

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CARACTERIZAÇÃO DE ONDAS DE CALOR COM
IMPACTO POTENCIAL NA PRODUÇÃO DE
FRANGOS DE CORTE NO RIO GRANDE DO SUL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Paola de Freitas Feltrin

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

**CARACTERIZAÇÃO DE ONDAS DE CALOR COM IMPACTO
POTENCIAL NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NO
RIO GRANDE DO SUL**

Paola de Freitas Feltrin

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia**.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Martinez do Vale

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**CARACTERIZAÇÃO DE ONDAS DE CALOR COM IMPACTO
POTENCIAL NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NO RIO
GRANDE DO SUL**

Elaborada por
Paola de Freitas Feltrin

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Marcos Martinez do Vale, Dr. (Presidente/Orientador)

Juliana Sarubbi, Dr. (CESNORS)

Anderson Spohr Nedel, Dr. (Universidade Federal de Pelotas)

Santa Maria, 20 de fevereiro de 2015.

Aos meus amados pais e irmão

Antão Moacir Feltrin e Ivone de Freitas Feltrin

Everson de Freitas Feltrin

*pelo incentivo, pela confiança em mim depositada em mais esta etapa e por todo
o amor.*

Ao meu avô

Olavo Soares de Freitas (In Memória)

*pelo exemplo de ser humano, por todos os ensinamentos e por saber que o
senhor agora é um anjo que olha por todos os seus.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS pelo dom da vida.

Ao meus pais, irmão e familiares por acreditarem, confiarem e me ampararem quando preciso.

Ao professor Marcos Martinez do Vale, pela oportunidade de ter sido sua orientada, pelos conhecimentos transmitidos que foram de grande importância para o meu amadurecimento enquanto profissional.

Aos colegas Maurício, João Paulo, Jaime, Daniele e Bernardo, pela convivência, pela parceria e pela ajuda quando precisei.

As minhas amigas Michelle e Taiani e aos amigos Vinicius e Bruno, pela amizade, pelos momentos de descontração e companheirismo.

A minha cunhada Camila, pela amizade e por toda a ajuda que me deste.

Ao Laboratório de Avicultura da UFSM pela acolhida durante o mestrado.

A Universidade Federal de Santa Maria, aos professores que colaboraram para minha formação como mestre.

A CAPES pela concessão da bolsa.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Tereza de Calcutá

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar.”

Chico Xavier

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria

CARACTERIZAÇÃO DE ONDAS DE CALOR COM IMPACTO POTENCIAL NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NO RIO GRANDE DO SUL

AUTOR: Paola de Freitas Feltrin

ORIENTADOR: Marcos Martinez do Vale

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 20 de fevereiro de 2015

As mudanças climáticas promovem extremos de calor que vêm ocorrendo com mais frequência e intensidade, afetando a produção animal. Apesar da grande evolução alcançada na produção avícola, alguns desafios ainda têm que ser superados dentre eles destaca-se a vulnerabilidade das aves às altas temperaturas, sendo mais susceptíveis aos impactos do calor pela baixa capacidade de aclimação. Este trabalho teve por objetivos apresentar informações e definições de extremos de calor, caracterizar a ocorrência do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) em níveis críticos para produção de frangos de corte e descrever a ocorrência de ondas de calor no estado do Rio Grande do Sul. O estudo bibliográfico e os resultados desta dissertação estão apresentados na forma de artigos contemplados em capítulos. O Capítulo 1 consta da introdução, o Capítulo 2 dos objetivos gerais e específicos. O Capítulo 3 consta o artigo de revisão bibliográfica das ondas de calor com impactos na produção de frangos de corte e abrange os temas da evolução genética dos frangos de corte, homeotermia e estresse térmico, índices de conforto térmico e ondas de calor. O Capítulo 4 descreve a ocorrência de níveis críticos de ITU para a produção de frangos de corte no Rio Grande do Sul e o Capítulo 5 descreve as frequências de ocorrências de ondas de calor com impacto potencial na produção de frangos de corte no Rio Grande do Sul. Para os capítulos 4 e 5 utilizou-se dados de 18 estações meteorológicas (convencionais) pertencentes ao INMET com intervalo de anos de observações variando de localidade para localidade, cálculo do ITU e definição das condições críticas e dos eventos extremos. A ocorrência de ITU médio diário ≥ 23 °C foi maior em todas as estações bem como as ondas de calor nesta condição, também se observou que no período de novembro a abril tanto as condições de ITU como as ondas de calor são mais pronunciadas. As cidades de Iraí, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga, Santa Maria e Uruguaiana foram consideradas como críticas a produção de frangos de corte no Rio Grande do Sul e Bom Jesus como cidade com potencial para implantação da produção.

Palavras chave: extremos de calor, ITU, ondas de calor, frangos de corte.

ABSTRACT

Master Dissertation
Post-Graduation Program in Animal Science
Federal University of Santa Maria

HEAT WAVE CHARACTERIZATION WITH POTENTIAL IMPACT ON BROILER CHICKEN PRODUCTION IN RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL

AUTHOR: Paola de Freitas Feltrin

ADVISOR: Marcos Martinez do Vale

Place and Date of Defense: Santa Maria, February 20, 2015

The climate changes promote extremes of heat that occurring with more frequency and intensity, affecting animal production. Despite the great progress achieved in poultry production, some challenges remain to be overcome among them emphasize the vulnerability of birds to high temperatures, being more susceptible to heat impacts because low acclimation capacity. This study aimed to present information and extremes of heat settings, characterize the occurrence of temperature and humidity index (THI) at critical levels for the production of broilers and describe the occurrence of hot waves in Rio Grande do Sul state. The bibliographic study and the results of this study were presented in the form of articles included in chapters. Chapter 1 was indicated in the introduction, Chapter 2 of the general and specific objectives. In Chapter 3 was shown in literature review article of hot waves with impacts in broilers production and covers the topics of broilers genetic evolution, homoeothermic and heat stress, thermal comfort and heat waves. Chapter 4 describes the occurrence of critical levels of THI for the production and, Chapter 5 describes the frequency of hot waves with potential impact on broilers production broilers in Rio Grande do Sul state . For Chapters 4 and 5 we used data from 18 weather stations (conventional and automatic) belonging to INMET with an interval of years of observations ranging from location to location, the THI definition and calculation of conditions critical and extreme events. The occurrence of THI average daily ≥ 23 ° C was higher in all seasons and heat waves in this condition, it was also observed that in the period from November to April, in both the THI conditions to heat waves were more pronounced. The cities of Iraí, Porto Alegre, Sao Luiz Gonzaga, Santa Maria and Uruguaiana were regarded as critical to production of broilers in Rio Grande do Sul and Bom Jesus as a city with better potential for production.

Key words: extremes of heat, THI, heat waves, broilers.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 3:

- Figura 1. Zona de conforto térmico ou zona termoneutra, (MÜLLER, 1989)..... 23
- Figura 2. Categorias do ITU com relação a variáveis climáticas para bovinos e suínos em confinamento (USDC-ESSA, 1970). 28

CAPÍTULO 4:

- Figura 1. Distribuição geográfica das estações meteorológicas no Rio Grande do Sul, Brasil. 51
- Figura 2. Distribuição espacial das médias mensais de Janeiro a Junho de ITU médio diário para o estado do Rio Grande do Sul, Brasil. 59
- Figura 3. Distribuição espacial das médias mensais de Julho a Dezembro de ITU médio diário para o estado do Rio Grande do Sul, Brasil. 60
- Figura 4. Distribuição espacial das médias mensais de Janeiro a Junho de ITU máximo diário para o estado do Rio Grande do Sul, Brasil. 61
- Figura 5. Distribuição espacial das médias mensais de Julho a Dezembro de ITU máximo diário para o estado do Rio Grande do Sul, Brasil..... 62

CAPÍTULO 5:

- Figura 1. Distribuição geográfica das estações meteorológicas do Rio Grande do Sul, Brasil. 74
- Figura 2. Frequências mensais de ocorrências de ondas de calor para ITU médio diário ≥ 23 °C (A), ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C (B) e $T_{bs} \geq 32$ °C (C)..... 83
- Figura 3. Probabilidades mensais de ocorrências de ondas de calor para ITU médio diário ≥ 23 °C (A), ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C (B) e $T_{bs} \geq 32$ °C (C)..... 84
- Figura 4. Número de observações das condições mínimas de ondas de calor para ITU médio diário ≥ 23 °C (A), ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C (B) e $T_{bs} \geq 32$ °C (C). 85

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3:

Tabela 1. Peso corporal, Ganho Médio Diário (GMD) e Conversão Alimentar (CA) de frangos de corte da linhagem ROSS 308 de três genéticas distintas (1957, 1970 e 2005) em função da idade. 20

Tabela 2. Temperaturas (T) e umidades relativas do ar (UR) médias ideais do ambiente de criação de frangos de corte conforme idade. 25

CAPÍTULO 4:

Tabela 1. Identificação das estações meteorológicas utilizadas para representar o estado do Rio Grande do Sul, Brasil..... 50

Tabela 2. Séries das médias dos ITUs mínimos, médios e máximos por estação meteorológica no Rio Grande do Sul, Brasil..... 55

Tabela 3. Médias anuais de dias com ocorrência de ITU médio diário ≥ 23 °C e máximo diário $\geq 30,6$ °C para as estações meteorológicas do Rio Grande do Sul. 56

CAPÍTULO 5:

Tabela 1. Identificação das estações meteorológicas utilizadas para representar o estado do Rio Grande do Sul, Brasil..... 73

Tabela 2. Médias anuais de ocorrência de ITU médio diário ≥ 23 °C, ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C e $T_{bs} \geq 32$ °C para as estações meteorológicas do Rio Grande do Sul, Brasil. . 78

Tabela 3. Médias anuais de ocorrência de ondas de calor (OC) nas condições de ITU médio diário ≥ 23 °C, ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C e $T_{bs} \geq 32$ °C para as estações meteorológicas do Rio Grande do Sul, Brasil..... 79

Tabela 4. Duração mínima, média e máxima das ondas de calor em dias nas condições de ITU médio diário ≥ 23 °C, ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C e $T_{bs} \geq 32$ °C para as estações meteorológicas do Rio Grande do Sul, Barsil. 81

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 2: OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
CAPÍTULO 3: ONDAS DE CALOR COM IMPACTO NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE (REVISÃO BIBLIOGRÁFICA)	16
Resumo	17
Palavras-chave	17
Abstract	18
Key words.....	18
Introdução	18
Evolução Genética do frango de corte.....	19
Homeotermia e estresse térmico em frangos de corte.....	21
Índices de conforto térmico	25
Ondas de calor.....	30
Considerações Finais.....	33
Referências Bibliográficas	34
CAPÍTULO 4: OCORRÊNCIA DE NÍVEIS CRÍTICOS DE ITU PARA FRANGOS DE CORTE NO RIO GRANDE DO SUL	45
Resumo	46
Palavras-chave	46
Abstract	47
Key words.....	47
Introdução	47
Material e Métodos	49
Levantamento dos dados.....	49
Dados utilizados	52
Cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU)	52
Identificação dos ITUs críticos	54
Resultados e Discussão.....	54
Conclusões	64
Agradecimentos.....	65
Referências Bibliográficas	65
CAPÍTULO 5: FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE ONDAS DE CALOR COM IMPACTO POTENCIAL NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NO RIO GRANDE DO SUL	69
Resumo	70
Palavras-chave	70
Abstract	71
Key words.....	71
Introdução	71
Material e Métodos	73
Resultados e Discussão.....	77
Conclusões	86
Agradecimentos.....	87
Referências Bibliográficas	87
CAPÍTULO 6: DISCUSSÃO	91
CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES	93
CAPÍTULO 8: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

A evolução da avicultura resultou em um frango de corte precoce e com grande eficiência. Apesar disso, uma série de problemas metabólicos e de manejo tem surgido, destacando-se entre eles o estresse por calor (BORGES et al., 2003). Por apresentarem baixa capacidade termorreguladora as aves têm dificuldades para enfrentar condições de altas temperatura e umidade (LAGANÁ, 2008).

O clima é um dos principais fatores que afetam a produção animal e seu conhecimento é de extrema importância para o desenvolvimento dos projetos de instalações, dos sistemas de arrefecimento, bem como para o manejo dos animais. A interação entre genética, nutrição, sanidade e ambiente deve ser considerada durante o processo de produção para que os animais possam expressar todo o seu potencial produtivo.

A produtividade ideal para frangos de corte só pode ser obtida quando a ave estiver submetida a uma faixa de temperatura ambiente adequada, na qual não ocorra nenhum desperdício de energia, tanto para compensar o frio ou o calor (SILVA & NÄÄS, 2004). O ambiente térmico tem forte influência no desempenho zootécnico, constituindo um dos principais fatores de perdas produtivas em climas tropicais. As perdas produtivas na avicultura, provenientes de climas com temperaturas diárias elevadas, são potencialmente de grande importância, pois abrangem perdas diretas e indiretas (SALGADO & NÄÄS, 2010).

Devido o impacto do calor e suas variáveis, os índices de conforto térmico foram desenvolvidos para caracterizar e quantificar as zonas de conforto adequadas às diferentes espécies animais. Estes índices apresentam valores indicativos do desconforto devido fatores meteorológicos em uma única variável (temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar), representando o estresse que tal ambiente possa estar causando ao animal (CLARK, 1981).

O Índice de Temperatura e Umidade, o ITU, foi desenvolvido inicialmente como um índice de conforto para humanos passando a ser utilizado posteriormente por

diversos autores para descrever o conforto térmico para as diferentes espécies animais (JOHNSON et al., 1962; GATES et al., 1995; TAO & XIN, 2003; CHEPETE et al., 2005; VALE et al., 2008).

Mudanças em muitos eventos meteorológicos e climáticos extremos têm sido observadas desde meados de 1950. Algumas destas alterações têm sido associadas a influências humanas, incluindo o decréscimo das temperaturas mínimas, o aumento de temperaturas máximas, aumento nos níveis do mar e aumento de precipitações (IPCC, 2014).

Os eventos extremos de tempo estão aumentando em frequência, abrangência e intensidade em todos os continentes, sendo responsáveis pela maioria das perdas materiais no mundo. Secas, enchentes, tempestades, furacões, ciclones tropicais, calor extremo e inundações vêm crescendo década a década desde quando começaram a ser sistematicamente monitorados pela Organização Mundial de Meteorologia (WMO) em 1970. A gravidade desses impactos dependerá fortemente do nível de exposição e vulnerabilidade aos extremos climáticos (BRASIL, 2003).

O extremo de tempo onda de calor possui definições variadas. Pode ser definido de forma ampla, como um período de tempo anormal desconfortavelmente quente e geralmente úmido. Para a Organização Mundial de Meteorologia (WMO), uma onda de calor é quando, num intervalo de pelo menos seis dias consecutivos, a temperatura máxima diária é superior em 5 °C ao valor médio diário do período de referência. Para o INMET (2005), ondas de calor são tidas como período de tempo com temperaturas desconfortáveis durante pelo menos dois dias acima de 32 °C, podendo durar vários dias ou semanas.

A exposição ao calor causa drástica queda nos índices zootécnicos das aves e parte das perdas se deve à diminuição do consumo alimentar e a outra parcela ocorre devido aos efeitos diretos do calor no metabolismo das aves (SOUZA, 2008). Ocorrências de ondas de calor durante o processo produtivo, principalmente no verão, acarretam aumento dos índices de mortalidade, elevação nos custos de produção e consequentemente aumento nas perdas econômicas.

O estudo bibliográfico, bem como os resultados que fazem parte desta dissertação, estão apresentados na forma de manuscritos, sendo que os itens Resumo, Abstract, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões e Referências Bibliográficas encontram-se nos próprios capítulos.

CAPÍTULO 2: OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Caracterizar a ocorrência de níveis críticos de ITU e ondas de calor no estado do Rio Grande do Sul para frangos de corte.

2.2 Objetivos Específicos

- I. Verificar as ocorrências de ITU em níveis críticos no estado do Rio Grande do Sul.
- II. Elaborar um histórico de ocorrências de ondas de calor no estado do Rio Grande do Sul com base em variáveis meteorológicas.
- III. Determinar a frequência e a probabilidade de ocorrência de ondas de calor no estado do Rio Grande do Sul.
- IV. Verificar qual(is) as regiões do estado do Rio Grande do Sul são críticas e geram riscos para produção de frangos de corte levando em consideração os níveis críticos de ITU.

**CAPÍTULO 3: ONDAS DE CALOR COM IMPACTO NA
PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

Ondas de calor com impacto na produção de frangos de corte

- Revisão Bibliográfica –

Heat waves with impact on broiler production

- Literature Review –

-

Paola de Freitas Feltrin¹, Marcos Martinez do Vale²

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade reunir informações e definições de extremos de calor que são cada vez mais frequentes e afetam a produção de frangos de corte. As aves são mais sensíveis aos impactos causados pelo estresse pelo calor, dentre eles a redução do consumo de alimento, que conseqüentemente acarreta em redução da taxa de crescimento e do nível de produtividade, que são indesejáveis. Os índices de conforto térmico são utilizados como indicadores para caracterizar o conforto e o bem-estar animal, e auxiliam nas definições de condições críticas de impacto decorrentes de eventos extremos. Ondas de calor com impacto na produção de frangos de corte vêm sendo descritas por diversos autores, dada a importância de mitigar os efeitos do estresse por calor nas aves, para redução das perdas decorrentes das quedas no desempenho produtivo e altas mortalidades.

Palavras-Chave: frangos de corte, ondas de calor, estresse pelo calor, aves.

¹ Zootecnista, Aluna do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria/RS, CEP:97105-900, Laboratório de Avicultura, Prédio 81. E-mail: paolafeltrin@yahoo.com.br

² Zootecnista, Prof. Dr. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

ABSTRACT

This study aims purpose gathering information and definition of heat extremes which were increasingly and affect the broiler production. The chicken are were more sensitive to heat stress, including reduction of food consumption, which decreased growth rate and productivity level. The thermal comfort indexes are used as indicators to characterize the comfort and welfare of animals, and helps define critical conditions from extreme events. Heat waves impacting the production of broiler chickens have been described by several authors, given the importance of mitigating effects of heat stress in chicken, to reduce the losses in performance and the high mortality.

Key words: broilers, heat waves, heat stress, chicken.

INTRODUÇÃO

As aves são organismos mais sensíveis do que outros animais, necessitando um controle preciso de temperatura e outros fatores tais como umidade relativa, circulação do ar e concentração de dióxido de carbono (SOTTNÍK, 2002).

A avicultura evoluiu com o passar dos anos buscando um frango de corte mais precoce, com maior eficiência e rendimento. Porém, apesar desta evolução uma série de problemas metabólicos e de manejo tem surgido destacando-se entre eles o estresse por calor. As aves se tornam progressivamente mais afetadas pelo estresse por calor quando a umidade relativa e a temperatura ambiente ultrapassam a zona de conforto térmico, dificultando assim a dissipação de calor, incrementando conseqüentemente a temperatura corporal da ave, com efeito negativo sobre o desempenho (BORGES et al., 2003).

Apesar da grande evolução alcançada na produção avícola, alguns desafios têm que ser superados ainda, além do surgimento contínuo de novas linhagens cada vez mais produtivas, a ocorrência de profundas modificações climáticas registradas nos últimos anos em diferentes partes do mundo tem ampliado a necessidade de estudo e busca de soluções (RABELLO, 2008).

O clima é um dos principais fatores que afetam a produção animal. No Brasil, além das altas temperaturas distribuídas durante o ano, ocorrem ondas de calor principalmente nas estações mais quentes (SOARES & DIAS, 1986). O estresse pelo calor não causa somente sofrimento e morte das aves, mas implica também em perdas na produção e conseqüentemente redução dos lucros (DEFRA, 2003).

EVOLUÇÃO GENÉTICA DO FRANGO DE CORTE

A cadeia produtiva avícola vem crescendo nas últimas décadas colocando o Brasil em posição de destaque no cenário mundial, como maior exportador e terceiro maior produtor. A eficiência desta cadeia está relacionada a vários fatores, como: melhoramento de linhagens e insumos, investimentos em tecnologias de automatização do sistema produtivo, controle das condições sanitárias de criação, aperfeiçoamento de pessoal quanto ao manejo das aves, além do sistema de produção integrado (MAPA, 2012; OLIVEIRA & NÄÄS, 2012).

A moderna cadeia avícola tem como objetivos a redução da mortalidade, a melhoria da capacidade de conversão alimentar, a diminuição da idade de abate e a melhoria na velocidade de crescimento das aves, trazendo assim maior produtividade

para o setor (CANEVER et al., 1997; FRANÇA, 2000; VIEIRA & DIAS, 2005; ALBINO & TAVERNARI, 2008; ESPINDOLA, 2012).

Em 1930, o frango de corte comercializado vivo pesava em média 1,5 kg, com a idade de abate de 105 dias, e a taxa de conversão alimentar de 3,5 kg de ração por quilograma de carne de frango. Esses índices evoluíram notavelmente ao longo do tempo, em 2009, o frango de corte vivo possuía peso médio de 2,6 kg, com idade de abate de 35,12 dias, e taxa de conversão alimentar de 1,839 kg de ração por quilograma de carne de frango (PATRICIO et. al., 2012, OLIVEIRA & NÄÄS, 2012). Zuidhof et al. (2014), estudando os efeitos da seleção genética no crescimento, eficiência e rendimento de frangos de corte da linhagem ROSS 308 de três genéticas distintas (1957, 1978 e 2005), observaram um aumento de mais de 400% no crescimento das aves, com uma concomitante redução de 50% na taxa de conversão alimentar (Tabela 1).

Tabela 1. Peso corporal, Ganho Médio Diário (GMD) e Conversão Alimentar (CA) de frangos de corte da linhagem ROSS 308 de três genéticas distintas (1957, 1970 e 2005) em função da idade.

Peso Corporal (g)	1957	1970	2005
0 dias	34	42	44
28 dias	316	632	1396
56 dias	905	1808	4202
GMD (g)	1957	1970	2005
0 dias	4,6	8,9	15,9
28 dias	15,3	33,2	81,9
56 dias	23,0	42,0	101,1
CA (g de ração/g de PV)	1957	1970	2005
0 dias	2,55	1,38	1,10
28 dias	3,08	1,70	1,48
56 dias	2,85	2,13	1,91

Fonte: ZUIDHOF et al. (2014).

Apesar dos avanços da genética e da nutrição voltados para um crescimento rápido, com máxima deposição proteica, melhor utilização dos nutrientes da dieta e boas

conversões alimentares (LÁGANA, 2008), as aves ainda não desenvolveram sua capacidade termorreguladora, que continuou deficiente prejudicando seu desempenho mediante as altas temperaturas.

HOMEOTERMIA E ESTRESSE TÉRMICO EM FRANGOS DE CORTE

As aves são animais homeotérmicos, capazes de regular sua temperatura corporal. Para os animais homeotérmicos manterem a temperatura corporal relativamente constante, eles necessitam, através de variações fisiológicas, comportamentais e metabólicas, produzir calor ou perder calor para o meio. Os mecanismos que regulam a temperatura do corpo do animal funcionam através dos centros termorreguladores localizados no hipotálamo, auxiliados por neuroreceptores de temperatura que são denominados de termoreceptores. As alterações fisiológicas e comportamentais dos animais frente às modificações de temperatura estão intensamente relacionadas com respostas provocadas pelo sistema nervoso autônomo (GUAHYBA, 2000).

As aves por não possuírem glândulas sudoríparas, tem dificuldade em realizar trocas térmicas com o ambiente, essas trocas irão ocorrer através de processos denominados de trocas de calor sensível e latente. Para que ocorram as trocas de calor sensíveis faz-se necessário um diferencial de temperatura entre a superfície corporal do animal e a temperatura do ambiente e, quanto maiores forem essas diferenças, mais eficientes são as trocas. As trocas de calor sensível são as perdas por condução, convecção e radiação. Para aumentar as trocas de calor com o ambiente, as aves se agacham, mantêm as asas afastadas do corpo, a fim de aumentar ao máximo a área de

superfície corporal e também aumentam o fluxo de calor para as regiões periféricas do corpo (vasodilatação) que não possuem cobertura de penas como a crista, barbeta e pés (MACARI & FURLAN, 2001). As penas também têm influência nas perdas de calor, sendo um bom isolante para o frio, e não tão eficientes em condições de estresse por calor (NASCIMENTO & SILVA, 2009).

As trocas de calor latente são realizadas através da evaporação, que se dá através da respiração das aves. Para evaporar um grama de água são necessárias 550 calorias e, quanto maior a frequência respiratória dos frangos, maior será a quantidade de calor dissipado para o meio ambiente (MACARI et al., 2002).

Para cada animal existe uma zona de conforto térmico ou zona termoneutra, que pode ser considerada como a faixa de temperatura ambiente na qual o esforço termorregulatório é mínimo. A faixa de temperatura considerada ideal para frangos de corte em função da idade para ótima produtividade está apresentada na Tabela 2.

Nesta faixa de temperatura não há sensação de frio ou calor, e o desempenho do animal é otimizado (FERREIRA, 2000). Abaixo da zona de conforto o animal não consegue aporte de energia térmica suficiente para compensar as perdas, e acima o organismo é incapaz de impedir a elevação de sua temperatura interna, ocorrendo hipotermia ou hipertermia respectivamente.

A Figura 1 mostra os limites teóricos da zona de conforto térmico onde os animais não sofrem estresse por frio nem por calor.

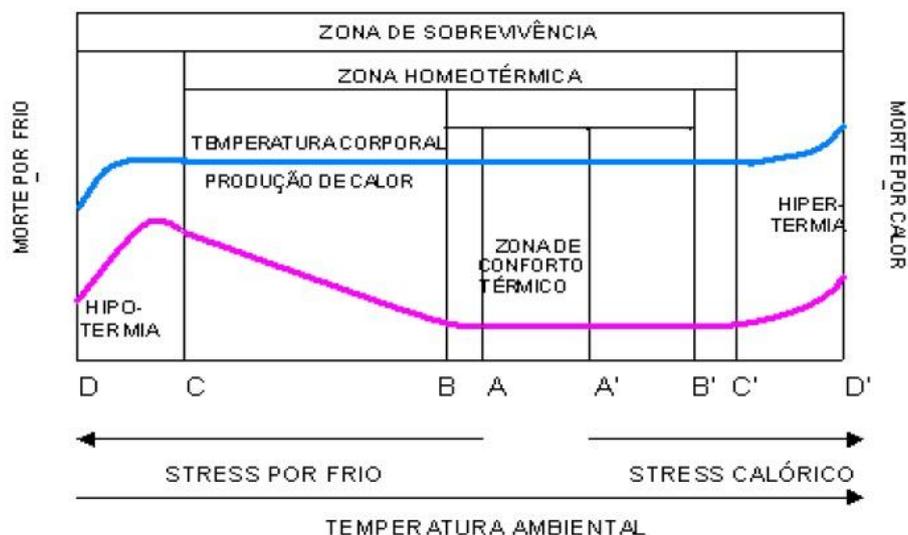


Figura 1. Zona de conforto térmico ou zona termoneutra, (MÜLLER, 1989).

Quando se ultrapassa a zona de conforto térmico, no sentido $A' \rightarrow B'$, os primeiros mecanismos de termorregulação começam a atuar, ao persistir a situação de estresse térmico, (sentido $B' \rightarrow C'$) os mecanismos de termorregulação são intensificados.

A exposição de aves a altas temperaturas gera respostas comportamentais, fisiológicas e imunológicas, que impõem consequências prejudiciais para a sua produtividade. O estresse térmico resulta de um saldo negativo entre o valor líquido da energia que flui do corpo do animal para o ambiente circundante e da quantidade de energia térmica produzida pelo animal (LARA & ROSTAGNO, 2013).

Em ambientes quentes, devido à baixa capacidade de perda de calor, o frango desenvolve hipertermia e, conseqüentemente, reduz o consumo de alimento (PELICANO et al. 2005; BROSSI et al. 2009). Esta resposta é eficiente por diminuir a produção de calor endógeno relacionado ao metabolismo da ingesta. Como consequência, uma menor quantidade de nutrientes encontra-se disponível para o

organismo que responde com redução da taxa de crescimento e do nível de produtividade que, sob o ponto de vista zootécnico, são indesejáveis (VIEIRA, 2008).

As aves submetidas a condições de estresse por calor gastam menos tempo se alimentando, mais tempo bebendo e ofegando, bem como mais tempo com suas asas elevadas, menos tempo em movimento ou em pé, e mais tempo descansando (MACK et al., 2013). A redução no consumo se dá provavelmente por uma redução da atividade da glândula tireoide na tentativa de diminuir a produção de calor (MÜLLER, 1989).

O efeito prejudicial do estresse por calor no desempenho se agrava à medida que a ave cresce, ocorrendo a redução do consumo de alimento na tentativa de manter a homeotermia corporal, efeito agravado devido à pior capacidade de dissipar calor, especialmente durante as fases de crescimento e terminação (ROSA et al. 2007; ABU-DIEYEH, 2006). O estresse por calor também está associado com a redução da composição química e qualidade da carne de frangos de corte (LU et al., 2007; DAÍ et al., 2012; IMIK et al., 2012).

Apesar de a umidade do ar impactar no conforto da ave, a temperatura do ar tem maior impacto sobre o desempenho do frango de corte (CHEPETE et al. 2005). Por outro lado, uma baixa umidade do ar pode também levar a uma redução da qualidade do ar devido ao aumento de poeiras e gases (MANNO et al., 2011).

Tabela 2. Temperaturas (T) e umidades relativas do ar (UR) médias ideais do ambiente de criação de frangos de corte conforme a idade.

IDADE (dias)	UR (%)	T (°C)
1	30 – 50	32 – 33
7	40 – 60	29 – 30
14	50 – 60	27 – 28
21	50 – 60	24 – 26
28	50 – 65	21 – 23
35	50 – 70	19 – 21
42	50 - 70	18

Fonte: COBB (2008), ROSS (2012).

A produtividade ideal da ave depende das condições térmicas do ambiente de alojamento, que refletem a combinação dos efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade relativa, da radiação solar incidente e da velocidade do ar a que a ave está submetida (GARCIA et al., 2012). No Brasil, as condições ideais de conforto térmico dificilmente são obtidas, uma vez que possui grandes variações climáticas e oscilações de temperatura provocadas por ondas de calor, que afetam diretamente a produção animal, em especial o setor avícola.

ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

O clima é um dos principais fatores que afetam a produção animal, e seu conhecimento é de extrema importância para o desenvolvimento dos projetos de instalações, dos sistemas de arrefecimento, bem como para o manejo dos animais. O ambiente térmico engloba os efeitos da radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, sendo a combinação entre a temperatura do ar e a

umidade relativa o principal condicionante para conforto térmico. A alta temperatura e a alta umidade, características de regiões tropicais, são limitantes da ótima produtividade e interferem na qualidade da criação de frangos de corte, sendo as linhagens com alta taxa de crescimento mais sensíveis que as demais (LAGANÁ, 2008).

Os índices de conforto térmico foram desenvolvidos para caracterizar e quantificar as zonas de conforto adequadas às diferentes espécies animais, apresentando em uma única variável, tanto os valores meteorológicos (temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar) como o estresse que tal ambiente possa estar causando no momento (CLARK, 1981). Os índices são utilizados como indicadores para caracterizar o conforto e o bem-estar animal, em geral, consideram dois ou mais fatores climáticos e/ou outras variáveis como a taxa metabólica, o tipo de isolamento entre outros (BAËTA, 1997), e têm valor como medidas secundárias, servindo como substitutos para as complexas interações entre os componentes físicos e biológicos (HAHN et al. 2003).

NÄÄS (1989) propôs a seguinte classificação para os índices de conforto térmico: Índices biofísicos, calculados pelas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos de conforto com as trocas de calor que os originam; Índices fisiológicos, estimando as relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura ambiente, temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade do ar; Índices subjetivos, baseados nas sensações subjetivas de conforto animal experimentadas em que os elementos de conforto variam.

Os estudos envolvendo os índices de conforto térmico tiveram início com aplicações em seres humanos. Para animais, Buffington et al.(1981), trabalhando com vacas leiteiras propuseram, com base no Índice de Temperatura e Umidade, o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade – ITGU; Rosenberg et al. (1983) propuseram o

Índice de Temperatura Baixa e Vento – ITBV e, a partir de estudos em câmaras climáticas, Baêta (1985) propôs o Índice de Temperatura Equivalente, para gado de leite.

Desses índices, o mais empregado até a década dos 80 para avaliar o ambiente térmico animal foi o ITU e na década dos 90, o ITGU; sendo que este último apresenta a vantagem de incorporar em um único valor, chamado de temperatura de globo negro, os efeitos da temperatura do ar, umidade, velocidade do vento e radiação.

O Índice de Temperatura e Umidade - ITU foi utilizado para descrever o conforto térmico para animais, desde que Johnson et al. (1962) observaram quedas significativas na produção de vacas leiteiras associadas ao aumento no ITU. Nos EUA o ITU é utilizado para identificar a magnitude das ondas de calor por intermédio da intensidade e/ou duração, medido pelo ITU acumulado (HARRINGTON & BOWLES, 2004). O ITU apresenta o problema de não refletir a carga térmica radiante que atua sobre os animais, não podendo predizer efetivamente a condição de desconforto de animais em ambientes desprotegidos. Em condições externas, em que as cargas térmicas de radiação normalmente são elevadas, o seu uso não é recomendado (BUFFINGTON et al. 1981). O ITU pode ser calculado a partir da temperatura de bulbo seco e da temperatura do ponto de orvalho, conforme descrito por JOHNSON (1980; Equação 1):

$$ITU = T_{bs} + 0,36T_{po} + 41,2 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

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

T_{po} = temperatura de ponto de orvalho, °C.

A partir dos valores do ITU, foi desenvolvida uma tabela de conforto (Figura 2), relacionando temperatura e umidade relativa do ar para determinado valor de ITU. Nienaber & Hahn (2004) utilizaram esta tabela para medir e avaliar condições de estresse em confinamentos de gado de corte, gado de leite e suínos; determinando condições específicas como a normal (valores ≤ 74), alerta (valores entre 75 – 78), perigo (valores entre 79 – 83) e emergência (valores ≥ 84), sendo está última à faixa de condição ambiental de alto risco de mortalidade originados direta e indiretamente do estresse por calor.

		Umidade Relativa %																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Temperatura °C	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 2. Categorias do ITU com relação a variáveis climáticas para bovinos e suínos em confinamento (USDC-ESSA, 1970).

Para pequenos animais como os coelhos que apresentam temperatura corporal média em torno de $39,5 \pm 0,2$ °C (JILGE et al., 2000) o ITU apresentou valores maiores que os encontrados em ovinos ou bovinos, em média cinco pontos acima das classificações para estes animais, isto se deve provavelmente pela temperatura corporal dos coelhos ser maior (MARAI et al., 2002). Além disso, o ITU parece apresentar influência sobre a produção de espermatozoides em coelhos, sendo que a mesma

permanece estável quando o ITU está localizado entre 15 a 20, começando a decrescer quando o mesmo se aproxima de 30 (ROCA et al., 2005).

O uso de ITU para aves foi aplicado para poedeiras por Zulovich & DeShazer, (1990), para perus fêmeas por Xin et. al., (1992), para perus machos por Brown-Brandl et.al. (1997). Gates et. al. (1995) utilizaram o ITU de poedeiras para avaliar a produção de frangos de corte, e consideraram que valores de ITU menores que 74 o ambiente é confortável para a criação, entre 74 e 79 representa situação de alerta e perigo para a produção, e entre 79 e 84 indicam situação de emergência. Barbosa Filho (2004) considerou classificação semelhante para poedeiras, onde, os valores de ITU entre 71 à 75 tem-se uma situação de conforto, 75 à 84 perigo e 84 à 87 caracteriza uma situação de emergência.

Tao & Xin (2003), levando em consideração a interferência das perdas de calor através da ventilação, adaptaram o ITU para frangos de corte em idade de abate, utilizando a temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido e integrando posteriormente o efeito da velocidade do ar. Com isso os autores desenvolveram o índice denominado THVI (temperature-humidity-velocity index, ou ITUV), onde são determinados os estados de conforto térmico normal, alerta, perigo e emergência, estabelecidos a partir da variação da temperatura corporal dessas aves.

Chepete et al. (2005), em estudo realizado em aviários experimentais, utilizando técnicas de manejo convencionais, desenvolveram o ITU para frangos com idades entre 3 e 4 semanas ($ITU=0,62T_{\text{bulbo seco}}+0,38T_{\text{bulbo úmido}}$) e entre 5 e 6 semanas de criação ($ITU=0,71T_{\text{bulbo seco}}+0,29T_{\text{bulbo úmido}}$). Os autores consideraram que para o ITU superior a 24 inicia o risco de maior mortalidade. O ITU médio diário de 23 °C foi identificado por Vale et al. (2008) como limite para iniciar a incidência de impacto na mortalidade de frangos de corte com mais de 28 dias de idade.

Para animais os índices térmicos têm servido como substitutos úteis para as complexas interações entre os componentes físicos e biológicos (HAHN et al. 2003). Além disso, têm sido utilizados para proporcionar guias para a gestão ambiental e avaliação do risco de perdas por ligações com respostas relacionadas à fisiologia (EIGENBERG et al., 2005) ou o desempenho animal (HAHN & MCQUIGG, 1970; HAHN, 1976; BACCARI, 2001).

ONDAS DE CALOR

Um evento meteorológico extremo é geralmente definido como a ocorrência de um valor de uma variável de condição de clima acima (ou abaixo) de um valor limite, perto das extremidades ('caudas') superiores (ou inferiores) da faixa de valores de distribuição de frequência da variável observada (NICHOLLS et al., 2012).

Os fenômenos meteorológicos adversos sempre produziram grande impacto nas sociedades, em especial na área econômica. Mesmo que estes fenômenos estejam inseridos na variabilidade natural do sistema terra-atmosfera, as mudanças no clima do nosso planeta tornaram-se mais notáveis. Por esse motivo, cada vez mais, se faz necessário aprofundar o conhecimento sobre a variabilidade dos eventos extremos, realizando-se estudos sucessivos nesta área (MULLER, 2006).

No relatório anual publicado pelo *Goddard Institute for Space Studies* (GISS/NASA), sobre a temperatura média global, o ano de 2005 foi o mais quente registrado, desde o início das observações meteorológicas sistemáticas em 1850. Entretanto, a margem de erro dos dados sugeriu que o ano de 2005 encontrava-se em situação de empate com 1998, o ano mais quente já observado até então (NASA, 2006). Dezembro de 2014 apresentou um aumento da temperatura média global de 0,77 °C

acima da média do século 20 de 12,2 °C, o maior já registrado para o mês desde que os registros começaram em 1880, superando a recorde anterior, estabelecido em 2006 por 0,02 °C (NOAA, 2014).

Segundo o IPCC (2014), os riscos globais de mudanças climáticas são elevados, com aumento médio global da temperatura de 4 °C ou mais, o que pode vir a gerar impactos graves e generalizados a diversos sistemas. Em 2007, no Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), conclui-se que a temperatura média do Planeta Terra teve uma estimativa de aumento de 0,7 °C nos últimos 100 anos. Em 2014 avaliando os cenários o aumento médio da temperatura da superfície global em 2100 passará de 3,7 °C para 4,8 °C (IPCC, 2014).

No Brasil, além das altas temperaturas distribuídas durante o ano, ocorrem ondas de calor principalmente nas estações mais quentes (SOARES & DIAS, 1986). A Região Sul do Brasil, destacadamente o Rio Grande do Sul, por seu afastamento do Equador, apresenta no verão dias mais longos e a inclinação dos raios solares é pequena, o que contribui para que o forte calor se estabeleça. O verão climático desta região normalmente dura três meses, restrito a dezembro, janeiro e fevereiro, sendo janeiro o mais representativo da estação do ano.

O extremo de tempo onda de calor possui definições variadas. Pode ser definido de forma ampla como um período de tempo anormal desconfortavelmente quente e geralmente úmido. Rusticucci & Vargas (2001) definem onda como sequências diárias de anomalias de temperaturas tendo mesmo sinal. Os autores definiram três parâmetros, neste evento, que devem ser considerados: o comprimento ou persistência (número de dias ininterruptos da anomalia, tendo o mesmo sinal), o valor máximo (anomalia positiva) ou mínimo (anomalia negativa) da onda e a intensidade (média de anomalias

da onda). As anomalias de temperatura são calculadas por subtração do valor de temperatura diária da onda media anual no dia correspondente.

Araújo (1930) considerou e classificou como sendo uma onda de calor quando as temperaturas absolutas ultrapassam valores considerados normais para mínima e máxima, durante no mínimo três dias, na estação de verão. Para a Organização Mundial de Meteorologia (WMO) uma onda de calor é quando num intervalo de pelo menos seis dias consecutivos, a temperatura máxima diária é superior em 5 °C ao valor médio diário do período de referência. Para o INMET (2005), ondas de calor são tidas como período de tempo com temperaturas desconfortáveis durante pelo menos dois dias acima de 32 °C, podendo durar vários dias ou semanas.

Para humanos, Robinson (2001), definiu a ocorrência de onda de calor levando em consideração o índice de conforto adotado pelo National Weather Service, EUA (Hi), sendo que a mesma irá ocorrer quando as condições do índice de calor máximo diurno e mínimo noturno exceder na mesma porcentagem, os limites de conforto em um período de 48 horas. Abaurrea et al., (2006), consideraram que as ondas de calor que ocorrem no início do verão são mais severas no desencadeamento da mortalidade em humanos, sendo necessária uma definição mais dinâmica para melhor compreensão deste evento meteorológico, levando em consideração a capacidade de adaptação das pessoas com o aumento da temperatura.

Robinson (2001), diz ser necessário que se tenha uma definição mais clara das ondas de calor, levando em consideração e resguardando variações regionais, sendo esta observação mais importante para o estudo de seu impacto em animais.

Ondas de calor com impactos na mortalidade de frangos de corte foram classificadas por Vale et al. (2008) como sendo a condição de ITU médio diário acima de 23 °C quando as instalações não são climatizadas. Já para instalações com condições

de climatização mínima (ventilação e nebulização), para que ocorram elevadas mortalidades das aves o ITU máximo diário deve estar acima de 30,6 °C. Além disso, deve-se levar em consideração a idade da ave, sendo que, para aves com idade maior que 30 e inferior a 40 dias, é necessário a ocorrência de um ITU máximo superior a 34,4 °C (VALE et al., 2010).

A exposição ao calor causa drástica queda nos índices zootécnicos das aves e parte das perdas se deve à diminuição do consumo alimentar e a outra parcela ocorre devido aos efeitos diretos do calor no metabolismo das aves (SOUZA, 2008). Ocorrências de ondas de calor durante o processo produtivo, principalmente no verão, acarretam aumento dos índices de mortalidade, elevação nos custos de produção e consequentemente aumento nas perdas econômicas.

GOMES (2009) avaliando os cenários atuais e futuros para o clima observou que o potencial aumento das temperaturas mundiais, previsto pelo IPCC (2007), resultará em ambientes menos propícios à produção de frangos de corte, sendo que, àqueles meses considerados como mais propícios à produção atualmente, tendem a ser reclassificados como causadores de certo desconforto térmico aos animais, nos cenários futuros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo com o passar dos anos vem sofrendo alterações climáticas em níveis cada vez mais preocupantes. Dentre essas mudanças, o aumento das temperaturas tem afetado a produção animal como um todo, e as aves por serem animais vulneráveis a essa situação, apresentam risco potencial de sofrerem os impactos decorrentes dessas situações. É necessário e imprescindível que se tenha conhecimento das condições

ótimas de conforto térmico e das condições climáticas do local, para que se possa definir os pontos críticos, avaliar os riscos e tomar as medidas necessárias para manter a ótima produtividade e rentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, L.C. **Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Tipografia do Serviço de Informação do Ministério da Agricultura, p.100, 1930.
- ABAURREA, J.; ASIN, J.; CEBRIAN, A.C.; CENTELLES, A. On the need of a changing threshold in heat wave definition. **Geophysical Research Abstract**. v.8, 09142. 2006. Disponível em: www.cosis.net/abstracts. Acesso em 16/09/2014.
- ABU-DIEYEH, Z.H.M. Effect of chronic heat stress and long-term feed restriction on broiler performance. **International Journal of Poultry Science**, v.5, n.2, p.185-190, 2006.
- ALBINO, L.F.T.; TAVERNARI, F.C. **Produção e manejo de frangos de corte**. Viçosa: UFV, 2008.
- BACCARI, F. **Manejo ambiental da vacaleiteira em climas quentes**. Editora da Universidade Estadual de Londrina. Londrina PR-Brasil, p.142, 2001.
- BAÊTA, F.C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season**. Missouri: University of Missouri - Columbia, p.218. Ph.D thesis, 1985.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto térmico animal**. Viçosa - MG: Editora UFV, p.246, 1997.

- BARBOSA FILHO, J.A.D. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens.** Piracicaba: USP, 2004. p.140. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 2004.
- BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; DA SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5, p.975-981, 2003.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional, Secretária de Defesa Civil. **Manual de desastres naturais.** Brasília, 2003.
- BROSSI, C.; CONTRERAS-CASTILHO, C.J.; AMAZONAS, E.A.; MENTEN, J.F.M. Estresse térmico durante o pré-abate em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, p.1296-1305, 2009.
- BROWN-BRANDL, T.M.; BECK, M.M.; SCHULTE, D.D.; PARKHURST, A.M.; DESHAZER, J.A. Temperature- Humidity Index for growing tom turkeys. **Transactions of the ASAE.** v.49, n.1, p.203-209, 1997.
- BUFFINGTON, D.E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-14, 1981.
- CANEVER, M.D. *et al.* **A cadeia produtiva de frango de corte no Brasil e na Argentina.** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1997.
- CHEPETE, H.J.; CHIMBOMBI, E.M.; TSHEKO, R. Production performance and temperature humidity index of broilers reared in naturally ventilated houses in Botswana. **Botswana Journal of Agriculture and Applied Sciences**, v.1, n.1, p.19-28, 2005.

- CLARK, J. A. Environmental aspects of housing for animal production. Northingham: British University of Northingham, **Page Bros Ltd**, p.510,1981.
- COBB. **Manual de manejo de frangos de corte COBB**. 2008. Disponível em: http://www.granjaplanalto.com.br/Manual%20Frango%20Corte_20_03_09.pdf. Acesso em: 16/09/2014.
- DAI, S.F.; GAO, F.; XU, X.L.; ZHANG, W.H.; SONG, S.X.; ZHOU, G.H. Effects of dietary glutamine and gamma-aminobutyric acid on meat colour, pH, composition, and water-holding characteristic in broilers under cyclic heat stress. **Brazil Poultry Science**, n.53, p.471–481, 2012.
- DEFRA. Heat Stress in Poultry: Solving the Problem. **Department for Environment, Food and Rural Affairs**. 2003. Disponível em <http://www.defra.gov.uk>. Acesso em: 16/09/2014.
- EIGENBERG, R. A.; BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; HAHN, G.L. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle. Part 2: Predictive relationships. **Biosystems Eng.** v.1, n.91, p.111-118, 2005.
- ESPÍNDOLA, C.J. Trajetórias do progresso técnico na cadeia produtiva de carne de frango do Brasil. **Revista Geosul**, v.27, n.53, p.89-113, 2012.
- FERREIRA, R.A. **Efeitos do clima sobre a nutrição de suínos**, 2000. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/abraves-sc/pdf/Memorias2000/1_RonyFerreira. Acesso: 20/10/2014.
- FRANÇA, L.R. **A evolução da base técnica da avicultura de corte no Brasil: transformações, determinantes e impactos**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) - Instituto de Economia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia; p.141; 2000.

- GARCIA, R.G.; ALMEIDA PAZ, I.C.L; CALDARA, F.R; NAAS, I.A; PEREIRA, D.F; FERREIRA, V.M.O.S; Selecting the Most Adequate Bedding Material for Broiler Production in Brazil. **International Journal of Poultry Science**, v.14, n.2, p.71-158, 2012.
- GATES, R.S. et al. Regional variation in temperature index for poultry housing. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.38, n.1, p.197-205, 1995.
- GOMES, R. C. C. **Predição do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) em galpões climatizados para aves de corte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. p.76, 2009.
- GUAHYBA, A. S. **Causas e consequências do estresse na produção comercial de aves**. In: IX SEMANA ACADÊMICA DE MEDICINA VETERINÁRIA. Rio Grande do Sul. p.1-28, 2000.
- HAHN, G.L.. Rational environmental planning for efficient livestock production. **Biomet.** 6 (Part II), p.106-114, 1976.
- HAHN, G.L.; MADER, T.L.; EIGENBERG, R.A. Perspectives on development of thermal indices for animal studies and management. **In Proc. Symp. Interactions between Climate and Animal Production**. Published as EAAP Technical Series n.7, p.31-44, 2003.
- HAHN, G.L.; MCQUIGG, J.D. Expected production losses for lactating Holstein dairy cows as abasis for rational planning of shelters. **Intl. J. Farm Bldgs. Res.** 4, p.2-8, 1970.
- 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. Seattle, WA. p.1-12, 2004. Disponível em: <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/72785.pdf>. Acesso em: 16/09/2014.
- IMIK, H.; ATASEVER, M.A.; URGAR, S.; OZLU, H.; GUMUS, R.; ATASEVER, M. Meat quality of heat stress exposed broilers and effect of protein and vitamin E. **Brazil Poultry Science**, n.53, p.689–698, 2012.
- INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, BR. Glossário, 2005. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/informacoes/glossario/glossario.html>. Acesso em: 16/09/2014.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007: The physical science basis: summary for policymakers: contribution of working group i to fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Genebra, p.18, 2007.
- IPCC: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*** [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p.1132, 2014.
- JILGE, B.; KUHNT, B.; LANDERER, W.e REST, S. Circadian thermoregulation in suckling rabbit pups. **J. Biol. Rhythm**, v.15, p.329-335, 2000.
- JOHNSON, H. D. Environmental Management of Cattle to Minimize the Stress of Climatic Change. **International Journal Biometeorology**, v.24, p.65-78, 1980.
- JOHNSON, H.D. RAGSDALE A.C.; BERRY, I.L et al. **Effects of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle.**

- Columbia-Missouri Agricultural Experimental Station, (Research Bulletin, 791), 1962.
- LAGANÁ, C. Influência de altas temperaturas na alimentação de frangos de corte. **Pesquisa e Tecnologia**, APTA Regional, v.5, n.2, 2008.
- LARA, L.J.; ROSTAGNO, M.H. Impact of heat stress on poultry production. **J.Animals**, v.3, p.356-369, 2013.
- LU, Q.; WEN, J.; ZHANG, H. Effect of chronic heat exposure on fat deposition and meat quality in two genetic types of chicken. **Poultry. Science**, n.86, p.1059–1064, 2007.
- MACARI, M. et al. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, p.375, 2002.
- MACARI, M., FURLAN, R.L. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. In: SILVA, I.J.O. (Ed.) **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP – SP, p.31-87, 2001.
- MACK, L.A.; FELVER-GANT, J.N.; DENNIS, R.L.; CHENG, H.W. Genetic variation alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry. Science**. v.7, n.92, p.285–294, 2013.
- MANNO, M.C.; LIMA, K.R.S.; AGUILAR, C.A.L.; SOUZA, N.S.S.; BARATA, Z.R.P.; VIANA, M.A.O. Produção de amônia no interior de galpões avícolas com modificações ambientais. **Revista de Ciências Agrárias**, v.54, n.2, p.159-164, 2011.
- MARAI, I.F.M., AYYAT, M.S., ABD EL-MONEM, U.M. Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its alleviation under Egyptian conditions. **Tropical Animal Health and Production**, v.33, n.6, p.451- 462, 2001.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA.

Brasil Projeções do Agronegócio 2011/12 a 2021/22. Brasília, 2012, p.50.

Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 16/09/2014.

MULLER, G.V. Variabilidad Interanual de las heladas em La Pampa Humeda. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, V.21, n.1, p.141-152, 2006.

MULLER, P. B., **Bioclimatologia Aplicada aos animais Domésticos**. 3ª Edição, Ed. Sulina. p.262, 1989.

NÃÃS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989.

NASA. HANSEN, J.; RUEDY, R.; SATO, M.; LO, K. Global Temperature Trends: 2005 Summation. NASA Goddard Institute for Space Studies and Columbia University Earth Institute. New York, NY 10025, USA. 2006. Disponível em: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/2005>. Acesso em: 16/09/2014.

NASCIMENTO, S.; SILVA, I. As perdas de calor nas aves: entendendo as trocas de calor com o meio. **Revista Avisite**. 2008. Disponível em http://www.avisite.com.br/cet/img/20100916_trocasdecalor.pdf. Acesso em: 16/09/2014.

NICHOLLS, N. et al, “Changes in Climate Extremes and their Impacts on the Natural Physical Environment”. **SREX**, Capítulo 3, 2012.

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. Cdrom. 2004.

- NOAA.** National Climatic Data Center, State of the Climate: Global Analysis for December 2014, Publicação online Jan. 2015, Disponível em: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2014/12>. Acesso em: 06/01/2015.
- OLIVEIRA, D.R.M.S. & NÄÄS, I.A. Issues of sustainability on the Brazilian broiler meat production chain. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ADVANCES IN PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS, 2012, Rhodes. **Anais...Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services: proceedings**, Greece: Internacional Federation for Information Processing, 2012.
- PATRICIO, I.S.; MENDES, A.A.; RAMOS, A.A.; PEREIRA, D.F. Overview on the performance of Brazilian broilers (1990 to 2009). **Revista Brasileira de Ciências Avícola**, v.4, n.4, p.233-238, 2012.
- PELICANO, E.R.L. et al. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar protéica ou energética sobre o ganho de peso e crescimento ósseo de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.57, n.3, p.353-360, 2005.
- RABELLO, C.B.V. **Produção de aves em clima quente**. In: ZOOTECA. João Pessoa: UFPB/ABZ. p.1-11, 2008.
- ROBINSON, P. J. On the definition of a heat wave. **Journal of Applied Meteorology**, v.40, n.4, p.762-775, 2001.
- ROCA, J.; MARTÍNEZ, S.; ORENGO, J.; PARRILLA, I.; VAZQUEZ, J.M.; MARTINEZ, E.A. Influence of constant long days on ejaculate parameters of rabbits reared under natural environment conditions of Mediterranean area. **Livestock Production Science**, v.94, p.169-177, 2005.

- ROSA, P. S. et al. Performance and carcass characteristics of broiler chickens with different growth potential and submitted to heat stress. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v.9, p.181-186, 2007.
- ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. Microclimate: the biological environment. New York: **Wiley-Interscience Publication**, p.495, 1983.
- ROSS. **Objetivos de desempenho de Frangos de corte ROSS 308**. 2012. Disponível em:http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/Ross308FrangosObjetivosDesempenho12PT.pdf. Acesso em: 16/10/2014.
- RUSTICUCCI, M.M.; VARGAS, W.M. Interannual variability of temperature spells over Argentina. **Atmosfera**, v.14, p.75-86, 2001.
- 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**, v.1, p.67-75, 1986.
- SOTTNÍK, J. Climatical Factors and their Effect on Production in Animal Housing. **Written for presentation at the 2002 ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress Sponsored by ASAE and CIGR Hyatt Regency Chicago**, Chicago, Illinois, USA, 2002.
- SOUZA, L.F.A. **Exposição crônica e cíclica ao calor em frangos de corte: desempenho, metabolização dos nutrientes e atividade de enzimas pancreáticas**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - UNESP, FCAV, Jaboticabal, SP, 2008. Disponível em <http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/zoo/m/3489.pdf>. Acesso em: 16/09/2014.

- TAO, X.; XIN, H. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.46, n.2, p.491-7, 2003.
- TEIXEIRA, A.S. **Alimentos e Alimentação dos Animais Domésticos**. Lavras: UFLA/FAEPE. 4a ed. 1997.
- USDA-ESSA**. Livestock hot weather stress. Central Regional Operations Manual Letter 70-28. Environmental Sciences Services Admin., U.S. Dept. Commerce, Kansas City, MO. 1970.
- VALE, M.M; MOURA, D.J; NÄÄS, I.A; OLIVEIRA, S.R.M; RODRIGUES, L.H. Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. **Scientia Agricola**, v.65, n.3, p.223-229, 2008.
- VALE, M.M. ; MOURA, D.J. ; PEREIRA, D.F. Characterization of heat waves affecting mortality rates of broilers between 29 days and market age. **Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science**, v.12, p.215-221, 2010.
- VIEIRA, B. S. **Influência do condicionamento térmico precoce e do fotoperíodo diário sobre o desempenho e a tolerância térmica de frangos de corte em fase final de criação**. 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.
- VIEIRA, N.M.; DIAS, R.S. Uma abordagem sistêmica da avicultura de corte na economia brasileira. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIEDADE RURAL, 43, 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SOBER, 2005.

XIN, H.; DESHAZER, J.A.; BECK, M.M. Responses of pre-fasted growing turkeys to acute heat exposure. **Transactions of the ASAE**. v.35, n.1, p.315-318. 1992.

ZUIDHOF, M.J.; SCHNEIDER, B.L.; CARMEY, V.L.; KORVER, D.R.; ROBINSON, F.E. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978nd 2005. **Poultry Science**, v.93, p. 2970 – 2982, 2014.

ZULOVICH, J.M.; DESHAZER, J.A. Estimating egg production declines at high environmental temperatures and humidities. **ASAE Paper**, n. 904021. St. Joseph, Mich. 1990.

**CAPÍTULO 4: OCORRÊNCIA DE NÍVEIS CRÍTICOS DE ITU
PARA FRANGOS DE CORTE NO RIO GRANDE DO SUL**

Ocorrência de níveis críticos de ITU para frangos de corte no Rio Grande do Sul

Occurrence of critical levels of THI for broiler in Rio Grande do Sul

Paola de Freitas Feltrin¹, Marcos Martinez do Vale²

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a ocorrência de Índice de Temperatura e Umidade (ITU) em níveis críticos para produção de frangos de corte no Rio Grande do Sul através dos dados de 18 estações meteorológicas (convencionais) pertencentes ao INMET com intervalo de anos de observações variando de localidade para localidade. Os níveis críticos de ITU seguiram duas definições: ITU médio diário ≥ 23 °C, para aves alojadas em aviários com pouca ou nenhuma climatização; ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C, para aves alojadas em aviários com climatização mínima. A ocorrência de ITU médio diário ≥ 23 °C é elevada em todas as cidades estudadas, sendo que as condições com ITU médio diário ≥ 23 °C e máximo diário $\geq 30,6$ °C ocorreram com maior intensidade nos meses mais quentes do ano entre novembro até abril. As cidades do estado do Rio Grande do Sul que apresentam as condições mais desfavoráveis de conforto térmico para a produção de frangos de corte são Iraí, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga, Santa Maria e Uruguaiana, e faz-se necessária atenção dos produtores a fim de se evitar perdas mesmo que em sistemas mais extensivos.

Palavras-Chave: ITU, níveis críticos, frangos de corte.

¹ Zootecnista, Aluna do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria/RS, CEP:97105-900, Laboratório de Avicultura, Prédio 81. E-mail: paolafeltrin@yahoo.com.br

² Zootecnista, Prof. Dr. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

ABSTRACT

This study aimed to characterize the occurrence of critical levels in temperature and humidity index (THI) for broiler production in Rio Grande do Sul state, with data from 18 weather stations (conventional) owned to INMET with interval years of observations ranging from location to location. The critical levels of THI followed two definitions: THI average daily ≥ 23 °C for chicken housed in aviaries with few or no air conditioning; THI ≥ 30.6 °C maximum daily to chicken housed in aviaries with minimal air conditioning. The occurrence of daily average THI ≥ 23 °C is high in all studied cities, and the conditions with daily average THI ≥ 23 °C and ≥ 30.6 °C maximum daily occurred with greater intensity in the warmer months of the year, such as November to April. The cities of Rio Grande do Sul state having the most unfavorable thermal comfort conditions for the production of broilers were Iraí, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga, Santa Maria and Uruguaiiana, and it is necessary attention of farmers to productive losses.

Key words: THI, critical levels, broilers.

INTRODUÇÃO

A evolução da avicultura resultou em um frango de corte precoce e com grande eficiência. Apesar disso, uma série de problemas metabólicos e de manejo tem surgido, destacando-se entre eles o estresse por calor (BORGES et al., 2003). As aves têm dificuldades para enfrentar condições de altas temperatura e umidade do ar por apresentarem baixa capacidade termorreguladora (LAGANÁ, 2008). O estresse pelo calor é um importante problema na produção avícola, pois aumenta a mortalidade,

gerando perdas econômicas (VALE et al., 2008), em casos menos graves aumenta os custos de produção por retardar o crescimento e afetar a eficiência produtiva das aves (OLIVEIRA NETO et al., 2000).

O clima constitui um recurso essencial e os elementos climáticos condicionam a dinâmica do ambiente térmico de produção das aves. Vários estudos vêm sendo realizados por meios experimentais controlados para analisar os efeitos de variadas condições térmicas sobre as aves, demonstrando faixas de alto risco de perda produtiva atingindo até a mortalidade, decorrente, direta e indiretamente, da exposição ao estresse por calor (TANKSON et al., 2001; NIENABER & HAHN, 2004; PEREIRA, 2005; SALGADO, 2006; VALE et al., 2008).

Os índices de conforto térmico são utilizados como indicadores para caracterizar o conforto e o bem estar animal e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é um dos índices utilizados para avaliar o ambiente com a característica de grande praticidade, pois é baseado em temperatura e umidade do ar, permitindo associar o impacto de elevados níveis com a mortalidade das aves (VALE et al., 2008). Chepete et al. (2005) em estudo realizado em aviários experimentais, utilizando técnicas de manejo convencionais, desenvolveram o ITU para frangos com idades entre 3 a 4 semanas e entre 5 a 6 semanas de criação.

A partir de medições de estações meteorológicas, Vale et al. (2008) definiram as condições de ITU médio diário acima de 23° C como causadores de alta mortalidade em frangos de corte quando as instalações não são climatizadas. Para instalações com condições de climatização mínima (ventilação e nebulização), o ITU máximo diário acima de 30,6 °C inicia perdas por mortalidade em frangos de corte, sendo que, para aves com idade maior que 30 e inferior a 40 dias, é necessário a ocorrência de um ITU máximo superior a 34,4 °C (VALE et al., 2010).

Devido ao impacto de extremos de calor e a participação do Rio Grande do Sul na produção e aves, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a ocorrência de ITU em níveis críticos para produção de frangos de corte no Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido pela coleta dos dados meteorológicos históricos do Rio Grande do Sul, Brasil, seleção de variáveis, definição de nível crítico climático, classificação e mapeamento das ocorrências históricas de condições potencialmente causadoras de perdas produtivas para frangos de corte.

Levantamento dos dados

As variáveis meteorológicas Temperaturas de Bulbo Seco (T_{bs}) e de Bulbo Úmido (T_{bu}) e Umidade Relativa do Ar (UR) foram coletadas dos registros do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa das Estações Meteorológicas (convencionais) pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), totalizando 18 estações meteorológicas que estão apresentadas na Tabela 1, distribuídas geograficamente no estado do Rio Grande do Sul (RS) conforme apresentado na Figura 1.

O período de coleta dos dados está compreendido entre os anos de 1984 e 2012, totalizando 28 anos para as estações de Bagé, Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Iraí, Lagoa Vermelha, Passo Fundo, Porto Alegre, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar e Torres; de 1988 a 2012 (24 anos) para as estações de Bom Jesus, Cruz Alta, Encruzilhada do Sul e Rio grande; de 1992 a 2012 (20 anos) para as estações de São

Luiz Gonzaga e Uruguaiana; de 1994 a 2012 para a estação de Pelotas (18 anos); de 2000 a 2012 (10 anos) para a estação de Santana do Livramento.

Tabela 1. Identificação das estações meteorológicas utilizadas para representar o estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Município	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
Bagé	-31,33	-54,10	242,31
Bento Gonçalves	-29,15	-51,51	640,00
Bom Jesus	-28,66	-50,43	1047,50
Caxias do Sul	-29,16	-51,20	759,60
Cruz Alta	-28,63	-53,60	472,50
Encruzilhada do Sul	-30,53	-52,51	427,75
Iraí	-27,18	-53,23	247,10
Lagoa Vermelha	-28,21	-51,50	840,00
Passo Fundo	-28,21	-52,40	684,05
Pelotas	-31,78	-52,41	13,00
Porto Alegre	-30,05	-51,16	46,97
Rio Grande	-32,03	-52,11	2,46
São Luiz Gonzaga	-28,40	-55,01	245,11
Santana do Livramento	-30,83	-55,60	328,00
Santa Maria	-29,70	-53,70	95,00
Santa Vitória do Palmar	-33,51	-53,35	24,01
Torres	-29,35	-49,73	4,66
Uruguaiana	-29,75	-57,08	62,31



Figura 1. Distribuição geográfica das estações meteorológicas no Rio Grande do Sul, Brasil.

O intervalo de anos do período de coleta dos dados não é igual para todas as estações, uma vez que foram detectadas as seguintes falhas nos dados registrados: Falta de sincronismo (os registros dos dados para cada município não ocorreram a partir do mesmo ano); Ausência sistemática de coletas de dados (em algumas estações havia ausência de registros de anos completos, ou dos meses finais). Para não prejudicar os objetivos do trabalho optou-se por extrair dados de alguns municípios em que, em determinados anos, havia uma ausência de registros consecutivos, ficando assim com o período que continha o maior número de informações consecutivas.

Dados Utilizados

As variáveis meteorológicas T_{bs} , T_{bu} e UR foram coletadas em três horários 0, 12 e 18 UTC, que correspondem às 21 horas do dia anterior, as 9 e as 15 horas do dia de coleta. Foram calculadas para cada variável as mínimas, médias e máximas diárias, para posterior cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU).

Quando a estação apresentou dados faltantes para a variável T_{bu} , a série foi completada aplicando-se a Equação 1 proposta por Stull (2011).

$$T_{bu} = T_{bs} \times ATAN \left[0,151977(UR + 8,313659)^{\frac{1}{2}} \right] + \left[ATAN(T_{bs} + UR) - ATAN(UR - 1,676331) + 0,00391838(UR)^{\frac{3}{2}} \right] \times ATAN(0,023101 \times UR) - 4,686035$$

Equação (1)

Onde:

T_{bu} = Temperatura de Bulbo Úmido, °C;

T_{bs} = Temperatura de Bulbo Seco, °C;

UR= Umidade Relativa do ar, %;

ATAN= Arco Tangente.

Cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Com os valores de T_{bs} e T_{bu} foram calculados para as diferentes cidades os valores de ITU mínimo, médio e máximo diário, através da equação proposta por Chepete et al. (2005) para frangos com idades entre 5 e 6 semanas de criação (Equação

2). A escolha dessa equação se deu pelo fato de que o estresse causado pelo calor afeta principalmente frangos de corte com idade superior a 29 dias, o que pode causar taxas de mortalidade significativas (TAO & XIN, 2003; RYDER et al, 2004; CHEPETE et al, 2005; VALE et al., 2010).

$$ITU = 0,71T_{bs} + 0,29T_{bu} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

T_{bs} = Temperatura de Bulbo Seco, °C;

T_{bu} = Temperatura de Bulbo Úmido, °C.

Para se identificar os meses de maior ocorrência de ITU críticos para frangos de corte foram calculadas as médias mensais das variáveis médias e máximas que são as de interesse neste estudo. Os resultados das médias e máximas da variável estudada foram representados graficamente para a visualização da distribuição espacial a partir da interpolação, por meio da ferramenta de geostatística - krigagem (*kriging*) dos dados das 18 estações, que de acordo com Druck et al. (2004), uma superfície é estimada a partir da interpolação das amostras mais próximas, utilizando um estimador estatístico. Esses estimadores apresentam propriedades de não serem tendenciosos e de procurar minimizar os erros inferenciais.

Todas as operações de compilação e análise destas informações de caráter espacial e elaboração dos produtos cartográficos foram feitas por meio do software Arcgis10, desenvolvido pela ESRI. As informações gerais de caráter administrativo e de limites foram estabelecidas e especializadas a partir da malha municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2010 (IBGE, 2010).

Identificação dos ITUs críticos

A identificação dos extremos de ITU para frangos de corte seguiu duas definições:

1. ITU médio diário ≥ 23 °C (VALE et al., 2008), para aves alojadas em aviários com pouca ou nenhuma climatização;
2. ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C (VALE et al., 2010), para aves alojadas em aviários com climatização mínima;

Os valores considerados como críticos para frangos de corte assumem que a ocorrência deste evento meteorológico implica em alto risco de desencadeamento de perda produtiva. O ITU de Chepete et al. (2005) para frangos com idades entre 5 e 6 semanas de criação assume que o impacto de extremos de calor é mais relevante nas aves mais velhas, acima de 28 dias de idade (VALE et al., 2008), e que apenas um dia de extremo de calor pode afetar a produção das aves (VALE et al., 2010).

Para a classificação dos dias em que estas condições estavam presentes, foi utilizada a função lógica SE do programa computacional Microsoft Excel 2010[®], classificando como valor 1 se a condição é verdadeira e valor 0 se a condição é falsa, permitindo a contagem do número de eventos ocorridos historicamente para cada localidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores médias anuais de ITU mínimo ocorreram nos municípios de Torres (18,1 °C), São Luiz Gonzaga (17,9 °C) e Iraí (17,7 °C). Os municípios de São Luiz

Gonzaga e Iraí também apresentaram as maiores médias anuais para ITU médio (20,7 e 20,6 °C). Para ITU máximo as maiores médias anuais ocorreram nos municípios de Iraí (24,6 °C), São Luiz Gonzaga (24,4 °C) e Uruguaiana (23,3 °C). As menores médias para ITU mínimo e médio anual ocorreram no município de Bom Jesus (13 e 15,5 °C, respectivamente). Para o ITU máximo a menor média ocorreu no município de Caxias do Sul (18,7 °C), região típica de avicultura (Tabela 2).

Tabela 2. Séries das médias dos ITUs mínimos, médios e máximos por estação meteorológica do Rio Grande do Sul, Brasil.

Município	Intervalo de anos	ITU (°C)			
		Mínimo	Médio	Máximo	DP
Bagé	1984 - 2012	15,4	17,7	20,8	2,70
Bento Gonçalves	1984 - 2012	15,4	17,7	20,7	2,66
Bom Jesus	1988 - 2012	13,0	15,5	18,9	2,96
Caxias do Sul	1984 - 2012	14,6	16,4	18,7	2,04
Cruz Alta	1988 - 2012	16,4	18,8	22,2	2,91
Encruzilhada do Sul	1988 - 2012	15,4	17,8	21,0	2,81
Iraí	1984 - 2012	17,7	20,6	24,6	3,46
Lagoa Vermelha	1984 - 2012	14,7	16,9	20,0	2,67
Passo Fundo	1984 - 2012	15,5	18,0	21,4	2,96
Pelotas	1994 - 2012	16,3	18,5	21,2	2,45
Porto Alegre	1984 - 2012	17,4	19,8	22,9	2,76
Rio Grande	1988 - 2012	16,6	18,3	20,4	1,90
São Luiz Gonzaga	1992 - 2012	17,9	20,7	24,4	3,26
Santana do Livramento	2000 - 2012	15,4	17,9	21,3	2,96
Santa Maria	1984 - 2012	17,1	19,6	23,1	3,01
Santa Vitória do Palmar	1984 - 2012	15,2	17,3	19,9	2,35
Torres	1984 - 2012	18,1	19,5	21,1	1,49
Uruguaiana	1992 - 2012	16,7	19,7	23,3	3,30

D.P = Desvio Padrão

Os municípios que tiveram as maiores médias anuais de dias de ocorrência na condição de ITU médio diário ≥ 23 °C e ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C foram Iraí (135; 30 dias respectivamente), São Luiz Gonzaga (133; 40 dias respectivamente) e Uruguaiana (117; 31 dias respectivamente). A menor média para as duas condições ocorreu no município de Bom Jesus (3 e 0 dias respectivamente; Tabela 3).

Tabela 3. Médias anuais de dias com ocorrência de ITU médio diário ≥ 23 °C e máximo diário $\geq 30,6$ °C para as estações meteorológicas do Rio Grande do Sul.

Município	Intervalo de anos	Média anual de dias de ocorrência			
		ITU ≥ 23 °C	D.P	ITU $\geq 30,6$ °C	D.P
Bagé	1984 - 2012	64	16,9	9	6,7
Bento Gonçalves	1984 - 2012	38	11,2	0,4	1,1
Bom Jesus	1988 - 2012	3	2,5	0	0
Caxias do Sul	1984 - 2012	18	10,9	0,2	1,5
Cruz Alta	1988 - 2012	83	16,9	9	8,5
Encruzilhada do Sul	1988 - 2012	53	9,46	4	3,6
Iraí	1984 - 2012	135	15,2	30	11,8
Lagoa Vermelha	1984 - 2012	22	10,7	0,4	1,0
Passo Fundo	1984 - 2012	43	9,5	1	1,5
Pelotas	1994 - 2012	70	8,6	5	3,3
Porto Alegre	1984 - 2012	111	10,4	22	1,5
Rio Grande	1988 - 2012	68	10,9	2	1,6
São Luiz Gonzaga	1992 - 2012	133	11,8	40	14,0
Santana do Livramento	2000 - 2012	70	10,5	13	8,6
Santa Maria	1984 - 2012	111	13,3	23	9,1
Santa Vitória do Palmar	1984 - 2012	48	8,6	2	2,1
Torres	1984 - 2012	79	14,2	0,2	0,8
Uruguaiana	1992 - 2012	117	12,7	31	10,2

D.P = Desvio Padrão

A ocorrência de dias com ITU médio diário ≥ 23 °C foi maior do que com ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C, um resultado esperado devido este último ser superior, sendo a primeira condição descrita para aviários não climatizados (VALE et al., 2008), é necessário investimentos em sistemas de ventilação para atender à demanda de oxigênio das aves e manter a qualidade do ar (CARVALHO et al., 2010), necessária para eliminar o excesso de umidade do ambiente e da cama, provenientes da água liberada pela respiração das aves e dos dejetos, permitindo a renovação do ar e eliminando odores (TINÔCO, 1998). Além disso, com sistema de climatização em bom funcionamento, o risco de extremos de calor impactantes na produção de frangos de corte reduz conforme observado para a segunda situação de ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C.

Para as regiões de maior desafio climático como Iraí, São Luiz Gonzaga e Uruguaiana, os produtores devem atentar para os sistemas de alternativos de produção u de climatização dos aviários. Uma das alternativas para melhorar as condições térmicas e promover a renovação do ar, é a ventilação forçada que quando utilizada como único método de controle ambiental é capaz de reduzir a temperatura média corporal da ave (TIMMONS & HILLMAN, 1993; MOURA, 1999). Quando não há problemas com a saturação do ar dentro dos aviários, pode-se utilizar o sistema de resfriamento evaporativo, constituído basicamente pelo uso de nebulizadores, permitindo que o ar não saturado do ambiente entre em contato com a água em temperatura mais baixa, ocorrendo então a troca de calor entre o ar e a água (FURTADO et al., 2003), sendo que a associação de ventilador e nebulização promove redução da temperatura média corporal das aves (COOPER & WASHBURN, 1998; WELKER et al, 2008).

Uma importante informação aos produtores obtidas neste estudo são as médias mensais do ITU (Figuras 2, 3, 4 e 5), informação que permite ao produtor estimar o risco de extremos climáticos na sua região.

A maior média do ITU médio diário para janeiro ocorreu no município de Uruguaiana (25,85 °C), para fevereiro e março em Iraí (24,91 e 23,86 °C), para abril em Torres (21,13 °C), para outubro, novembro e dezembro em São Luiz Gonzaga (20,98; 23,13 e 25,25 °C respectivamente). Essas cidades, não fazem parte da zona de produção avícola do estado, suas condições de ITU podem ser consideradas como causadoras de risco a produção se a mesma for estabelecida nessas regiões, necessitando atenção e investimentos com climatização. As menores médias para os referidos meses ocorreram no município de Bom Jesus (19,54; 19,44; 18,53; 15,99; 15,64; 17,07 e 18,97 °C), este município apesar de estar localizado nas imediações da região produtora de aves, não apresenta níveis significativos de produção e as condições para criação são favoráveis.

Para o ITU máximo diário a maior média para os meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro ocorreram no município de São Luiz Gonzaga (29,4; 28,65; 27,83; 26,86 e 28,89 °C), para os meses de abril e outubro no município de Iraí (25,03 e 25,15 °C). As menores médias para os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro ocorreram no município de Bom Jesus (22,58; 22,50; 21,75 e 22,27 °C), para os meses de abril, outubro e novembro ocorreram no município de Caxias do Sul (19,24; 18,77 e 20,38 °C). O município de Caxias do Sul é um dos grandes produtores do estado e o mesmo apresenta condições favoráveis para a produção de frangos de corte. Para os meses restantes do ano, maio a setembro, as médias de ITU médio diário variaram de 12 °C a 18 °C e para ITU máximo diário de 14 °C a 22 °C.

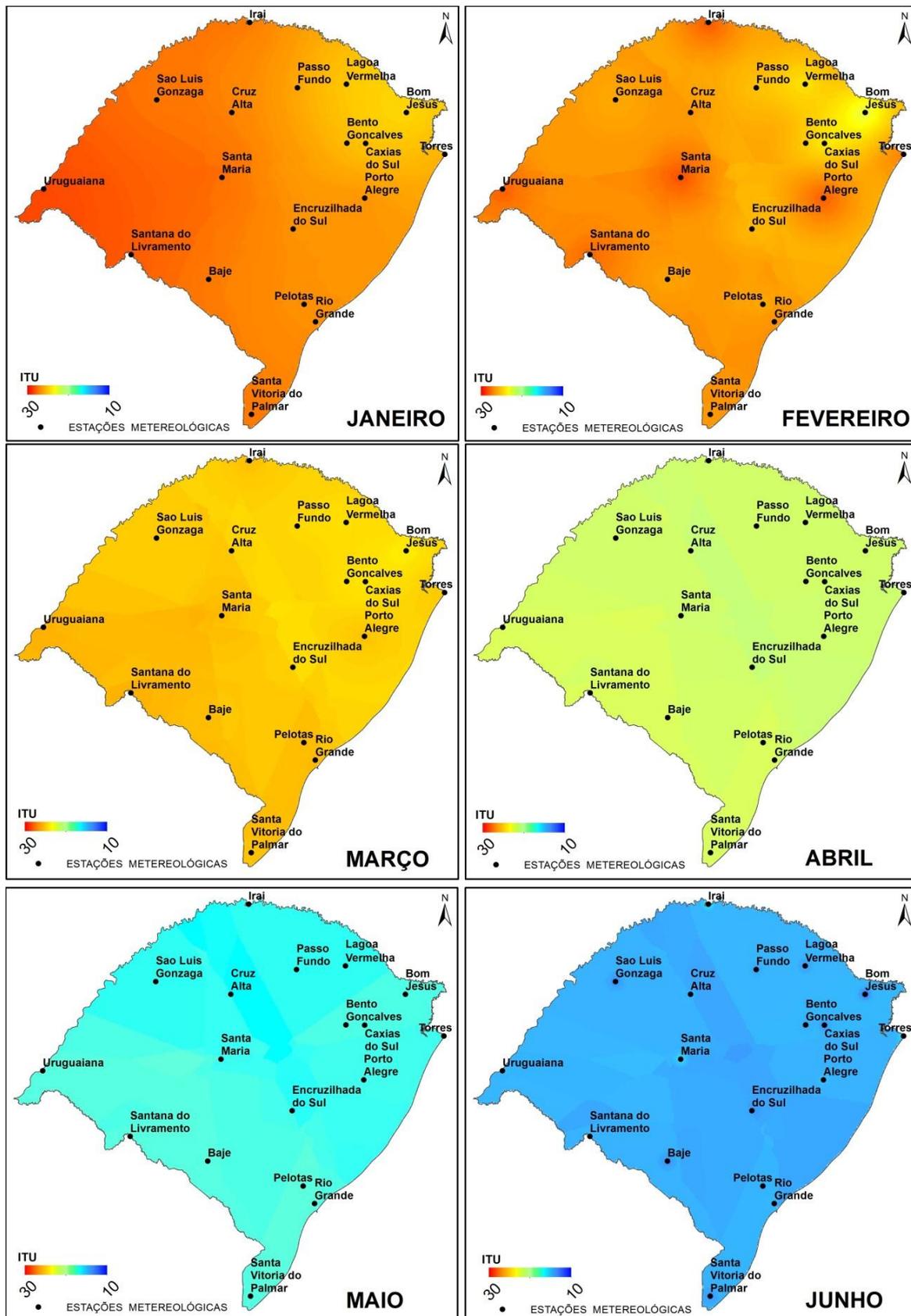


Figura 2. Distribuição espacial das médias mensais de Janeiro a Junho de ITU médio diário para o estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

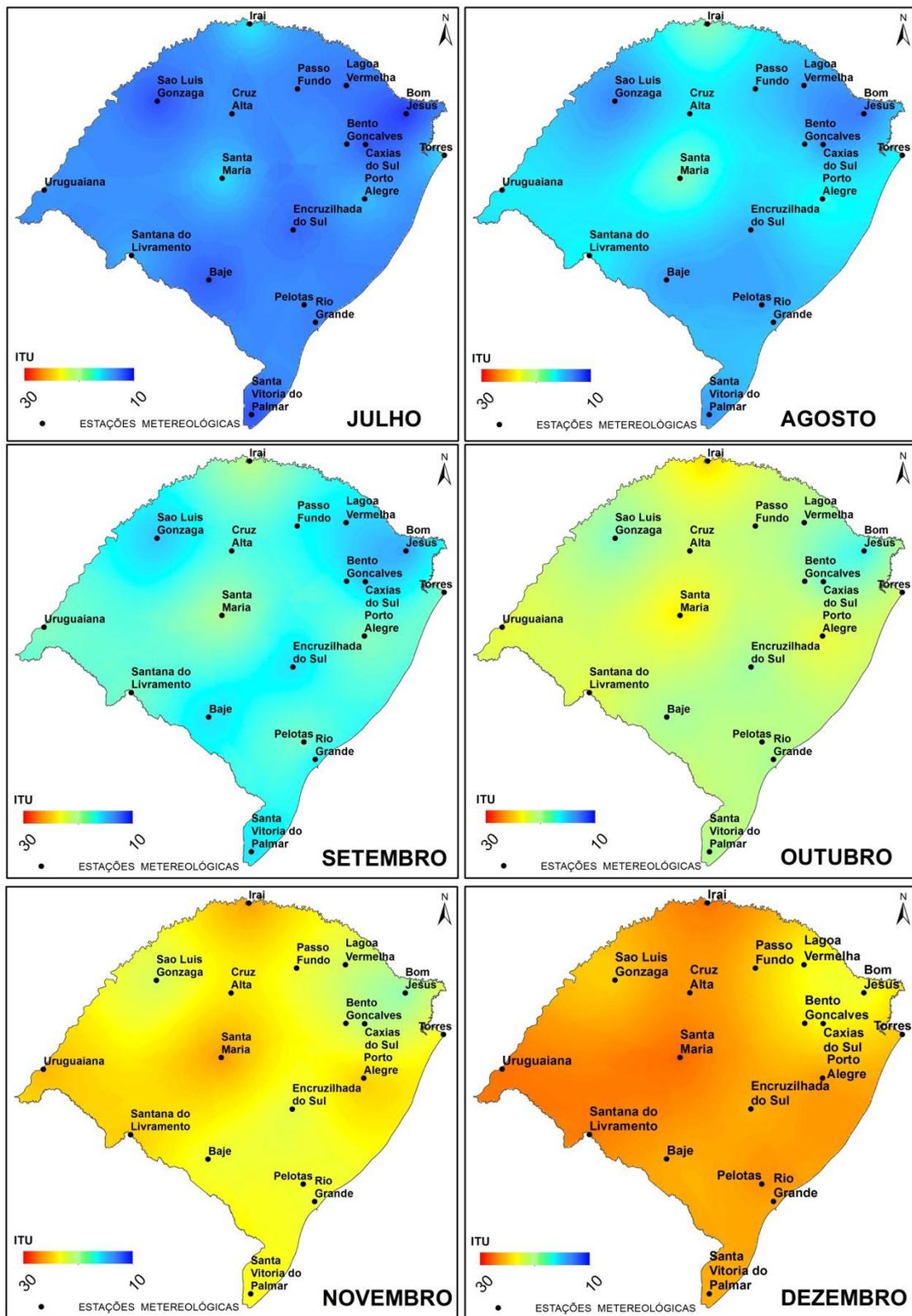


Figura 3. Distribuição espacial das médias mensais de Julho a Dezembro de ITU médio diário para o estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

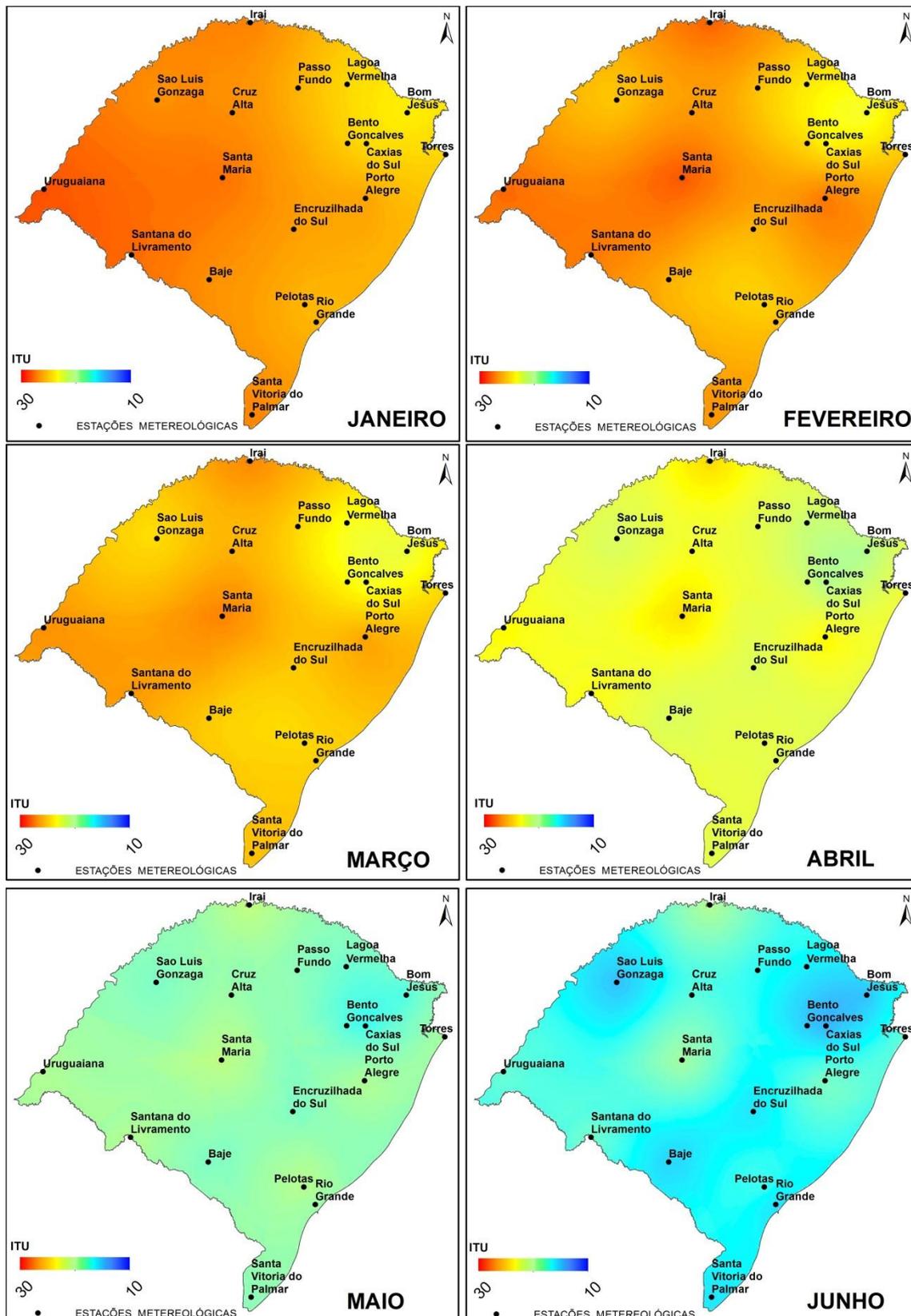


Figura 4. Distribuição espacial das médias mensais de Janeiro a Junho de ITU máximo diário para o estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

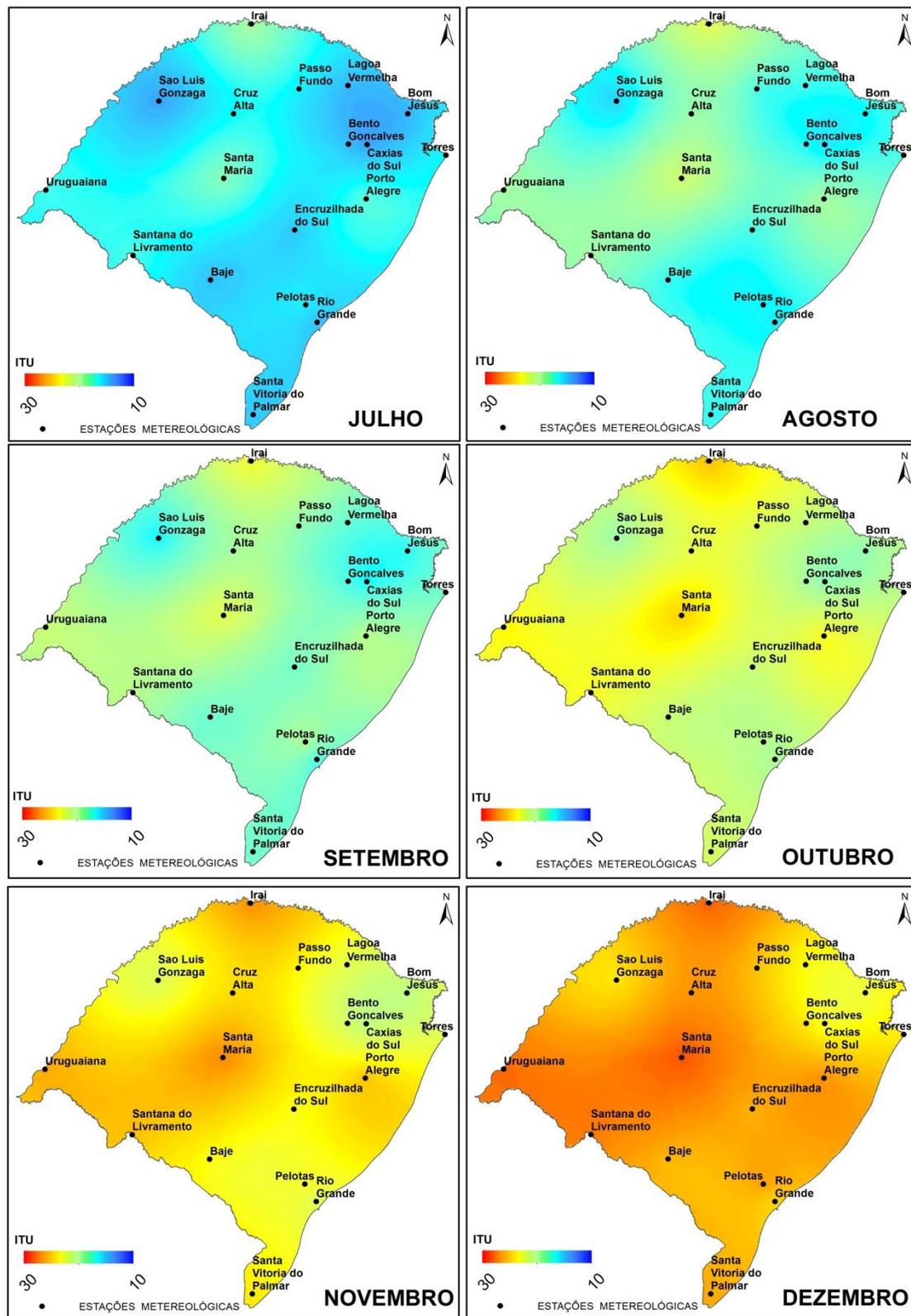


Figura 5. Distribuição espacial das médias mensais de Julho a Dezembro de ITU máximo diário para o estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Os dados submetidos ao processo de interpolação por krigagem apresentaram pouca variação espacial e variaram com o tempo. Como era esperado, os ITUs tanto médio diário quanto máximo diário foram elevados de novembro a abril, e os meses mais críticos os de dezembro a março, resultados que corroboram com os encontrados por Souza et al. (2010) em seu estudo para o estado do Mato Grosso do Sul. Estes meses apresentam T_{bs} mais elevadas, favorecendo o aumento nos valores de ITU, composto em 75% por esta variável (Equação 2). Da mesma forma como constatado por Souza et al. (2010), neste estudo os meses de maio a setembro foram os de menores riscos de desconforto térmico, devido aos menores valores de temperatura.

As cidades que apresentaram as condições de ITU crítico para frangos de corte mais elevadas e com maior ocorrência (Iraí, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga, Santa Maria e Uruguaiana) e a de menor (Bom Jesus), são semelhantes às encontradas por Firpo et al. (2012). Bom Jesus, por estar localizada na região de maior altitude do estado apresenta temperaturas mais baixas que não favorecem a elevação dos níveis de ITU. O núcleo de temperaturas mais quentes do estado fica a noroeste, próximo à estação de Uruguaiana, por ser uma região mais continental assim como a região sudoeste, geralmente são mais quentes e secas, o que facilita a elevação das temperaturas e consequentemente dos níveis de ITU.

Identificou-se também que as mesmas não fazem parte das cidades de produção significativa no estado, pois de acordo com dados do IBGE (2011) publicados pela SEPLAN (Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional) através do Atlas Socioeconômico do estado, destacam-se as regiões do Vale do Taquari, Serra e Produção que, juntas, respondem por mais de 60% do efetivo de aves produzidas, compreendidas nesse estudo pelos municípios de Passo Fundo, Bento Gonçalves e Caxias do Sul.

A região produtora de aves neste estudo apresentou condições favoráveis à produção com pouco risco de gerar impactos severos mesmo nos meses considerados críticos (entre novembro e abril). Mesmo assim, cuidados com climatização dos aviários são sempre importantes uma vez que, se a ventilação não for eficiente, além da queda no desempenho, contaminantes como poeira e gases nocivos podem exceder os limites aceitáveis, levando a problemas respiratórios, calos de peito e pé, ascite, entre outros (MOURA et al, 2010).

CONCLUSÕES

As regiões de Bom Jesus e Lagoa Vermelha, e as cidades localizadas na porção mais ao sul do estado (Pelotas, Rio Grande, Bagé e Santa Vitória do Palmar) apresentaram condições favoráveis para a produção de frangos de corte, e as mesmas não apresentam produção significativa. A região produtora (Passo Fundo, Bento Gonçalves e Caxias do Sul), também apresentou condições favoráveis à produção, mas nos meses críticos ainda é necessária atenção dos produtores para se evitar perdas. A ocorrência de ITU médio diário ≥ 23 °C é elevada em todas as cidades estudadas, sendo que as condições com ITU médio diário ≥ 23 °C e máximo diário $\geq 30,6$ °C ocorreram com maior intensidade nos meses mais quentes do ano entre novembro até abril. As cidades do estado do Rio Grande do Sul que apresentam as condições mais desfavoráveis de conforto térmico para a produção de frangos de corte são Iraí, São Luiz Gonzaga e Uruguaiana, e que se faz necessária atenção dos produtores a fim de se evitar perdas mesmo que em sistemas mais extensivos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; DA SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.975-981, 2003.
- CARVALHO, T. M. F. ; MOURA, D. J. ; SOUZA, Z. M. ; SOUZA, G. S. ; BUENO, L. G. F. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília**, v.46, n.4, p.351-361, 2010.
- CHEPETE, H.J.; CHIMBOMBI, E.M.; TSHEKO, R. Production performance and temperature humidity index of broilers reared in naturally ventilated houses in Botswana. **Botswana Journal of Agriculture and Applied Sciences**, v.1, n.1, p.19-28, 2005.
- COOPER, M.A.; WASHBURN, K.W. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption and feed utilization in broilers under heat stress. **Poultry Science**, v.77, p.237-242, 1998.
- DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMERA, G.; MONTEIRO, A. V. M. (eds) **Análise Espacial de Dados Geográficos**. EMBRAPA, 2004.

- FIRPO, M.A.F.; SANSIGOLO, C.A.; ASSIS, S.V. Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no Rio Grande do Sul associadas ao enos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.1, p.95-106, 2012.
- FURTADO, D.A.; AZEVEDO, P.V.; TINÔCO, I.F.F. Análise de conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de condicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.559-564, 2003.
- IBGE:** Mapas municipais. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/malhas_digitais/municipio_2010/. Acesso em: 5/01/2015.
- LAGANÁ, C. Influência de altas temperaturas na alimentação de frangos de corte. **Pesquisa e Tecnologia**, APTA Regional, v.5, n.2, 2008.
- MOURA, D. J. ; BUENO, L. G. F. ; LIMA, K. O. ; CARVALHO, T. M. R. ; MAIA, A.P.A . Strategies and facilities in order to improve animal welfare. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 39, 2010.
- MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A. Avaliação da eficiência térmica de instalações avícolas sombreadas e ventiladas artificialmente, em diferentes orientações no período de verão. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.1, n.3, p.167-174, 1999.
- NIENABER, J.A.; HAHN, G.L. Engineering and management practices to ameliorate livestock heat stress. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF THE CIGR. NEW TRENDS IN FARM BUILDINGS, 1., 2004, Évora. **Anais... CIGR**, 2004.
- OLIVEIRA NETO, A.R.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e características de carcaça de

frangos de corte alimentados com dieta controlada e dois níveis de energia.

Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, n.1, p.163-190, 2000.

PEREIRA, D. F. Ambiência em frangos de corte. In: **Conferência APINCO 2011 de Ciência e Tecnologia Avícolas**, Santos-SP. *Anais...* Campinas-SP: Fundação APINCO de Ciência de Tecnologia Avícolas-FACTA, 2011, p. 113-122.

RYDER, A.A.; FEDDES, J.J.R.; ZUIDHOF, M.J. Field study to relate heat stress index to broiler performance. **Journal Applied of Poultry**, v.13, p.493-499, 2004.

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.1.384-1.389, 2001.

TAO, X.; XIN, H. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.46, n.2, p.491-7, 2003.

TIMMONS, M.B.; HILLMAN, P.E. Partitional heat losses in heat stressed poultry as affect by wind speed. In: **LIVESTOCK ENVIRONMENT**, 1993, Coventry. **Anais...** [s.n.], p.26, 1993.

TINÔCO, I.F.F. Ambiência e instalações para a avicultura industrial. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, e Encontro Nacional de Técnicos, Pesquisadores e Educadores de Construções Rurais, 3, Poços de Caldas, **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, p.1-86, 1998.

VALE, M.M; MOURA, D.J; NÄÄS, I.A; OLIVEIRA, S.R.M; RODRIGUES, L.H. Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. **Scientia Agricola**, v.65, n.3, p.223-229, 2008.

- VALE, M.M. ; MOURA, D.J. ; PEREIRA, D.F. Characterization of heat waves affecting mortality rates of broilers between 29 days and market age. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.12, p.215-221, 2010.
- SALGADO, D.D.; NÄÄS, I.A. Avaliação de risco a produção de frangos de corte no estado de São Paulo em função da temperatura ambiente. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p.367-376, 2010.
- SOUZA, A.; PAVÃO, H.G.; LASTORIA, G.; GABAS, S.G.; CAVAZZANA, G.H.; FILHO, A.C.P. Um estudo de conforto e desconforto térmico para o Mato Grosso do Sul. **Revista de Estudos Ambientais** (online), v.12, n.2, p.15-25, 2010.
- STULL. R.; Wet-Bulb Temperature from Relative Humidity and Air Temperature. **J. Appl. Meteor. Climatol.** v. 50, pg. 2267–2269, 2011.
- SEPLAN: Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.scp.rs.gov.br/atlas/conteudo.asp?cod_menu_filho=819&cod_menu=817&tipo_menu=ECONOMIA&cod_conteudo=1584. Acesso em: 16/12/2014.
- WELKER, J.S.; ROSA, A.P.; MOURA, D.J.; MACHADO, L.P.; CATELAN, F.; UTPATEL, R. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8,

**CÁPITULO 5: FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE ONDAS DE
CALOR COM IMPACTO POTENCIAL NA PRODUÇÃO DE
FRANGOS DE CORTE NO RIO GRANDE DO SUL**

Frequência de ocorrência de ondas de calor com impacto potencial na produção de frangos de corte no Rio Grande do Sul

Frequency of heat waves occurrence with potential impact on production of broilers in Rio Grande do Sul

Paola de Freitas Feltrin¹, Marcos Martinez do Vale²

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo elaborar uma descrição da ocorrência de ondas de calor no Rio Grande do Sul levando em consideração os níveis críticos de ITU para produção de frangos de corte, através da análise dos dados de 18 estações meteorológicas (convencionais) pertencentes ao INMET com intervalo de anos de observações variando de localidade para localidade. A identificação de eventos de calor extremo e ondas de calor seguiram três definições: ITU médio diário ≥ 23 °C; ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C e $T_{bs} \geq 32$ °C por 2 ou mais dias consecutivos. A ocorrência de ondas de calor na condição de ITU médio diário ≥ 23 °C são as que possuem maior frequência e probabilidade de ocorrência nos meses de novembro a abril, as condições mínimas de ondas de calor tem a maior ocorrência. As regiões de Iraí, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga, Santa Maria e Uruguaiana podem ser consideradas como zonas críticas para a produção de frangos de corte no estado do Rio Grande do Sul. A região de produção e a cidade de Bom Jesus apresentam condições favoráveis.

Palavras-Chave: ITU, ondas de calor, frangos de corte.

¹ Zootecnista, Aluna do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria/RS, CEP:97105-900, Laboratório de Avicultura, Prédio 81. E-mail: paolafeltrin@yahoo.com.br

² Zootecnista, Prof. Dr. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

ABSTRACT

This study aimed to develop a description of the occurrence of heat waves in Rio Grande do Sul state considering critical levels of THI for the production of broilers, with data analysis from 18 weather stations (conventional) owned INMET with the range of years of observations ranging from location to location. The identification of extreme heat events and heat waves were made with three different settings: daily average THI ≥ 23 °C; THI daily maximum ≥ 30.6 °C and, Tbs ≥ 32 °C for 2 or more consecutive days. The occurrence of heat waves on THI daily average ≥ 23 °C condition was those with greater frequency and probability of occurrence in the months of November to April. The region near Iraí, Porto Alegre, Sao Luiz Gonzaga, Santa Maria and Uruguaiana are the critical areas for broiler production. The region of production and Bom Jesus city, were the most favorable to production.

Key words: THI, heat wave, broilers.

INTRODUÇÃO

Apesar da grande evolução alcançada na produção avícola tanto no mundo como no Brasil, alguns desafios ainda têm que ser superados, dentre eles destaca-se a vulnerabilidade das aves às altas temperaturas, sendo susceptíveis ao calor pela baixa capacidade de adaptação.

O IPCC define vulnerabilidade como o grau de suscetibilidade de indivíduos ou sistemas ou da incapacidade de resposta aos efeitos adversos da mudança climática, incluindo-se a variabilidade climática e os eventos extremos (McCARTHY et al., 2001) e risco como sendo o potencial de consequências, onde algo de valor está em jogo e

onde o resultado é incerto, muitas vezes é representado como a probabilidade de ocorrência de eventos perigosos ou tendências multiplicados pelos impactos se esses eventos ou tendências ocorrerem (IPCC, 2014).

O ambiente térmico tem forte influência no desempenho zootécnico, constituindo um dos principais fatores de perdas produtivas em climas tropicais. As perdas produtivas na avicultura, provenientes de climas com temperaturas diárias elevadas, são potencialmente de grande importância, pois abrangem perdas diretas e indiretas (SALGADO & NÄÄS, 2010). O clima pode afetar a produção de frangos de corte, especialmente onde ocorrem ondas de calor, que podem causar altas taxas de mortalidade e redução no desempenho produtivo (JOHNSON, 1997; ST-PIERRE et al., 2003; COPA/COGECA, 2004; VALE et al., 2010).

O extremo de tempo onda de calor possui definições variadas. Pode ser definido de forma ampla como um período de tempo anormal desconfortavelmente quente e geralmente úmido. Ondas de calor com impactos na mortalidade de frangos de corte foram classificadas por Vale et al. (2008) como sendo a condição de ITU médio diário acima de 23° C quando as instalações não são climatizadas. Já para instalações com condições de climatização mínima (ventilação e nebulização), para que ocorram elevadas mortalidades o ITU máximo diário deve estar acima de 30,6°C. Além disso, deve-se levar em consideração a idade da ave, sendo que, para aves com idade maior que 31 e inferior a 41 dias, é necessário a ocorrência de temperatura máxima superior a 34,4 °C (VALE et al., 2010).

O presente trabalho teve como objetivo descrever a ocorrência de ondas de calor no Rio Grande do Sul levando em consideração os níveis críticos de ITU para produção de frangos de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo foram utilizadas as variáveis meteorológicas Temperaturas de Bulbo Seco (T_{bs}), de Bulbo Úmido (T_{bu}) e Umidade Relativa do Ar (UR) coletadas dos registros do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa das Estações Meteorológicas (convencionais) pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), totalizando 18 estações meteorológicas (Tabela 1), distribuídas geograficamente no estado do Rio Grande do Sul (RS) conforme apresentado na Figura 1.

Tabela 1. Identificação das estações meteorológicas utilizadas para representar o estado do Rio Grande do Sul.

Município	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
Bagé	-31,33	-54,1	242,31
Bento Gonçalves	-29,15	-51,51	640
Bom Jesus	-28,66	-50,43	1047,5
Caxias do Sul	-29,16	-51,2	759,6
Cruz Alta	-28,63	-53,6	472,5
Encruzilhada do Sul	-30,53	-52,51	427,75
Iraí	-27,18	-53,23	247,1
Lagoa Vermelha	-28,21	-51,5	840
Passo Fundo	-28,21	-52,4	684,05
Pelotas	-31,78	-52,41	13
Porto Alegre	-30,05	-51,16	46,97
Rio Grande	-32,03	-52,11	2,46
São Luiz Gonzaga	-28,4	-55,01	245,11
Santana do Livramento	-30,83	-55,6	328
Santa Maria	-29,7	-53,7	95
Santa Vitória do Palmar	-33,51	-53,35	24,01
Torres	-29,35	-49,73	4,66
Uruguaiana	-29,75	-57,08	62,31

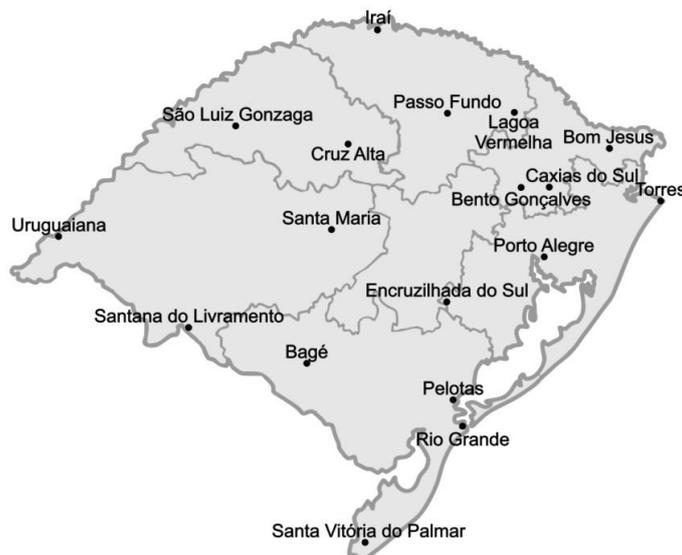


Figura 1. Distribuição geográfica das estações meteorológicas do Rio Grande do Sul.

O período de coleta dos dados está compreendido entre os anos de 1984 e 2012, totalizando 28 anos para as estações de Bagé, Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Irai, Lagoa Vermelha, Passo Fundo, Porto Alegre, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar e Torres; de 1988 a 2012 (24 anos) para as estações de Bom Jesus, Cruz Alta, Encruzilhada do Sul e Rio grande; de 1992 a 2012 (20 anos) para as estações de São Luiz Gonzaga e Uruguaiana; de 2000 a 2012 (10 anos) para a estação de Santana do Livramento.

O intervalo de anos do período de coleta dos dados não é igual para todas as estações, uma vez que foram detectadas as seguintes falhas nos dados registrados: Falta de sincronismo (os registros dos dados para cada município não ocorreram a partir do mesmo ano); Ausência sistemática de coletas de dados (em algumas estações havia ausência de registros de anos completos, ou dos meses finais, ou só existiam nos primeiros meses). Para não prejudicar os objetivos do trabalho optou-se por extrair dados de alguns municípios em que, em determinados anos, havia uma ausência de

registros consecutivos, ficando assim com o período que continha o maior número de informações consecutivas.

As variáveis meteorológicas T_{bs} , T_{bu} e UR foram coletadas em três horários 0, 12 e 18 UTC, que correspondem às 21 horas do dia anterior, as 9 e as 15 horas do dia de coleta. Foram calculadas para cada variável as mínimas, médias e máximas diárias, para posterior cálculo do ITU.

Quando a estação apresentou dados faltantes para a variável Temperatura de bulbo úmido, a série foi completada aplicando-se a Equação 1 proposta por Stull (2011).

$$T_{bu} = T_{bs} \times ATAN \left[0,151977(UR + 8,313659)^{\frac{1}{2}} \right] + \left[ATAN(T_{bs} + UR) - ATAN(UR - 1,676331) + 0,00391838(UR)^{\frac{3}{2}} \right] \times ATAN(0,023101 \times UR) - 4,686035$$

Equação (1)

Onde:

T_{bu} = Temperatura de Bulbo Úmido, °C;

T_{bs} = Temperatura de Bulbo Seco, °C;

UR= Umidade Relativa do ar, %;

ATAN= Arco Tangente.

A partir dos valores de T_{bs} e T_{bu} foram calculados para as diferentes cidades os valores de ITU através da equação proposta por Chepete et al. (2005) para frangos com idades entre 5 e 6 semanas de criação (Equação 2). A escolha dessa equação se deu pelo fato de que o estresse causado pelo calor afeta principalmente frangos de corte com

idade superior a 29 dias, o que pode causar taxas de mortalidade significativas (TAO & XIN, 2003; RYDER et al, 2004; CHEPETE et al, 2005; VALE et al, 2010).

$$ITU = 0,71T_{bs} + 0,29T_{bu} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

T_{bs} = Temperatura de Bulbo Seco, °C;

T_{bu} = Temperatura de Bulbo Úmido, °C.

A identificação de eventos de calor extremo e ondas de calor seguiram três definições:

1. ITU médio diário ≥ 23 °C (VALE et al., 2008), para aves alojadas em aviários com pouca ou nenhuma climatização;
2. ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C (VALE et al., 2010), para aves alojadas em aviários com climatização mínima;
3. T_{bs} máxima ≥ 32 °C por 2 ou mais dias consecutivos (INMET, 2005).

As condições foram identificadas desde a ocorrência de apenas um dia de extremo, denominado como dia de choque de calor por Vale et al. (2010) e para dois ou mais dias, estes sendo os dias de onda de calor. Para a classificação dos dias em que estas condições estavam presentes, foi utilizada a função lógica SE do software Microsoft Excel 2010[®], a mesma classifica com o valor 1 se a condição é verdadeira e valor 0 se a condição é falsa, permitindo a contagem do número de eventos ocorridos historicamente para cada localidade.

Após a identificação dos eventos extremos e ondas de calor, identificou-se a duração desses eventos em dias consecutivos e calculou-se a frequência e a

probabilidade mensal de ocorrência, ambas calculadas com o suplemento ferramentas de análise do programa computacional Microsoft Excel 2010[®]. Foi calculada a média (com nível de confiança de 95%), o desvio padrão e a função de densidade de probabilidade pela distribuição normal (Equação 3).

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

Equação (3)

Onde:

π ; e = Constantes;

σ = Desvio Padrão;

μ = Média;

x = Variável aleatória.

As frequências foram determinadas por meio da definição do intervalo em função da mínima e da máxima observada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os municípios que tiveram as maiores médias anuais de dias de ocorrência na condição de ITU médio diário ≥ 23 °C, ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C e $T_{bs} \geq 32$ °C foram Iraí (135; 30; 54 dias respectivamente para as condições), São Luiz Gonzaga (133; 40; 64 dias respectivamente) e Uruguaiana (117; 31; 41 dias respectivamente). A menor média para as três condições ocorreu no município de Bom Jesus (3; 0; 0 dias respectivamente; Tabela 2).

Tabela 2. Média anual de dias de ocorrência das condições de ITU médio diário ≥ 23 °C, ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C e $T_{bs} \geq 32$ °C. para as estações meteorológicas do Rio Grande do Sul.

Município	Intervalo de anos	Média anual de dias de ocorrência					
		ITU Médio	D.P	ITU Máximo	D.P	T_{bs}	D.P
Bagé	1984 - 2012	64	16,9	9	6,7	15	8,4
Bento Gonçalves	1984 - 2012	38	11,2	0,4	1,1	2	2,1
Bom Jesus	1988 - 2012	3	2,5	0	0	0	0
Caxias do Sul	1984 - 2012	18	10,9	0,2	1,1	1	1,2
Cruz Alta	1988 - 2012	83	16,9	9	8,5	18	12,
Encruzilhada do Sul	1988 - 2012	53	9,4	4	3,6	10	6,1
Iraí	1984 - 2012	135	15,2	30	11,8	54	14,
Lagoa Vermelha	1984 - 2012	22	10,7	0,4	1,0	2	2,0
Passo Fundo	1984 - 2012	43	9,5	1	1,5	5	5,5
Pelotas	1994 - 2012	70	8,6	5	3,3	6	3,8
Porto Alegre	1984 - 2012	111	10,4	22	7,9	31	9,1
Rio Grande	1988 - 2012	68	10,9	2	1,6	2	1,6
São Luiz Gonzaga	1992 - 2012	133	11,8	40	14,0	64	15,
Santana do Livramento	2000 - 2012	70	10,5	13	8,6	21	9,6
Santa Maria	1984 - 2012	111	13,3	23	9,1	33	10,
Santa Vitória do Palmar	1984 - 2012	48	8,6	2	2,1	4	2,9
Torres	1984 - 2012	79	14,2	0,2	0,5	0,4	0,8
Uruguaiana	1992 - 2012	117	12,7	31	10,2	41	10,

D.P = Desvio Padrão

Os municípios de Cruz Alta, São Luiz Gonzaga e Santa Maria apresentaram as maiores médias de ocorrência de dias com ITU médio diário ≥ 23 °C (24,4; 24,3; e 24,2 dias respectivamente) e a menor ocorrência para o município de Bom Jesus (1,8 dias). Isso é um fator importante a ser observado, pois esta condição é descrita para aviários não climatizados (VALE et al., 2008), e com o sistema de climatização em bom funcionamento, o risco de extremos de calor impactantes na produção de frangos de corte reduz, permitindo para estas regiões a produção com aviários com melhor sistema climatização, por exemplo, com a associação de ventilador e nebulização, que podem

promover a redução da temperatura média corporal das aves (COOPER & WASHBURN, 1998; WELKER et al, 2008), reduzindo os impactos causados em decorrência do calor.

Tabela 3. Médias anuais de ocorrência de ondas de calor (OC) nas condições de ITU médio diário ≥ 23 °C, ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C e $T_{bs} \geq 32$ °C para as estações meteorológicas do Rio Grande do Sul.

Municípios	Intervalo de anos	Média anual de ocorrência de OC					
		ITU Médio	D.P	ITU Máximo	D.P	T_{bs}	D.P
Bagé	1984 - 2012	20,5	7,2	6,6	5,6	3,7	1,8
Bento Gonçalves	1984 - 2012	16,2	3,9	1,4	0,9	1,8	1,2
Bom Jesus	1988 - 2012	1,8	0,9	0	0	0	0
Caxias do Sul	1984 - 2012	8,7	4,1	1	0,5	1	0
Cruz Alta	1988 - 2012	24,4	4,1	5,5	4,5	4,6	2,8
Encruzilhada do Sul	1988 - 2012	19,5	3,5	3,1	2,2	2,4	1,8
Iraí	1984 - 2012	22,6	4,8	17,0	4,7	12,9	3,7
Lagoa Vermelha	1984 - 2012	10,7	5,3	2,5	2,1	1,2	0
Passo Fundo	1984 - 2012	18,1	3,5	2,1	1,9	2,3	1,7
Pelotas	1994 - 2012	19,4	3,4	4	2,2	2	0
Porto Alegre	1984 - 2012	21,2	3,2	13,5	3,3	7,1	2,8
Rio Grande	1988 - 2012	18,2	3,7	2,2	1,3	1	0
São Luiz Gonzaga	1992 - 2012	24,3	5,0	17,6	4,0	13,8	3,4
Santana do Livramento	2000 - 2012	21,3	3,2	8,2	3,8	5,1	3,0
Santa Maria	1984 - 2012	24,2	3,5	13	4,6	7,1	2,8
Santa Vitória do Palmar	1984 - 2012	15,9	3,0	2,25	1,3	1,2	0,4
Torres	1984 - 2012	17,1	5,0	1	0	2	0
Uruguaiana	1992 - 2012	22,3	4,0	15,2	3,3	8,9	2,5

D.P = Desvio Padrão

Para as condições de ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C e $T_{bs} \geq 32$ °C, as maiores médias de ocorrências aconteceram nos municípios de São Luiz Gonzaga (17,6 e 13,8 eventos de OC respectivamente), Iraí (17,0; 22,9 eventos de OC respectivamente) e Uruguaiana (15,2; 8,9 eventos de OC respectivamente). Para as duas condições o município de Bom Jesus não teve nenhuma ocorrência. As temperaturas e condições médias e máximas dos limites de conforto (ITU) levantadas neste estudo indicam as

melhores e piores regiões para a avicultura e são fundamentais por estarem abrindo oportunidade para estudos focados na monitoria de dados meteorológicos regionais. Quando o ITU máximo diário é de 30,6 °C, a temperatura máxima do ar estará entre 31 °C a 35 °C, dependendo da temperatura de bulbo úmido, sendo que, Vale et al. (2008), mostraram que a temperatura de 32 °C é o limite para a mortalidade das aves sem controle da climatização dos aviários, para Abu-Dieyeh (2006), temperaturas acima de 30 °C podem causar alta mortalidade, sendo que estas condições foram observadas nas cidades de Iraí, São Luiz Gonzaga e Uruguaiana.

As condições observadas de extremos e ondas de calor (Tabela 2 e 3) indicam a potencialidade de perdas produtivas para uma avicultura locada nestas regiões e que ações mitigadoras e a tipologia construtiva pode permitir explorações em áreas pouco adequadas como Iraí, São Luiz Gonzaga e Uruguaiana.

As durações mínimas obtidas são o limite de ocorrência para cada condição, Vale et al. (2010), em seu estudo encontrou ondas de calor de dois a cinco dias de duração, sendo que a ocorrência de um dia de calor extremo também desencadeou altas mortalidades, contrapondo a definição do INMET (2005). As ondas de calor mais longas ocorreram nos municípios de São Luiz Gonzaga e Iraí com 71 e 67 dias consecutivos de duração respectivamente para a condição de ITU médio diário ≥ 23 °C. Para a condição de ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C ocorreu nos municípios de Cruz Alta e São Luiz Gonzaga com 14 e 13 dias consecutivos de duração respectivamente. Para a condição de $T_{bs} \geq 32$ °C, as maiores ondas de calor ocorreram nos municípios de São Luiz Gonzaga e Santa Maria com 14 e 11 dias consecutivos de duração respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Duração mínima, média e máxima das ondas de calor em dias nas condições de ITU médio diário ≥ 23 °C, ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C e $T_{bs} \geq 32$ °C para as estações meteorológicas do Rio Grande do Sul.

Município	Ondas de calor								
	ITU ≥ 23 °C			ITU $\geq 30,6$ °C			$T_{bs} \geq 32$ °C		
	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.
Bagé	1	11,2	40	1	3	5	2	4,6	8
Bento Gonçalves	1	7	17	1	1	1	2	2,5	3
Bom Jesus	1	3,6	7	1	-	-	2	-	-
Caxias do Sul	1	5	9	1	1,5	2	2	2	2
Cruz Alta	1	11	35	1	5,2	14	2	4,8	8
Encruzilhada do Sul	1	8,2	17	1	2,5	4	2	4	7
Iraí	1	22,4	67	1	5	9	2	6	10
Lagoa Vermelha	1	5,3	11	1	2	3	2	2,5	3
Passo Fundo	1	7,3	17	1	1,5	2	2	4,2	7
Pelotas	1	10,1	23	1	1,5	2	2	2	2
Porto Alegre	1	19,8	57	1	4,6	9	2	5,1	9
Rio Grande	1	12,1	29	1	1,5	2	2	2	2
São Luiz Gonzaga	1	21,4	71	1	6,6	13	2	8	14
Santana do Livramento	1	9	19	1	3,6	7	2	4,5	7
Santa Maria	1	16,3	58	1	5,1	10	2	6	11
Santa Vitória do Palmar	1	9	23	1	2,5	4	2	3	4
Torres	1	13,7	40	1	1	1	2	2	2
Uruguaiana	1	19	50	1	4,5	8	2	6	10

Os meses que apresentaram as maiores frequências e probabilidades de ocorrências de ondas de calor (OC) foram os meses mais quentes do ano para a região, entre novembro a abril, ocorrendo de forma similar na maioria das estações, porém, alguns eventos ocorrerem nos meses menos quentes nos municípios de Iraí, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga, Santa Maria e Uruguaiana (Figura 2 e 3). As ocorrências de ondas de calor na condição de ITU máximo diário e na condição de T_{bs} foram mais uniformes e bem definidas nos meses mais quentes. A condição de ITU médio diário apresentou as maiores frequências e probabilidades de ocorrências em todas as regiões de estudo (Figura 2a e 3a).

Iraí e São Luiz Gonzaga apresentaram as maiores frequências e probabilidades de ocorrência registradas, que ocorreu no mês de janeiro e se mostrou superior a 90%, Uruguaiana, Porto Alegre e Santa Maria superior a 80%, como estes municípios não fazem parte da região típica de avicultura do estado, e se mostram com comportamentos expressivos de ocorrências de ondas de calor, a implantação de um aviário nestas regiões requer cuidados e investimentos em climatização, para diminuir os impactos causados pelo estresse por calor nas aves. A região de Bom Jesus ao longo de todo o estudo se mostrou com condições favoráveis e de baixo risco para a produção de frangos de corte, no período considerado crítico em decorrência dos impactos pelo calor, esta região só apresentaria algum risco à produção de frangos de corte nos meses mais frios do ano em decorrência das suas baixas temperaturas.

A região de produção avícola do estado (Passo Fundo, Bento Gonçalves e Caxias do Sul), se apresentou com condições favoráveis à produção de frangos de corte com algumas ocorrências de eventos extremos mais significativas, porém, sem gerar riscos potenciais elevados à produção.

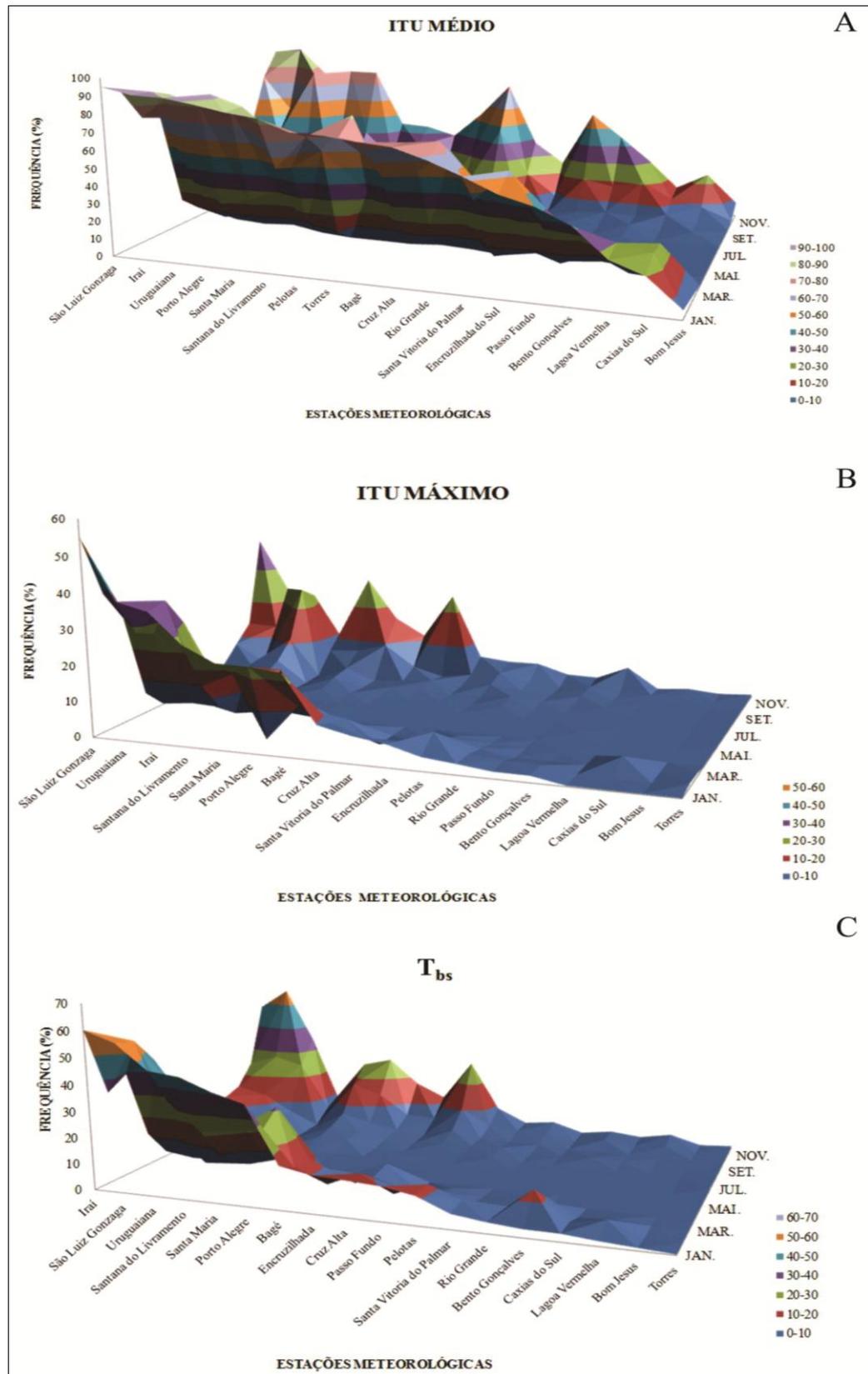


Figura 2. Frequências mensais de ocorrência de ondas de calor para ITU médio diário ≥ 23 °C (A), ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C (B) e $T_{bs} \geq 32$ °C (C).

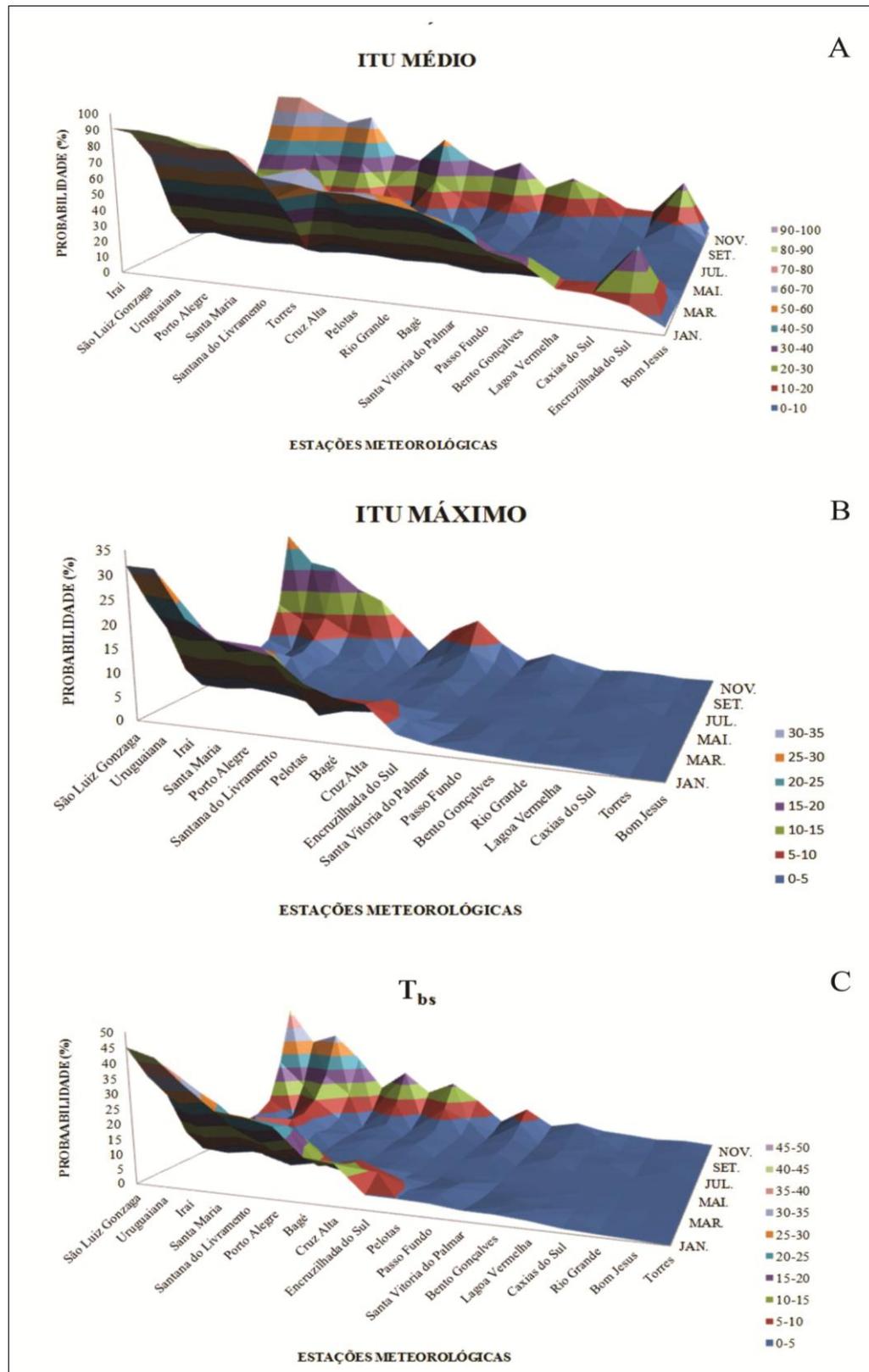


Figura 3. Probabilidades mensais de ocorrência de ondas de calor para ITU médio diário ≥ 23 °C (A), ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C (B) e $T_{bs} \geq 32$ °C (C).

Os eventos com maior ocorrência (número de observações no intervalo de anos de estudo) foram as condições mínimas. Para ITU médio diário ≥ 23 °C (Figura 4), as ocorrências de no mínimo um dia na condição foram mais frequentes nos municípios de Passo Fundo, Encruzilhada do Sul e Cruz alta. Os municípios de Iraí, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga, Santa Maria e Uruguaiiana apresentaram para a condição de ITU máximo diário as maiores ocorrências, sendo que, para estes mesmos municípios, foram observadas as maiores ocorrências de ondas de calor de 2 dias para a condição de $T_{bs} \geq 32$ °C (Figura 4).

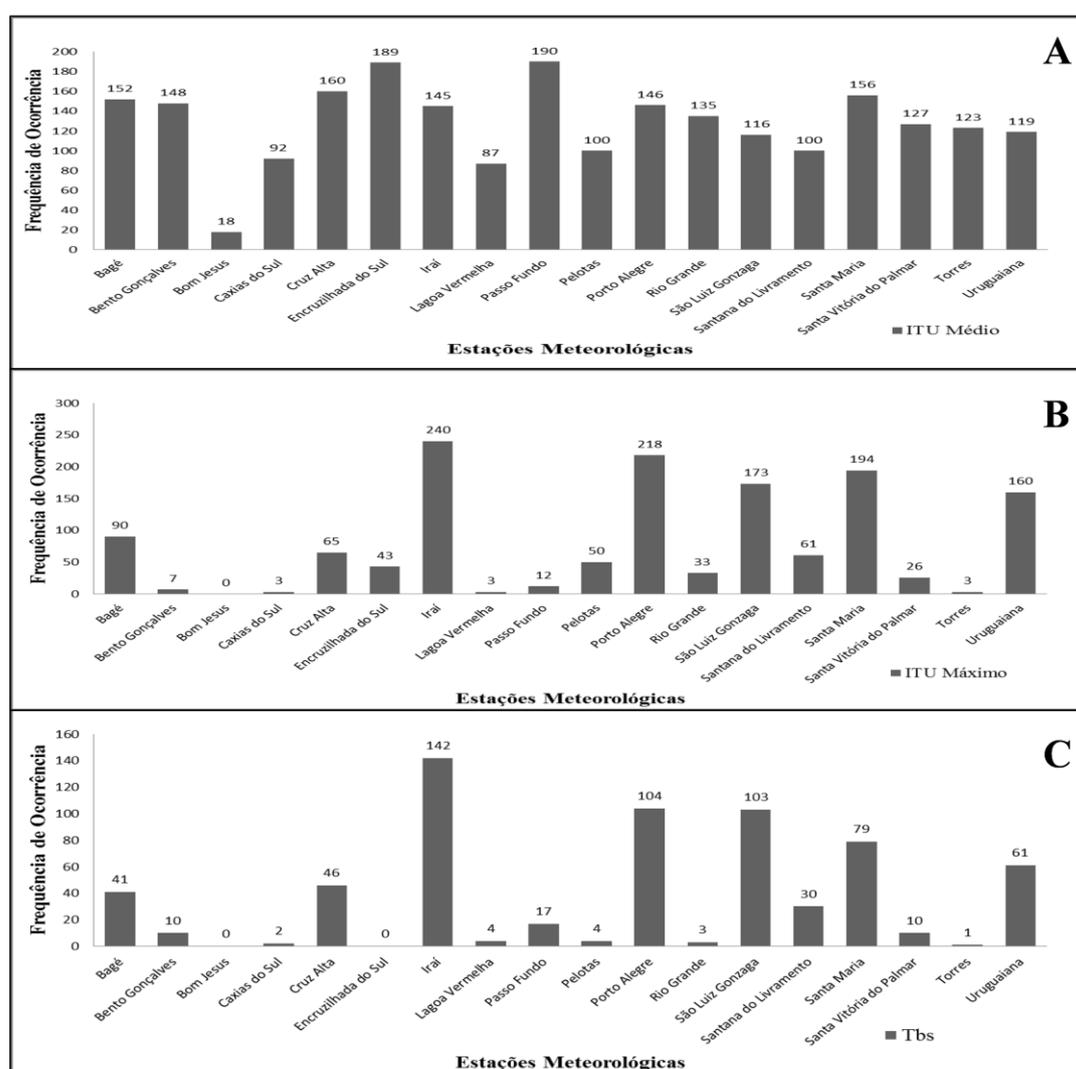


Figura 4. Número de observações das condições mínimas de ondas de calor para ITU médio diário ≥ 23 °C (A), ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C (B) e $T_{bs} \geq 32$ °C (C).

Todos os dias de choque de calor representam um impacto potencial para as aves alojadas em sistema extensivo ou sem climatização e as ondas de calor representam os dias com impacto potencial principalmente para aves alojadas em instalações pouco isoladas (MOURA, 2001), aumentando a vulnerabilidade da instalação em haver um rápido aquecimento interno durante o dia, não permitindo que as aves tenham tempo suficiente para melhorar as suas respostas fisiológicas e eventual aclimatação (BUKLEY et al, 2001;. HOROWITZ, 2002). Esse comportamento diurno de temperaturas extremas como as observadas neste estudo faz com que, em alguns casos, a mortalidade seja aumentada, o que pode explicar as altas mortalidades de aves quando as mesmas são expostas a um único dia de calor (VALE et al., 2010).

As regiões de Iraí, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga, Santa Maria e Uruguaiana podem ser consideradas como zonas críticas para a produção de frangos de corte no estado do Rio Grande do Sul, uma vez que apresentam em níveis elevados as condições de ocorrência de ondas de calor aumentando os riscos potenciais de impacto sobre as aves. Além disso, por não serem regiões típicas de avicultura, deve-se salientar que na instalação de um aviário nessas regiões os produtores devem atentar para os sistemas de climatização e que os mesmos funcionem de forma adequada e sejam satisfatórios para diminuir a vulnerabilidade das aves frente ao estresse por calor.

CONCLUSÕES

Analisando os níveis críticos de ITU conclui-se que a ocorrência de ondas de calor na condição de ITU médio diário ≥ 23 °C são as que possuem maior frequência e probabilidade de ocorrência, em todas as regiões desse estudo, e que ondas de calor de duração mínima são as mais frequentes. Iraí, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga, Santa

Maria e Uruguaiana podem ser consideradas como zonas críticas para a produção de frangos de corte no estado do Rio Grande do Sul e Bom Jesus como cidade com potencial para implantação da produção. O conhecimento das condições ótimas de conforto e condições climáticas de cada localidade é de grande importância, para que seja possível a determinação das condições ambientais críticas, dos riscos potenciais e dos prováveis impactos, diminuindo assim a vulnerabilidade e aumentando a produtividade e a rentabilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU-DIEYEH, Z.H.M. Effect of chronic heat stress and long-term feed restriction on broiler performance. **International Journal of Poultry Science**, v.5, n.2, p.185-190, 2006.
- BUCKLEY, B.A; OWEN M.; HOFMANN G.E. Adjusting the thermostat: the threshold induction temperature for the heat- shock response in intertidal mussels (genus *Mytilus*) changes as a function of thermal history. **The Journal of Experimental Biology**, v.204, p.3571-3579, 2001.

- CARVALHO, T. M. F. ; MOURA, D. J. ; SOUZA, Z. M. ; SOUZA, G. S. ; BUENO, L. G. F. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília**, v.46, n.4, p.351-361, 2010.
- CHEPETE, H.J.; CHIMBOMBI, E.M.; TSHEKO, R. Production performance and temperature humidity index of broilers reared in naturally ventilated houses in Botswana. **Botswana Journal of Agriculture and Applied Sciences**, v.1, n.1, p.19-28, 2005.
- COPA/COGECA. Assessment of the impact of the heat wave and drought of the Summer 2003 on agricultural and forestry. Cologne: **COPA/COGECA**; p.15, 2004.
- COOPER, M.A.; WASHBURN, K.W. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. **Poultry Science**, Stanford, v.77, n.2, p.237-242, 1998.
- HAHN, G.L. Compensatory performance in livestock: influences on environmental criteria. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 2., 1982. **Proceedings...** St. Joseph: ASABE, p.285-294, 1982.
- HILLMAN, P. E.; SCOTT, N.R.; VAN TIENHOVEN, A. Physiological responses and adaptations to hot and cold environments. In: **Stress Physiology in Livestock. Poultry**. M. K. Yousef, ed. CRC Press, Boca Raton, FL. v. 3, p.7-71, 1985.
- HOROWITZ, M. From molecular and cellular to integrative heat defense during exposure to chronic heat. **Comparative Biochemistry and Physiology. Part A**, v.131, p.475-483, 2002.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, BR. Glossário, 2005.

Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/informacoes/glossario/glossario.html>.

Acesso em: 16/09/2014

JOHNSON, H.D. Aspects of animal biometeorology in the past and future.

International Journal of Biometeorology, v.40, p.16-18, 1997.

MOURA, D.J. Ambiência na produção de aves de corte In: SILVA, I.J.O. **Ambiência**

na produção de aves em clima tropical. Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, (Série Engenharia Agrícola), v.2, p.185-198, 2001.

RABELLO, C.B.V. **Produção de aves em clima quente**. In: ZOOTEC. João Pessoa:

UFPB/ABZ. p.1-11, 2008.

RYDER, A.A.; FEDDES, J.J.R.; ZUIDHOF, M.J. Field study to relate heat stress index

to broiler performance. **Journal Applied of Poultry**, v.13, p.493-499, 2004.

SALGADO, D. D.; NÄÄS, I. A. Avaliação de risco À produção de frango de corte do

Estado de São Paulo em função da temperatura ambiente. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 367-376, 2010.

ST-PIERRE, N.R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat

stress by livestock industries. **Journal of Dairy Science**, v.86(E), p.52-7, 2003.

STULL. R.; Wet-Bulb Temperature from Relative Humidity and Air Temperature. **J.**

Appl. Meteor. Climatol. v. 50, pg. 2267–2269, 2011.

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.1.384-1.389, 2001.

TAO, X.; XIN, H. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on

homeostasis of market-size broilers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.46, n.2, p.491-7, 2003.

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

Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. **Scientia Agricola**, v.65, n.3, p.223-229, 2008.

VALE, M.M. ; MOURA, D.J. ; PEREIRA, D.F. Characterization of heat waves affecting mortality rates of broilers between 29 days and market age. **Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science**, v.12, p.215-221, 2010.

CAPÍTULO 6: DISCUSSÃO

O Rio Grande do Sul é atualmente o terceiro maior produtor de aves do Brasil (UBABEF, 2014) e estudos como os deste trabalho permitem identificar regiões que apresentam condições ambientais que impactam na produção das aves, permitindo desenvolver estratégias de mitigação para evitar perdas tanto para os produtores como para a economia do estado. O ITU tem sido usado fora do Brasil como uma forma de avaliar a condição de conforto de animais, alertando os produtores quanto às condições climáticas desfavoráveis ou que tragam risco aos animais. Apesar de não englobar outras variáveis importantes na quantificação do ambiente térmico, como a radiação solar e a velocidade do ar, o ITU é amplamente usado, pois envolve apenas informações meteorológicas, que são disponíveis em estações meteorológicas (SOUZA et al., 2010).

No capítulo 4 verificou-se a ocorrência de ITU em níveis críticos para produção de frangos de corte no Rio Grande do Sul, sendo que a ocorrência de dias com ITU médio diário ≥ 23 °C foi maior do que com ITU máximo diário $\geq 30,6$ °C, o que era esperado tendo em vista a superioridade do valor de ITU máximo diário. Assim, como também era esperada, a ocorrência elevada dessas condições nos meses mais quentes do ano (novembro a abril), sendo o período mais crítico de dezembro a março. Os meses em questão apresentam temperatura média acima dos 20 °C tendo em vista as normais climatológicas (INMET, 2009), o que favorece as elevações dos níveis de ITU, o que é indesejável uma vez que é necessária a redução de perdas produtivas, principalmente nas fases finais de criação, sobretudo quando provocada pelo estresse térmico, reduzindo os índices zootécnicos (HAHN, 1982; COOPER & WASHBURN, 1998; TANKSON et al., 2001). Os meses de maio a setembro, por apresentarem temperaturas médias menores, entre 12 e 15 °C (Normais climatológicas - INMET, 2009), apresentam menor riscos de gerar desconforto térmico nas aves, resultados que corroboram com os encontrados por Firpo et al., (2012) e Souza et al., (2010).

O capítulo 5 descreveu a ocorrência de ondas de calor no Rio Grande do Sul levando em consideração os níveis críticos de ITU para produção de frangos de corte, sendo que os resultados encontrados no capítulo 4 serviram de base para o capítulo 5,

uma vez que era esperado que os comportamentos das ondas de calor fossem semelhantes em se tratando de estações e meses de maior ocorrência.

As médias anuais de ocorrência de ondas de calor assim como era esperado foram superiores na condição de ITU médio diário ≥ 23 °C. As ocorrências observadas de ondas de calor variaram de 1 dia de duração, condição mínima para ITU médio diário e máximo diário, e dois dias para T_{bs} em todas as estações, até o máximo de 71 dias para ITU médio diário em Iraí, e 14 dias para ITU máximo diário e T_{bs} em Cruz Alta e São Luiz Gonzaga respectivamente.

Assim como encontrado no capítulo 4, os meses que apresentaram as maiores ocorrências de ondas de calor (OC) foram os meses mais quentes do ano (novembro a abril) na maioria das estações, em casos menos expressivos houveram ocorrência de ondas de calor nos demais meses. As ondas de calor com maior frequência de ocorrência foram as mínimas registradas em cada condição, o que serve de alerta aos produtores, pois essa condição mínima é causadora de altas mortalidades em frangos de corte, conforme encontrado por Vale et al., (2010).

Em ambos os capítulos ficou constatado que as regiões do Rio Grande do Sul que apresentam risco potencial para a produção de frangos de corte, são Iraí, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga, Santa Maria e Uruguaiana. A região que se apresentou com potencial para produção é Bom Jesus. As aves por serem animais homeotérmicos são mais vulneráveis aos efeitos das altas temperaturas (HILLMAN et al., 1985), e na tentativa de reduzir os impactos causados pelo estresse por calor nessas regiões deve-se atentar para os sistemas de climatização, sendo que os mesmos devem apresentar bom funcionamento para atuar na redução da temperatura interna dos aviários e conseqüentemente temperatura corporal das aves, principalmente no período noturno, onde as instalações permanecem aquecidas em decorrência das temperaturas elevadas durante o dia, gerando altas mortalidades (VALE et al., 2010).

CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES

As ocorrências de níveis críticos de ITU médio diário ≥ 23 °C e de ondas de calor nesta condição são maiores em todas as cidades estudadas, ocorrendo com maior intensidade nos meses de novembro a abril. Observou-se também que ondas de calor de duração mínima de dois dias são as mais frequentes.

As regiões de Iraí, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga, Santa Maria e Uruguaiana, foram as que apresentaram as condições mais desfavoráveis de conforto térmico para a produção de frangos de corte no estado do Rio Grande do Sul. A região de produção e a cidade de Bom Jesus apresentaram condições favoráveis pra criação, com baixo risco.

Devido à heterogeneidade presente nos banco de dados das estações meteorológicas, o trabalho com um grande número de estações tornou-se muito laborioso, e a redução no número de estações meteorológicas não descreveria as condições de risco potencial para a produção de frangos de corte em todo o estado. As temperaturas e condições médias e máximas dos limites de conforto (ITU) levantadas neste estudo indicam as melhores e piores regiões para a avicultura e são fundamentais por estarem abrindo oportunidade para estudos focados na monitoria de dados meteorológicos regionais e para a tomada de decisão de locação de sistemas de produção de aves e investimento em instalações e equipamentos.

CÁPITULO 8: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; DA SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5, p.975-981, 2003.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional, Secretária de Defesa Civil. **Manual de desastres naturais**. Brasília, 2003.
- CHEPETE, H.J.; CHIMBOMBI, E.M.; TSHEKO, R. Production performance and temperature humidity index of broilers reared in naturally ventilated houses in Botswana. **Botswana Journal of Agriculture and Applied Sciences**, v.1, n.1, p.19-28, 2005.
- CLARK, J. A. Environmental aspects of housing for animal production. Northingham: British University of Northingham, **Page Bros Ltd**, p.510,1981.
- COOPER, M.A.; WASHBURN, K.W. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. **Poultry Science**, Stanford, v.77, n.2, p.237-242, 1998.
- FIRPO, M.A.F.; SANSIGOLO, C.A.; ASSIS, S.V. Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no Rio Grande do Sul associadas ao enos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.1, p.95-106, 2012.
- GATES, R.S. et al. Regional variation in temperature index for poultry housing. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.38, n.1, p.197-205, 1995.
- HAHN, G.L. Compensatory performance in livestock: influences on environmental criteria. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 2., 1982. **Proceedings...** St. Joseph: ASABE, p.285-294, 1982.
- HILLMAN, P. E.; SCOTT, N.R.; VAN TIENHOVEN, A. Physiological responses and adaptations to hot and cold environments. In: **Stress Physiology in Livestock**. Poultry. M. K. Yousef, ed. CRC Press, Boca Raton, FL. v. 3, p.7-71, 1985.
- INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, BR. Glossário, 2005. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/informacoes/glossario/glossario.html>. Acesso em: 16/09/2014.

- INMET**, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, BR. Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília – DF, 2009.
- IPCC**: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p.1132, 2014.
- JOHNSON, H.D. RAGSDALE A.C.; BERRY, I.L et al. **Effects of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle.** Columbia-Missouri Agricultural Experimental Station, (Research Bulletin, 791), 1962.
- LAGANÁ, C. Influência de altas temperaturas na alimentação de frangos de corte. **Pesquisa e Tecnologia**, APTA Regional, v.5, n.2, 2008.
- SALGADO, D. D.; NÄÄS, I. A. Avaliação de risco À produção de frango de corte do Estado de São Paulo em função da temperatura ambiente. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 367-376, 2010.
- SILVA, A.; NÄÄS, I. DE A. **Equipamentos para aquecimento e refrigeração.** Produção de frangos de corte. Mendes, A. A.; Nääs, I. de A.; Macari, M. (ed.). Campinas: FACTA, 356p, 2004.
- SOUZA, L.F.A. **Exposição crônica e cíclica ao calor em frangos de corte: desempenho, metabolização dos nutrientes e atividade de enzimas pancreáticas.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - UNESP, FCAV, Jaboticabal, SP, 2008. Disponível em: <http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/zoo/m/3489.pdf>. Acesso em: 16/09/2014.
- SOUZA, A.; PAVÃO, H.G.; LASTORIA, G.; GABAS, S.G.; CAVAZZANA, G.H.; FILHO, A.C.P. Um estudo de conforto e desconforto térmico para o Mato Grosso do Sul. **Revista de Estudos Ambientais** (online), v.12, n.2, p.15-25, 2010.

- 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.1.384-1.389, 2001
- TAO, X.; XIN, H. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.46, n.2, p.491-7, 2003.
- UBABEF. União Brasileira de Avicultura. Relatório Anual. 2014. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/8ca705e70f0cb110ae3aed67d29c8842.pdf>>. Acesso em: 15/12/2014.
- VALE, M.M; MOURA, D.J; NÄÄS, I.A; OLIVEIRA, S.R.M; RODRIGUES, L.H. Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. **Scientia Agricola**, v.65, n.3, p.223-229, 2008.
- VALE, M.M. ; MOURA, D.J. ; PEREIRA, D.F. Characterization of heat waves affecting mortality rates of broilers between 29 days and market age. **Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science**, v.12, p.215-221, 2010.