabalanço dos baixos custos de insumos para a produção, como os grãos por exemplo. Devido à logística do escoamento de grãos - do Centro-Oeste para o Sudeste, entrando pelo Oeste Paulista - a região de São José do Rio Preto leva vantagem nos preços dos grãos e na distribuição da produção para as demais regiões (IPEA, 2000).

A Na Tabela 17 são mostrados os resultados dos riscos condicionais para as ocorrências de ondas de calor, para cada município. Os valores apresentados são calculados a partir da soma das probabilidades obtidas em cada período de tempo (permanência) (Tabela 16). A interpretação desses valores é similar à interpretação dada para os valores da Tabela 16 – corresponde ao risco de haver uma onda de calor, supondo-se que haverá um dia de temperatura extrema. Tal risco equivale à probabilidade de que as temperaturas extremas permaneçam por pelo menos três dias, mediante a garantia da ocorrência do dia de temperatura extrema.

Tabela 16. Risco de permanência de temperatura extrema (%) por município.

Município	Dias consecutivos de permanência de temperaturas extremas																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	≥20
Andradina	58,0	23,2	8,7	4,3	2,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Araçatuba	48,7	21,2	8,3	6,4	3,2	3,8	1,3	1,6	1,0	0,6	0,0	1,3	1,0	0,6	0,6	0,0	0,3	0,0	0,0
Assis	85,7	4,8	4,8	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Atibaia	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Barretos	61,3	20,4	8,0	3,6	1,8	1,8	0,4	0,4	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9
Campinas	88,6	8,6	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jundiaí	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Matão	80,0	13,3	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mirante do Paranapanema	41,9	22,6	12,9	9,7	6,5	3,2	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mococa	78,1	12,5	3,1	3,1	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Monte Alegre do Sul	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Osvaldo Cruz	48,3	21,7	11,7	6,7	1,7	1,7	3,3	1,7	1,7	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Paraguaçu Paulista	45,9	16,2	18,9	8,1	5,4	2,7	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Paulínia	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pedrinhas Paulista	70,0	10,0	10,0	3,3	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Penápolis	51,7	17,2	8,6	9,9	7,3	2,0	0,7	1,3	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
Piedade	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Pindamonhangaba	83,3	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Piracicaba	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Presidente Prudente	50,6	21,0	11,1	7,4	4,8	2,3	1,1	0,6	0,0	0,0	0,3	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Quatá	62,5	25,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rancharia	44,4	16,7	8,3	16,7	5,6	2,8	0,0	2,8	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Registro	68,8	12,5	12,5	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ribeirão Preto	95,7	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Santa Cruz do Rio Pardo	44,7	18,4	7,9	7,9	2,6	2,6	0,0	0,0	5,3	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3
Santos	66,7	25,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
São Carlos	61,1	22,2	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
São José do Rio Preto	43,2	17,1	15,3	7,2	3,6	1,8	3,6	2,7	0,0	0,9	3,6	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
São Simão	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sorocaba	40,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Taquarituba	55,4	24,1	7,2	7,2	0,0	2,4	1,2	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tarumã	80,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Taubaté	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tietê	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tupã	48,1	11,1	11,1	3,7	0,0	0,0	7,4	7,4	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	3,7	0,0
Tupi Paulista	52,2	21,7	21,7	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ubatuba	61,5	23,1	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Votuporanga	66,7	21,0	7,5	2,7	1,6	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	56,2	19,4	9,2	5,6	3,1	2,0	1,0	1,0	0,4	0,3	0,4	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0

(*) Implica na ausência registro de dias com temperaturas extremas.

Tabela 17. Municípios ordenados segundo o risco condicional de onde de calor (%).

Município	Risco de onda (condicional)
Tupã	40,7
São José do Rio Preto	39,6
Rancharia	38,9
Paraguaçu Paulista	37,8
Santa Cruz do Rio Pardo	36,8
Mirante do Paranapanema	35,5
Penápolis	31,1
Araçatuba	30,1
Osvaldo Cruz	30,0
Presidente Prudente	28,4
Tupi Paulista	26,1
Total	24,4
Taquarituba	20,5
Pedrinhas Paulista	20,0
Andradina	18,8
Registro	18,8
Barretos	18,2
São Carlos	16,7
Ubatuba	15,4
Quatá	12,5
Votuporanga	12,4
Assis	9,5
Mococa	9,4
Santos	8,3
Matão	6,7
Campinas	2,9
Atibaia	0,0
Jundiaí	0,0
Monte Alegre do Sul	0,0
Paulínia	0,0
Piedade	0,0
Pindamonhangaba	0,0
Piracicaba	0,0
Ribeirão Preto	0,0
São Simão	0,0
Sorocaba	0,0
Taruma	0,0
Taubaté	0,0
Tietê	0,0
Total	24,4

Nos mapas apresentados (Figuras 25 e 26) são reforçadas as constatações obtidas nos mapas anteriores:

- Há uma grande influência do clima e dos fatores climáticos sobre o risco condicional de onde de calor;
- Entre os fatores climáticos são destacados a continentalidade, a altitude e a interação entre esses fatores;
- A influência que esses fatores exercem às temperaturas é similar aos fenômenos de temperaturas extremas diárias, bem como aos de ondas de calor.
- Há maior risco condicional de ondas de calor nos municípios localizados nas regiões Oeste e Noroeste do estado de São Paulo.

Esses municípios apresentaram temperaturas ambientes não apropriadas à produção avícola, o que os torna como vulneráveis quanto ao impacto negativo do efeito térmico sobre a criação de aves, de acordo com o preconizado por DEATON et al.(1997), MIRAGLIOTTA et al. (2006) e VALE et al. (2008).

Vários autores demonstraram experimentalmente os impactos nocivos da temperatura sob a produção avícola (MEDEIROS, 2001; TANKSON et al., 1998; PEREIRA, 2005; SALGADO, 2006). Dessa forma, as empreses de produção avícola localizadas nessas regiões necessitam de fazer investimentos substanciais no resfriamento do ambiente interno dos galpões de produção. Durante o período de desconforto térmico aos animais, verifica-se a necessidade, por parte dos produtores, de tomarem precauções para evitar perdas na produção, tais como, manutenção e/ou instalação de sistemas de ventilação e/ou resfriamento evaporativo (MEDEIROS, 2001; MOURA, 2001; MEEHL e TEBALDI, 2004; MENDES et al., 2005, MIRAGLIOTTA et al., 2006; OLIVEIRA et al. 2006;VALE et al., 2008).

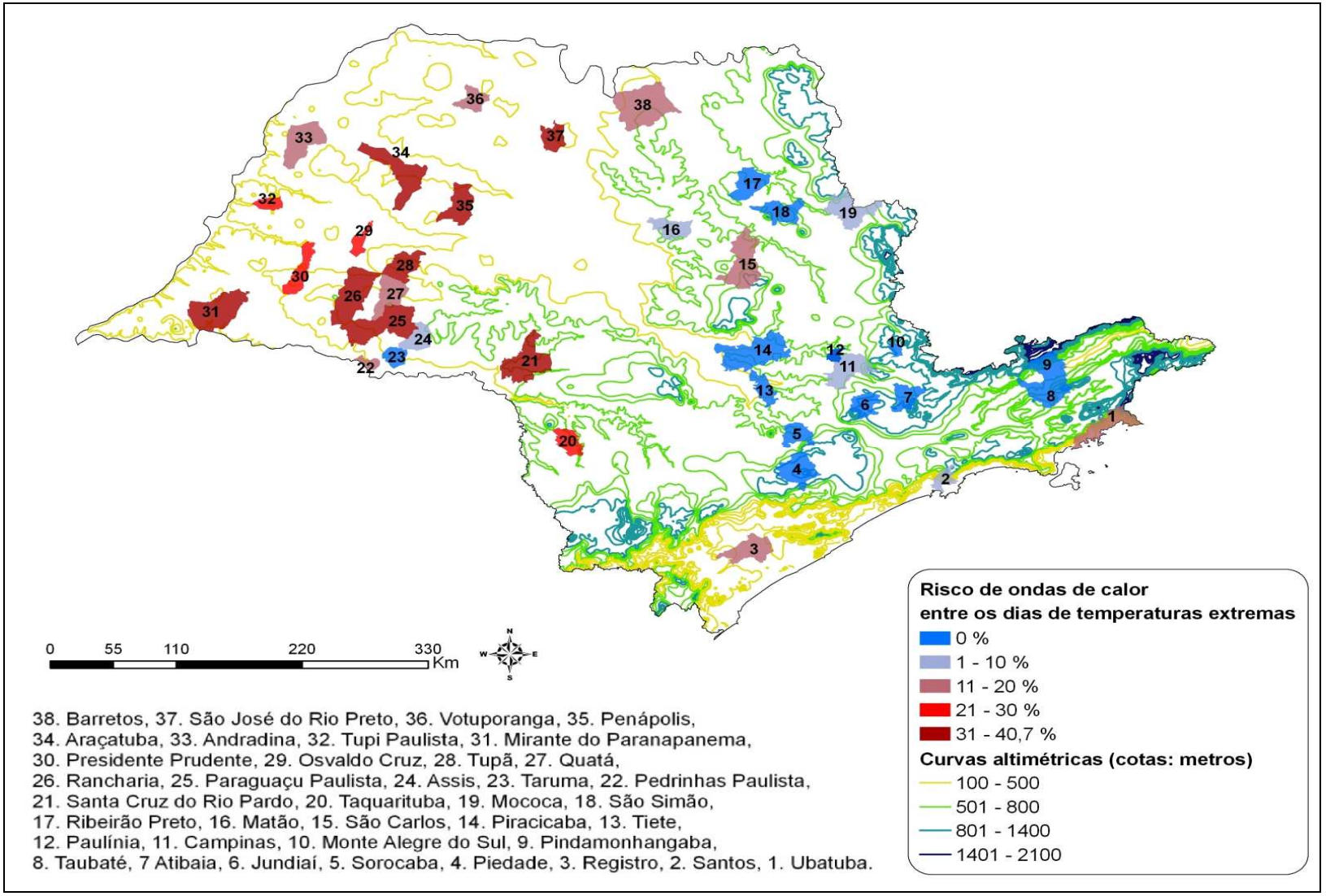


Figura 25. Mapeamento do risco condicional de ondas de calor - com curvas altimétricas

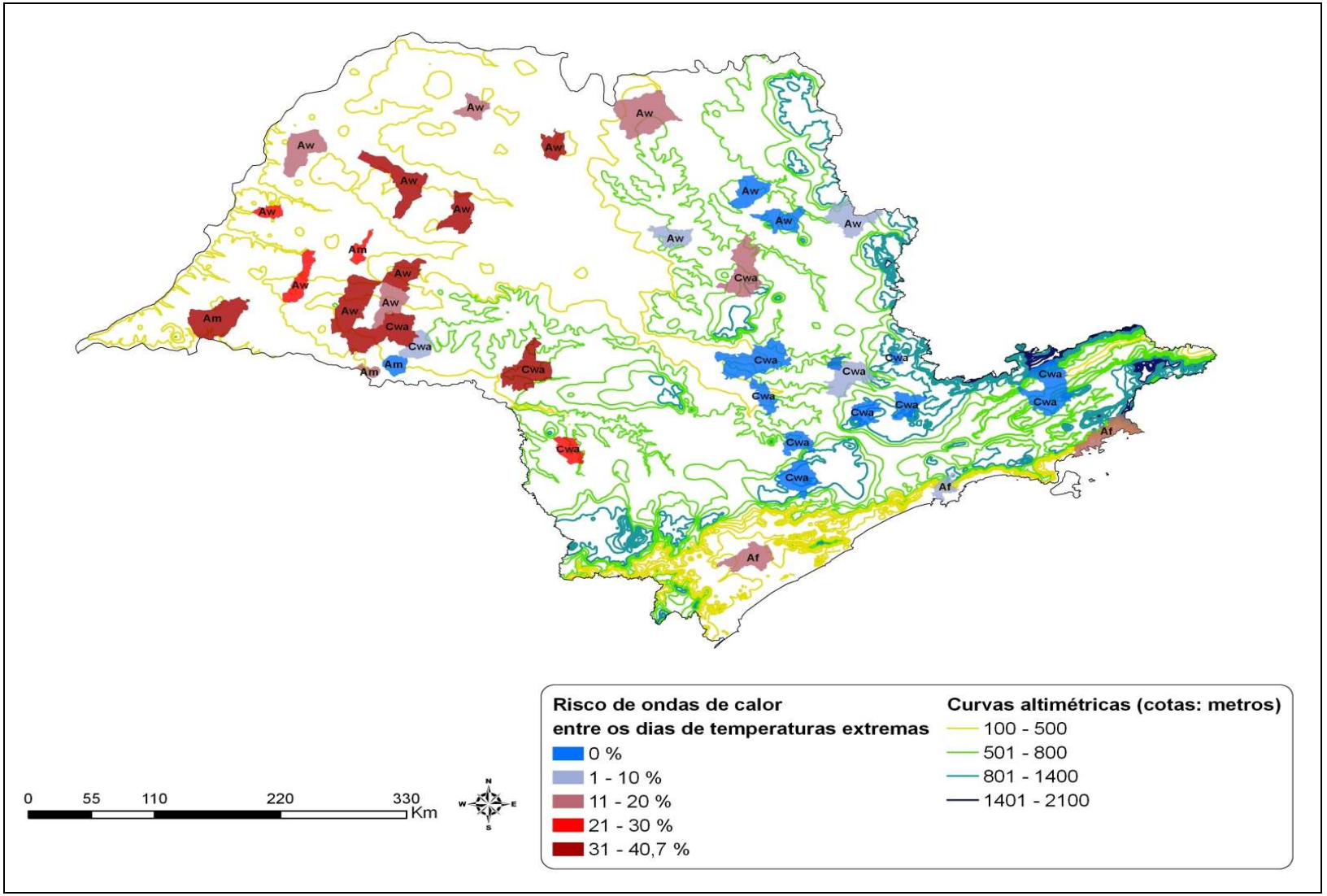


Figura 26. Mapeamento do risco condicional de ondas de calor - com a classificação de Köppen e curvas altimétricas

6 CONCLUSÕES

Esta pesquisa ofereceu uma metodologia alternativa para definir onda de calor, visto que os dados fornecidos não forneciam condições de cálculos de índices mais aprimorados como o ITU ou o ITUV, todavia a utilização das temperaturas diárias máximas e mínimas conjuntamente ofereceu um critério robusto para definir a temperatura diária extrema e conseqüentemente, a onda de calor.

O risco desses fenômenos foi estimado mediante a esse critério, aplicando-se aos dados históricos meteorológicos.

Primeiramente, foi constatado nesta pesquisa que as temperaturas (mínimas, médias e máximas) sofrem influência temporal, isto é, dos meses e dos anos: o efeito dos meses é muito evidente, e é ilustrado graficamente assumindo forma de uma curva senoidal; enquanto que o efeito do ano é moderado, com um padrão oscilatório e estável. Também foi constatado que as posições geográficas dos municípios provocam variações nessas temperaturas.

Em se tratando do risco de fenômenos de altas temperaturas (tanto temperatura extrema como onda de calor), foi identificado a influência dos meses (P-valor < 0,001), que foi similar à constatada sobre as temperaturas, demonstrando que em períodos mais quentes do ano existe maior risco de ocorrência desses fenômenos.

Concluiu-se que as distribuições do risco de temperatura extrema e de onda de calor não são uniformes no estado de São Paulo, havendo maiores valores de risco nos municípios localizados no Oeste e Noroeste do estado de São Paulo. Isso se deve aos fatores climáticos mencionados neste trabalho (Latitude longitude, altitude, continentalidade) e principalmente à interação entre continentalidade e altitude, que exercem forte influência sobre os valores de risco obtidos nessa pesquisa – tal constatação pode ser observada nos mapeamentos.

Por meio das análises da dependência temporal das ocorrências de temperaturas extremas, constatou-se a existência da persistência temporal do fenômeno estudado. Isto implica que a probabilidade de ocorrência desse fenômeno em um determinado dia, aumenta significativamente (P-valor < 0,001) se o mesmo fenômeno ocorreu no dia anterior.

Tomando-se com certa a ocorrência da temperatura extrema num determinado dia, é possível mensurar a probabilidade de que esse fenômeno permaneça por determinados dias. Tal probabilidade foi denominada de risco condicional. Esse resultado fornece ao produtor avícola condições para um planejamento estratégico de mitigação dos impactos nocivos dos eventos de altas temperaturas.

A partir de todas as análises de risco, foram classificados os municípios onde há maior risco de fenômenos meteorológicos de alta temperatura. São destacados, em ordem alfabética: Araçatuba, Osvaldo Cruz, Paraguaçu Paulista, Penápolis, Rancharia, São José do Rio Preto, Santa Cruz do Rio Pardo e Tupã. Nessas regiões, bem como em outras em que se apresentam riscos elevados, devem ser de tomadas precauções para evitar perdas na produção avícola, através da manutenção e/ou instalação de sistemas de climatização.

7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Propõe-se, em decorrência desse trabalho, a elaboração de um modelo de predição do risco em função dos fatores climáticos latitude, longitude, altitude, continentalidade – e ainda a classificação de Köppen para o clima (como variável). Permitindo a comparação desse modelo um ajuste de superfície obtido por meio de Krigagem (interpolação geoestatística) e, por fim, validando o melhor modelo, comparando as observações reais contra as estimadas.

8 BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, R. Manejo: Fator essencial na qualidade da produção. Disponível no site http://www.aveworld.com.br/index.php/documento/122. Data de acesos 30/09/2008.

AMENDOLA, M.; SOUZA, A.L.; BARROS, L.C. Manual do uso da teoria dos conjuntos fuzzy no matlab 6.5. 2005. 46 p. Disponível em: www.ime.unicamp.br/~laeciocb/MANUAL_2005.pdf/.: Acesso em: 15/12/2007.

AMS. 1989. Glossary of Meteorology, 5th Edition. Am. Meteorological Society. Boston, MA.

APA – ASSOCIAÇÃO PAULISTA DOS AVICULTORES.Municípios de intensa produção avícola no estado de São Paulo. Disponível em: http://www.apa.com.br/. Acesso em: 15/02/2008.

APPLEGATE, W.B., RUNYAN JR., J.W., BRASFIELD, L. Analysis of the 1980 heat wave in Memphis. Journal of the American Geriatrics Society, n. 29, v. 8, p. 337-342, 1981.

ARADAS, M.E.C.; NÄÄS, I.A.; SALGADO, D.D. Comparing the thermal environment in broiler houses using two bird densities under tropical conditions. CIGR E-Journal, v.7, p.1-12, 2005.

ASSAD, E. D; PINTO, H. S. Zoneamento agroclimático para o cultivo do café (C. Arábica) para os estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Goiás e sudoeste da Bahia. Brasília, Embrapa- Funcafé, 94 p., 2001.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, JURANDIR e ÁVILA , A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.39, n.11, p.1057-1064, 2004.

AVISITE. Produção - novo recorde, produção de carne de frango fica próxima do milhão de toneladas. Disponível em: <http://www.avisite.com.br/noticias>. Acesso em:10/11/2008.

BAETA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em Edificações Rurais: conforto térmico animal. Viçosa: editora UFV, 1997. 246 p.

BAKONYI, S.M.C.; DANNI-OLIVEIRA, I.M.; MARTINS, L.C. Air pollution and respiratory diseases among children in the city of Curitiba, Brazil. Rev. Saúde Pública. 2004, vol. 38, n. 5, pp. 695-700. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttextepid=S0034-89102004000500012elng=enenrm=iso>. ISSN 0034-8910. doi: 10.1590/S0034-89102004000500012. Acesso em 10/08/2006.

BALLESTER, F., CORELLA, D., PÉREZ-HOYOS, S., SÁEZ, M., HERVÁS, A. Mortality as a function of temperature. A study in Valencia, Spain, 1991-1993 International Journal of Epidemiology, n. 26, v. 3, p. 551-561, 1997.

BANG G.; FROYN, C.B; HOVI, J.; MENZ F.C. The United States and international climate cooperation: International ‘‘pull’’ versus domestic ‘‘push”. Energy Policy, v. 7, p. 7-14, 2006.

BARNETT, J.L., HEMSWORTH, P.H. 1990. The validity of physiological and behavioural measures of animal welfare. Appl. Anim. Behav. Sci. V.:177-187.

BEER, T. and ZIOLKOWSKI, F. Environmental risk assessment – an Australian perspective, in Norton. Risk and Uncertainty in Environmental Management, Centre for Resource and Environmental Studies, Canberra, 3-13, 1995.

BERRY, I.L.; SHANKLIN, M.D.; JOHNSON, H.D.: Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. Transactions of the ASAE, p 329-331, 1961.

BIETO, J.A.; TALON, M. Fisiologia y bioquimica vegetal. Madrid: Interamericana; McGraw-Hill, p.537-553, 1996.

BOER, G.J.; FLATO, G. AND RAMSDEN, D. A transient climate change simulation with greenhouse gas and aerosol forcing: projected climate for the 21st century. Climate Climate Dynamics, v.16, 427-450. 2000.

BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; EIGENBERG, R.A.; HAHN, G.L.; FREETLY, H. Thermoregulatory responses of feeder cattle. Journal of Thermal Biology, v. 28, p. 149–157, 2003.

BROWN, M. W.; CAMERON, E. A. Spatial distribution of adults of Ooeencyrtus kuvanae (Hymenoptera: Encyrtidae), and egg parasite of Lymantria dispar (Lepidoptera: Lymantriidae). Canadian Etomology, v.114, p. 1109-1120, 1982.

BRUNOZILLI, J.; SOUZA, D. P. Produtividade regional. Avicultura industrial. n. 1119, p. 22-24. 2004.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H., PITT, D. Black globe index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE., v.24, p. 711-714, 1981.

CAMARGO, R.; FREDIANI, M. E. Meteorologia Sinótica - Tópicos de aula, 2004. Disponível em: http://www.master.iag.usp.br/ensino/Sinotica/AULA01/AULA01.HTML. Acesso em: 10/10/2008.

CAMPOS. A. T.; PIRES. M. F. A.; SILVA JUNIOR. J. L.C.; COSTA. L.C. Zoneamento bioclimatológico da região Sudeste do Brasil para prognóstico na produção de leite e na taxa de concepção de vacas Holandesas em função do Índice de Temperatura e Umidade. Embrapa Gado de Leite. Disponível em http://www.cnpgl.embrapa.br. Acesso em 16/05/2005.

CAVESTANY, D.; EL-WISHY, A.A.; FOOTE, R.H. Effect of season and high environmental temperature on fertility of Holstein cattle. Journal of Dairy Science, v.68, p.1471-1478, 1985.

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura, Clima das cidades do estado de são Paulo. Disponível no site http: / / www.cpa.unicamp.br / produção / trabalhos-em-anais-de-eventos /2003 / tema1_2.pd f/download.pdf data de acesos 24/09/2008.

CHEN, C.T. Introduction to linear system theory. Holt, Reinhart and Winston, New York, 1970. n págs?

CHEN, C.; CHOCK, D. P.; WINKLER, S. L. A simulation study of confounding in generalized linear models for air pollution epidemiology. Environmental Health Perspectives, v. 107 n. 3, p. 217-222, 1999.

CONFALONIERI, U. E.C. E MARINHO, D. P. Mudança Climática Global e Saúde: perspectivas para o Rio de Janeiro. – Programa de Mudanças Ambientais Globais e Saúde – Departamento de Ciências Biológicas – Escola Nacional de Saúde Publica Sergio Arouca – FIOCRUZ, 2007. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/ipp/. Acesso em 18/01/2008.

COPA / COGECA (COMITÊ DÊS ORGANISATIONS PROFESSIONALLES DE LA AGRICOLES DE LA COMMUNITÉ EUROPÉENNE / COMITÊ GENERAL DE LA COOPERATION AGRICOLE). Assessment of the impact of the heat wave and drought of the Summer 2003 on agricultural and forestry. Cologne, Alemanha. 15 p. 2004. Disponível em:http://www.meteo.unioeln.de/content/klimadiagnose/summerheat2003/pocc_03_78i4_1e.pdf. Acesso em 26/08/2005.

CURTIS, S.E. Environmental management in animal agriculture. Ames, Iowa: The Iowa State University Press. 410p, 1983.

DEATON, J.W.; REECE, F.N.; MCNAUGHTON, N. The effect of temperature during the growing period on broiler performance. Poultry Science, Stanford, v.57, p.1070-1074, 1997.

DASKALOV P I. Prediction of temperature and humidity in a naturally ventilated pig building. Journal of Agricultural Engineering Research, n.68, p. 329–339, 1997.

DASKALOV, P. I.; ARVANITIS, K.G.; PASGIANOS, G.D.; SIGRIMIS, N.A. Non-linear Adaptive Temperature and Humidity Control in Animal Buildings. Biosystems Engineering, v. 93, n. 1, p.1–24, 2006.

DONALD, J. Environmental Control options under different climate conditions. World Poultry. Elsevier, v.14, n. 11, p. 22-27, 1998.

DONALDSON, G.C.; KEATINGE, W.R.; NÄYHÄ, S. Changes in summer temperature and heat-related mortality since 1971 in North Carolina, South Finland, and Southeast England. Environmental Research, v.91, p. 1–7, 2003.

DOWDY, S.; WEARDEN, S. Statistics for research, 2nd edition, New York, Wiley – Interscience, 1991. 629p

ENGEL, L. S.; HILL, D. A.; HOPPIN, J. A. Pesticide Use and Breast Cancer Risk among Farmers' Wives in the Agricultural Health Study. American Journal of Epidemiology, v. 161, n. 2, p. 121-135, 2005.

EPSTEIN P.R. Climate change and emerging infectious diseases Microbes and Infection, v. 3, p.747-754, 2001.

EPSTEIN P.R.; DIAZ H.F.; ELIAS S.; GRABHERR G.; GRAHAM N.E.; MARTENS W.J.M.; MOSLEY-THOMPSON E.; SUSSKIND E.J. Biological and physical signs of climate change: focus on mosquito-borne disease, Bulletin of the American Meteorology Society, n.78, p. 409–417, 1998.

ESMAY, M.L. Principles of Animal Environment, AVI Pub. Co. Inc. Westport, pp. 325, 1982.

FARIA, N. M. X.; FACCHINI, L.A.;, FASSA, A. C. G.. Rural work and pesticide poisoning. Caderno Saúde Pública, vol.20, no.5, p.1298-1308, Sept./Oct. 2004,

FAYYAD, U.; HAUSSELER, D.; STOLORZ, P. Mining Scientific Data. Communications of the ACM, v. 39, n. 11, 1996.

FELLER, W. An introduction to Probability Theory and its Applications, vol. 11, New York, Willey 626, 1966.

FLEISS, J. L.; LEVIN, B.; PAIK, M. C. Statistical Methods for Rates and Proportions. 3rd Edition, New York: John Wiley & Sons Wiley Series in Probability and Statistics, 2003

FONSECA, S.S., VICTORA, C. G., HALPERN, R. et al. Fatores de risco para injúrias acidentais em pré-escolares. Revista Chilena de Pediatria. vol.75, no.2 p.194-195, Mar 2004.

FRASER, D., RITCHIE, J.S.D., FRASER, A.F. 1975. The term "stress" in a veterinary context. Br. Vet. J., v.131:653-662.

FRUEHAUF, G.L.C. (1998). A deterioração da qualidade do ar e do clima na Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, 1998. 197p. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo.

GATES, R. S.; ZHANG, H.; COLLIVER, D. G.; OVERHULTS, D. G. Regional variation temperature humidity index for poultry housing. Transaction of the ASAE, v. 38, n. 1, p. 197-205. 1995.

GATES, R. S., OVERHULTS, D.G., ZHANG, S.H. Heat and moisture production for modern broilers. 5 th Livestock Environment Symposium, Coventry, England,761-768, 1993.

GUERREIRO, G. Forte calor traz mais um problema para as lavouras. Informativo da

Cooperativa dos Cafeicultores da Região de Garça. ano 5, n. 57, outubro 2001.

GIVONI. B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. Energy and Buildings, v. 18, p. 11- 23, 1992.

GOMES, A. C.; SOUZA, J. M. P. de; BERGAMASCHI, D. P.; et al. Anthropophilic activity of Aedes aegypti and of Aedes albopictus in area under control and surveillance. Rev. Saúde Pública, v.39, n.2, p.206-210, 2005.

GRINGORTEN, I. I. Modeling Conditional Probability. J. Appl. Meteor.10: 646-657, 1970.

HAHN, G.L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. Journal Animal. Science, v. 77, p. 10–20, 1999.

HAHN, G. L. Compensatory performance in livestock: influences on environmental criteria. In: Proc. 2nd Intl. Livestock Environment Symposium. ASAE SP-03-82. American Society Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. pp. 285-294, 1982.

HANSEN, P.J. and EARLY, A.D. Effects of heat stress on the establishment and maintenance of pregnancy in cattle. Rev. Bras. Reprod. Anim., v.1, p.108-119, 1991.

HANSEN, J.; NAZARENKO, L; RUEDY R.; SATO, M.; WILLIS, J.; GENIO A.D.; KOCH, D.; LACIS, A.; LO, K; MENON, S.; NOVAKOV, T.; PERLWITZ, J. Earth's energy imbalance: Confirmation and implications, Science, v.308, p.1431–1435, 2005.

HARRINGTON, JR. J. A.; BOWLES, E. A climatology of hourly THI values for livestock producers. In: Extended Abstract of 14th Conference on Applied Climatology. 84 Annual Meeting of American Meteorological Society. 2004, Jan., p. 1-12. Seattle, WA. Disponível em: http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/72785.pdf . Acesso em: 27/01/2005.

HICKS, F. W. Influência do ambiente no desempenho das aves. Avicultura Brasileira, São Paulo, v. 30, n. 7, p. 75-76, Jul. 1973.

HO, M.W.;ULANOWICZ, R. Sustainable systems as organisms? BioSystems, v. 82, p. 39–51, 2005.

HOSSEINI, E., GALLICHAND, J., MARCOTTE, D. Theoretical and experimental performance of spatial interpolation methods for soil salinty analysis. Transactions of the ASAE, v. 37, p. 1799-1807, 1994.

HOUGHTON. J. T. et al., eds. Climate Change (2001): The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press. 2001.

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

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

IAFFE, A.; PINTO, H. S.; ZULLO J. R; ASSAD, E. D.. Temperaturas elevadas no florescimento de cafeeiros - I. Duração em dias seguidos com temperaturas máximas superiores à 34º C. In: XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Santa Maria, RGS, Anais. p. 489-490.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, BR. Mapa de biomas e vegetação, 2004. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm. Acesso em: 10/01/2008.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, BR. Produção Agropecuária municipal, Rio de Janeiro, v. 34, p.1-62, 2006. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/presidencia/default_ant.php>. Acesso em: 10/11/2008

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, BR. Glossário. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/informacoes/glossario/glossario.html. Acesso em: 27/01/2005.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, BR. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/html/clima.php. Acesso em: 12/06/2006.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Padrões regionais de crescimento da produção de grãos no Brasil e o papel da região centro-oeste, 2000. Disponível em: www.ipea.gov.br/pub/td/td_2000/td0731.pdf, Acessado em: 10/09/2008.

IPCC (2001 a) - INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGES. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment

Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

IPCC (2001 b). – INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGES. Climate Change 2001: Impacts Adaptation and Vulnerability. Genebra, Suiça, 2001.

IPCC (2003) – INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGES - Climate Change 2003: The Physical Science Basis of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html. Acesso em: 20/01/2008.

IPCC (2007) - INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGES - Climate Change 2007: Summary for policymakers. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

JONES, R. Managing climate risks. In: OECD workshop on The Benefits of Climate Change: Improving Information for Policy Makers, 12-13 December, Paris, pp.37, 2003.

JOHNSON, H. D. Environmental Management of Cattle to Minimize the Stress of Climatic Change. International Journal Biometeorology, v. 24, p. 65-78, 1980.

JOHNSON, R. A. and WICHERN, D. W. Applied Multivariate Statistical Analysis, 2nd Edition, 816p, 1998.

KINGWELL, R. Climate change in Australia: agricultural impacts and adaptation. Australasian Agribusiness Review, v.14, ISSN 1442-6951, 2006.

LEE, W. J.; HOPPIN, J. A.; BLAIR, A. Cancer Incidence among Pesticide Applicators Exposed to Alachlor in the Agricultural Health Study. American Journal of Epidemiology, v. 159, n. 4, p. 373-380, 2004.

LEGGETT, M. An indicative costed plan for the mitigation of global risks. Disponível em: http:// www.elsevier.com/locate/futures. Acesso em: 20/07/2006.

LIMA, K. A. Estudo da influência de ondas de calor sobre a produção de leite no estado de São Paulo. 96p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2006.

LINDZEN, R.S. UNDERSTANDING COMMON CLIMATE CLAIMS. 2005. Disponível

em: http://ff.org/centers/csspp/library/co2weekly/20060126/20060126_13.pdf. Acesso em: 17/11/2008.

LUND, I. A.; GRANTHAM, D.D. - Estimating Recurrence Probabilities of Weather Events. J. Appl. Mereor., 18: 921-930, 1970.

MACARI, M, Estresse de calor em aves. (on line). Disponível no site http://www.aveworld.com.br/index.php/documento/123. Data de acesos 30/09/2007.

MACEY, S.M., SCHNEIDER, D.E. Deaths from excessive heat and excessive cold among the elderly. Gerontologist 33, 1993 p. 497–500.

MACHADO, F.P. Contribuição ao Estudo do clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeio : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1950. 91 p.

MANN, M. E., BRADLEY, R. S., and HUGHES, M. K, Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries, Nature, 392, 779– 787, 1998

MANN, M. E., BRADLEY, R. S., and HUGHES, M. K.. Northern Hemisphere temperatures during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations, Geophys. Res. Lett., 26, 759– 762, 1999.

MARTINS, L. C.; LATORRE, M. R. D. O.; CARDOSO, M. R. A. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. Rev. Saúde Pública. v. 36, n. 1, p. 88-94, 2002.

MARUYAMA, W. I.; BARBOSA, J. C.; FERNANDES, M. G.; YAMAMOTO, P. T. Distribuição espacial de Dilobopterus costalimai Young (Hemitpera: Cicadellidae) em citros na região de Taquaritinga, SP. Neotropical Entomology, n. 31, v. 1, 2002.

MASTRANGELO, G.; HAJAT, S.; FADDA, E.; BUJA, A.; FEDELI, U.; SPOLAORE, P. Contrasting patterns of hospital admissions and mortality during heat waves: Are deaths from circulatory disease a real excess or an artifact? Medical Hypotheses, v.66, p. 1025–1028, 2006.

MCINTYRE, S.; MCKITRICK, R. Hockey sticks, principal components and spurious significance, Geophys. Res. Lett., 32, LXXXXX, 29 doi:10.1029/2004GL021750, 2005.

MCALLISTER, C.R. - Cloud Cover Recurrence and Diurnal Variation. J. Appl. Mereor., 8:

769-777, 1969.

MCKEON, G. M.; HALL1, W. B; CRIMP, S. J.; HOWDEN, S. M.; STONE, R. C. and JONES, D. A. Climate change in queensland's grazing lands. I. Approaches and climatic trends. Rangeland Journal, v. 20, n. 2, p. 151 – 176, 1998.

MEDEIROS, C. M. Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. 2001. 115 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiência) – Universidade de Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

MENDES, A. S.; MOURA, D. J. e NÄÄS, I. A. Produção industrial de perus: características e exigencias. Disponivel em: http://www.avisite.com.br/cet/5/13/index.shtm. Acesso em: 10/11/2005.

METROLOGIA-2003 – Metrologia para a Vida Sociedade Brasileira de Metrologia (SBM), Setembro, 2003, Recife, PE – BRASIL.

MIRAGLIOTTA, M. Y.; NÄÄS, I. de A.; MANZIONE, R. L.; NASCIMENTO, F. F. Spatial analysis of stress conditions inside broiler house under tunnel ventilation. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 63, n. 5, p. 426-432, 2006.

MOBERG, G. P. Biological response to stress: implications for animal welfare. In: MOBERG, G.; MENCH, J. A. The biology of animal stress: O Estresse no Manejo Pré-Abate e na Qualidade da Carne Suína 035 basic principles and implications for animal welfare. Davis: University of California, 2000. p.1-22.

MORENO, M. F. N. - Qualidade Ambiental nos Espaços Livres de Áreas Verticalizadas da Cidade de São Paulo, 188p.Tese de Doutorado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, SP, 2001. Disponível em: http://www.geocities.com/RainForest/Canopy/9555/glossario_ambiental.htm. Acesso em 11/01/2008

MOREIRA, C. F.; FERNANDES, E. A. N.; TAGLIAFERRO, F. S. Discriminação de café orgânico produzido sob sombra e a pleno sol pela composição química elementar. In:

MOURA, D.J. Ambiência na produção de aves de corte In: SILVA, I. J. O. Ambiência na produção de aves em clima tropical – Piracicaba-SP: FUNEP, 2001, v.2. p.185.

NÄÄS, I. A. Princípio de conforto térmico na produção animal. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.

NÄÄS, I. A. e CURTO, F. P. Avicultura de precisão. In: DA SILVA, I. J. O. (Ed.) Ambiência na produção de aves em clima tropical. Piracicaba – SP, v.1. 2001. p. 01-30.

NASA. Disponível em http://data.giss.nasa.gov/gistemp/2004/. Acesso em 28/11/2005.

NETO, M. M. Desenvolvimento de um sistema computacional para diagnóstico preventivo de patologia de casco em bovinos de leite. 185p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiência) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2007.

NEUMAYER, E. Global warming: discounting is not the issue, but substitutability is. Energy Policy, n.27, p. 33–43, 1999

NIENABER, J. A.; HAHN, G. L. Engineering and management practices to ameliorate livestock heat stress. In: Proceedings, International Symposium of The Cigr. New Trends In Farm Buildings, Lecture 6, 1-18. May 2-6, 2004, Evora, Portugal. 2004 CD-Rom.

NIENABER, J. A.; HAHN, G. L.; T. M BROWN-BRANDL; R.A EIGENBERG Heat Stress Climatic Conditions and physiological Responses of Cattle. In: Proceedings. In: International Dairy Housing Conference, 5, Fort Worth, 2003. Proceedings. Fort Worth: ASAE, 2003.

NOBRE, C. A e ASSAD, E. D. O Aquecimento Global e o Impacto na Amazônia e na Agricultura Brasileira, v1, 2005. Disponível em: http://eprint.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/ePrint@80/2005/09.12.12.51/doc/v1.pdf. Acesso em: 10/01/2008.

OLIVEIRA, L M. F; YANAGI JUNIOR, T; FERREIRA, ELIZABETH; CARVALHO, L. G.; SILVA, M P. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.26, n.3, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162006000300020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28/11/2008.

OLIVEIRA, G. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; VALÉRIO, S. R.; ORLANDO,

U. A. D.; VAZ, R. G. V. Influência do ambiente térmico sobre o desempenho de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade. Anais: XXXVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. A produção animal na visão de brasileiros. ESALQ. Piracicaba. 2001. P. 26-27.

OLIVER, J. C. H. M. HELLMAN, S. E. BISHOP, C. L. PELISSIER L. F. BENNETT. Heat stress survey. Calif. Agric. v.33: p 6-8, 1979.

ORR, D.W. Agriculture and global warming. Agriculture, Ecosystems e Environment, v. 46, p. 81-88, 1993.

PEREIRA, D. F. Metodologia para estimativa de bem-estar de matrizes de frango de corte, utilizando monitoramento digital e construção de modelos de simulação. Danilo Florentino Pereira. 138p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiência) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2005.

PIMENTEL-SOUZA, F.; TOLENTINO, C. A. P.; FERNANDES, L. J.; SOUZA, K. N.; MELO M. L.; MENDES, M. G. A. O estresse e as doenças psicossomáticas. Revista de Psicofisiologia, 1(1), 1997.

PIRES. M. F. A; SILVA JUNIOR. J. L. C; CAMPOS. A. T; COSTA. L.C. Zoneamento bioclimatológico da região sudeste do Brasil, para gado leiteiro usando o índice de Temperatura e Umidade. Embrapa Gado de Leite. Disponível em: http://www.cnpgl.embrapa.br. Acesso em 11/11/2006

PITARELLO, D. J. M. Estimativa de conforto térmico aplicado à produção de suínos, utilizando modelos em escala distorcida. 1994. 54 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PITTOCK, B (2003a). Climate change - An Australian Guide to the Science and Potential Impacts, Report compiled for the Australian Greenhouse Office, Canberra, Australia. pp. 239, 2003. Available at http://www.greenhouse.gov.au/science/guide/index.html

PITTOCK, B (2003b) Climate change and Australia's natural resources: A review. In: Proceedings of the Conference on Climate Impacts on Australia's Natural Resources: Current and Future Challenges, Queensland, Australia, Canberra: Standing Committee on Natural Resource Management. Managing Climate Variability Program, pp. 51-52.

REDDY, A.G.S.M. Quiescence of coffee flower buds and observations on the influence of temperature and humidity on its release. Journal of Coffee Research, India, v. 9, n.1, p.1-13, 1979.

REECE, F.N., LOTT, B.D. Heat and moisture production of broiler chickens during brooding. Poult. Sci., 1982; 61: 661-666.

ROGERS, D.J.; RANDOLPH , S.E. Climate Change and Vector-Borne Diseases. Advances in parasitology, v.62 , p.345-381, 2006.

ROMA JÚNIOR, L. C. Cobertura de fibrocimento e sistema de climatização: influência no desempenho de vitelos mestiços e da raça holandesa. 86p. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos , Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 2004.

ROPPA, L. Evolução do plantel total de suínos. Disponível em: http:// www. Porkworld.com.br. Acesso em 30/03/2004.

ROSSETTI, L.A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e securidade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo, v.9, n.3, p.386-399, 2001. Número Especial – Zoneamento Agrícola.

ROSSATO, P. S; SARTORI, M. G. B.; MISSIO, L. R. As ondas de calor na região central do RS entre os meses de Maio a Outubro. In: X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2003, Rio de Janeiro. X simpósio brasileiro de geografia física aplicada, 2003. (CD ROM).

SABATTINI, R.M. Claude Bernard: Uma Breve Biografia. (on line). Disponível em http://www.cerebromente.org.br/n06/historia/bernard.htm. Acesso em 20/10/2004.

SARTORI, M. G. B. Clima e percepção. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 2000.

SALGADO, D. D. Modelo estatístico para predição de bem-estar de reprodutoras de frango de corte baseado em dados de ambiente e análise do comportamento. 126p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2006.

SALINGER, M.J.; C.J. STIGTER; DAS, H.P. Agrometeorological adaptation strategies to increasing climate variability and climate change Agricultural and Forest Meteorology, v.103, p.167–184, 2000.

SANTOS, I. dos, CESAR, J. A., MINTEN, G. Prevalence of anemia and associated factors among children under six years of age in Pelotas, South Brazil. Revista Brasileira de Epidemiologia, v.7, n.4. p. 403-415, ano???.

SCHNEIDER, S.H. Abrupt non-linear climate change, irreversibility and surprise. Global Environmental Change, n.14, p.245–258, 2004.

SIAS, E. E. K. Tendência climática para outono e inverno 2007, 2007. Disponível em: http://www.defesacivil.sp.gov.br/outono.htm. Acesso em: 21/12/2007.

SILANIKOVE, N. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. Livestock Production Science, v. 30, p. 163-170, 1992.

SILVA, I. J. O (1999a). Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos. Piracicaba: Esalq, 247p, 1999.

SILVA, R. G. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Ed. Nobel, 2000. 285 p.

SILVA, S.C. da, ASSAD, E.D. Zoneamento de riscos climáticos para o arroz de sequeiro nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Tocantins e Bahia. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo, v.9, n.3, p.536-542, 2001. Número Especial – Zoneamento Agrícola.

SIMMONS, J.D., LOTT, B.D. MAY, J.D. Heat loss from broiler chickens subjected to various air speeds and ambient temperatures. Applied Engineering in Agriculture, v.13, p. 665-669, 1997.

SOARES, J. R. e DIAS, M. A. F. S. Probabilidade de ocorrência de alguns eventos meteorológicos extremos na cidade de São Paulo. Revista Brasileira de Meteorologia; Vol. 1, 67-75; 1986.

SOLDATOS, A.G.; ARVANITIS, K.G.; DASKALOV, P.I.; PASGIANOS, G.D.; SIGRIMIS, N.A. Nonlinear robust temperature–humidity control in livestock buildings. Computers and Electronics in Agriculture, n.49, p. 357–376, 2005.

SORIANO, B. M. A. EMBRAPA PANTANAL, Laboratório de Geoprocessamento - Climatologia, BR. Disponível em: http://www.cpap.embrapa.br/agencia/borda_oeste/paginas/clima_texto.htm. Acesso em 02/09/2005.

SOUSA, P. Avaliação do índice de conforto térmico para matrizes suínas em gestação segundo as características do ambiente interno. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 2002.

SOUSA, P. AVICULTURA E CLIMA QUENTE: Como administrar o bem-estar às aves? On line. Disponivel no site http: // www.cnpsa.embrapa.br / down.php?tipo= artigos & cod_ artigo=221.Data de acesso 05/07/2008.

SWART, R.; ROBINSON, J.; COHEN, S. Climate change and sustainable development: expanding the options. Climate Policy, v. 1, p. 19–40, 2003.

TANKSON, J.D.; VIZZIER-THAXTON, Y.; THAXTON, J.P.; MAY, J.D.; CAMERON, J.A. Stress and nutritional quality of broilers. Poultry Science, Stanford, v. 80, n.9, p. 1384-1389, 2001.

TAO, X.; XIN, H. Temperature-Humidity-Velocity Index for market-size broilers. Proceedings of the 2003 ASAE Annual International Meeting. Paper n. 034037. Nevada-USA, 2003,11p.

THE WEATHER CHANNEL. Disponível em http://www.weather.com/index.html. Acesso em 28/11/2005.

THOM, E. C. The discomfort index. Weatherwise, v.12, p.57–60, 1959.

TINÔCO, I.F.F. Ambiência e instalações na produção de matrizes avícolas. In. SILVA, I.J.O. Ambiência na produção de aves em clima tropical. v. 2, p.1-74, 2001.

TWO CROWS, Introduction to Data Mining and Knowledge Discovery, 3 rd Edition, 1999, 36 p.

USDA-ESSA. 1970. Livestock hot weather stress. Central Regional Operations Manual Letter 70-28. Environmental Sciences Services Admin., U.S. Dept. Commerce, Kansas City, MO.

VALE, M. M.; MOURA, D J; NÄÄS, I A; OLIVEIRA, S. R. M.; RODRIGUES, L. H. A.

Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. Scientia Agricola. Piracicaba, v.65, n.3, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162008000300001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 18/11/2008.

VAQUERO, E. G. Projeto e construção de alojamentos para animais. 7. ed. Lisboa: Biblioteca Técnica Litexa, 237 p. 1981.

VASSALLO, M., GERA, K.N., ALLEN, S. Factors associated with high risk of marginal hyperthermia in elderly patients in an institution. Postgrad. Medicine Journal, v. 71, p. 213–216, 1995.

VON BORELL, E. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance or farm animals. Applied Animal Behaviour Science, v.44, p. 219-227. 1995.

YAHAV, S.; GOLDFELD, S.; PLAVNIK, I.; HURWITZ, S. Physiological response of chickens and turkeys to relative humidity during exposure to high ambient temperature. Journal Thermal Biology, v. 20, n. 3, p. 245-253. 1995.

YANAGI JUNIOR, T. 2008. Inovações tecnológicas na bioclimatologia animal visando aumento da produção animal: relação bem estar animal x clima. Disponível em www.infobibos.com/Artigos/2006_2/ITBA/Index.htm . data de acesso abril de 2008.

ZANOLLA, N. Sistema de ventilação em túnel e sistema de ventilação lateral na criação de frangos de corte em alta densidade. 1998. 81 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.