

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

CÍNTIA AMARAL MORAES

Estimativa de perdas econômicas e produtivas do estresse por calor e efeito de ondas de calor  
sobre o desempenho de frangos de corte em ambiente tropical

Uberlândia

2020

CINTIA AMARAL MORAES

Estimativa de perdas econômicas e produtivas do estresse por calor e efeito de ondas de calor sobre o desempenho de frangos de corte em ambiente tropical

Tese apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de doutora em Ciências Veterinárias.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento

Uberlândia

2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M827  
2020 Moraes, Cintia Amaral, 1979-  
Estimativa de perdas econômicas e produtivas do estresse por calor e efeito de ondas de calor sobre o desempenho de frangos de corte em ambiente tropical [recurso eletrônico] / Cintia Amaral Moraes. - 2020.

Orientadora: Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ciências Veterinárias.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.434>  
Inclui bibliografia.

1. Veterinária. I. Nascimento, Mara Regina Bueno de Mattos , 1964-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.

CDU: 619

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

|                                    |   |                 |         |                       |         |
|------------------------------------|---|-----------------|---------|-----------------------|---------|
| Programa de Pós-Graduação em:      | CIÊNCIAS VETERINÁRIAS   |                 |         |                       |         |
| Defesa de:                         | TESE DE DOUTORADO Nº PPGCV/014/2020   |                 |         |                       |         |
| Data:                              | 23 de julho de 2020   | Hora de início: | [14:04] | Hora de encerramento: | [17:50] |
| Matrícula do Discente:             | 11613VET001   |                 |         |                       |         |
| Nome do Discente:                  | <b>CINTIA AMARAL MORAES</b>   |                 |         |                       |         |
| Título do Trabalho:                | ESTIMATIVA DE PERDAS ECONÔMICAS E PRODUTIVAS DO ESTRESSE POR CALOR E EFEITO DE ONDAS DE CALOR SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE EM AMBIENTE TROPICAL |                 |         |                       |         |
| Área de concentração:              | PRODUÇÃO ANIMAL   |                 |         |                       |         |
| Linha de pesquisa:                 | MANEJO E EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DOS ANIMAIS, SEUS DERIVADOS E SUBPRODUTOS   |                 |         |                       |         |
| Projeto de Pesquisa de vinculação: | EFEITO DO AMBIENTE TÉRMICO SOBRE OS ANIMAIS HOMEOTÉRMICOS   |                 |         |                       |         |

Reuniu-se por Videoconferência (meio eletrônico), a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores Doutores: **Robson Carlos Antunes - UFU; Ednaldo Carvalho Guimarães - UFU; João Paulo Rodrigues Bueno - UNITRI; Cristiane Ferreira Prazeres Marchini - UNIFRAN; Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento** orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Mara Regina Bueno de Maños Nascimento, Professor(a) do Magistério Superior**, em 23/07/2020, às 18:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Robson Carlos Antunes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 23/07/2020, às 18:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Paulo Rodrigues Bueno, Usuário Externo**, em 23/07/2020, às 19:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ednaldo Carvalho Guimarães, Membro de Comissão**, em 23/07/2020, às 19:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristiane Ferreira Prazeres Marchini, Usuário Externo**, em 24/07/2020, às 16:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2135104** e o código CRC **38A7F334**.

Dedico este trabalho aos meus amigos, familiares  
e especial a minha filha e esposo por sempre  
acreditarem na minha persistência.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela força que me deu em todos os momentos de caminhada.

A minha família por sempre estar ao meu lado, em especial ao meu esposo Jaime Lúcio que contribuiu para que meu trabalho tivesse sucesso, a minha filha que sempre se espelhou na minha caminhada e aos meus pais que sempre admiraram minha dedicação aos estudos.

Agradeço a professora e amiga Dra Mara pelos ensinamentos, dedicação e esforço durante todo período de caminhada na Pós Graduação. Sempre estando pronta para me ajudar e orientar. Um exemplo de pessoa, de profissional e de ser humano, meu muito obrigada!

A professora Dra Camila e ao professor Dr Ednaldo que fizeram parte do meu trabalho e que sem eles não seria possível ter a qualidade que obtivemos.

Aos colegas de caminhada na Pós Graduação que sempre estiveram prontos a ajudarem, formando uma família acadêmica, em especial a Amanda e ao João Paulo.

Enfim, a todos que diretamente ou indiretamente me ajudaram a concluir esse grande sonho que está sendo realizado.

“Lembre-se de que os vencedores fazem aquilo  
que os perdedores não querem fazer”  
(H.Jackson Brown Jr)



## RESUMO

Alterações climáticas são consideradas desafios na criação de frangos de corte. Neste contexto, conhecer a incidência de ondas de calor e seus efeitos no desempenho de frangos são fundamentais na escolha do tipo de climatização utilizada no aviário que garanta a expressão do potencial genético e o bem-estar animal. Assim, no primeiro estudo, objetivou-se realizar o zoneamento bioclimático, a estimativa das perdas econômicas e financeiras causadas pelo estresse por calor em ambiente tropical. Para isso, calculou-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) máximo, mínimo e médio diários em oito estações meteorológicas de 2002 a 2019, duração do calor térmico acumulado em um dia (ITU Load), duração do período de estresse (D), redução no consumo de ração de aves sob estresse por calor (DMI Loss), perda no ganho de peso (Gain Loss), variação na taxa de mortalidade por estresse térmico (PDeath) e posteriormente realizados os custos de produção e as estimativas de perdas financeiras por causa do estresse por calor. Maio a agosto caracterizaram-se pelos menores riscos de desconforto térmico para a produção de frangos de corte em Araxá, Patrocínio, Conceição das Alagoas, Sacramento, Uberaba e Uberlândia e de setembro a abril houve a necessidade da utilização de sistema de condicionamento térmico artificial para minimizar as variações do ambiente térmico em todas as cidades estudadas. O desempenho foi prejudicado quando não se usou técnicas para resfriamento. A região de Ituiutaba e Campina Verde são locais desfavoráveis para a criação de frangos de corte, para indicadores zootécnicos e financeiros. No segundo estudo, objetivou-se avaliar os efeitos das ondas de calor no desempenho de frangos de corte criados em galpões semiclimatizados e climatizados e a taxa de mortalidade durante o transporte até ao abatedouro. Desse modo, calculou-se o ganho de peso diário, peso ao abate e a taxa de mortalidade de frangos “griller” criados em galpões semiclimatizados e climatizados e comparou com o número de dias de ondas de calor (0 a 2 dias (I); 3 a 6 dias (II); 7 a 10 dias (III) e maior que 10 dias (IV), além disso calculou-se a taxa de mortalidade durante transporte até o abatedouro. O sistema de resfriamento de aviários (semiclimatizados e climatizados) não interferiu no ganho de peso diário e no peso de abate, mas a taxa de mortalidade foi maior em frangos criados em sistema de semiclimatizado comparados aos criados em sistema climatizados. No galpão semiclimatizado a menor taxa de mortalidade ocorreu nos tipos de ondas I, III e IV em relação ao tipo II, no entanto o tipo II não diferiu de I e IV. A taxa de mortalidade durante o transporte até o abatedouro aumentou com o acréscimo do ITU<sub>máx</sub>. Ondas de calor com duração de 10 ou mais dias não interferem no peso ao abate e no ganho de peso diário de frangos criados em sistema semiclimatizado e em climatizado em

ambiente tropical, porém, a taxa de mortalidade de aves em galpões semiclimatizado aumenta com o acréscimo dos dias de ondas de calor. A taxa de mortalidade durante o transporte até o abatedouro aumenta com o acréscimo do ITU<sub>max</sub>.

**Palavras-chave:** Ave. Aviários. Instalações avícolas. Conforto térmico. Índice de temperatura e umidade.

## ABSTRACT

Climate change is considered a challenge in broiler breeding. In this context, knowing the incidence of heat waves and their effects on the performance of chickens is fundamental in choosing the type of air conditioning usable in the aviary that guarantees the expression of genetic potential and animal welfare. Thus, in the first study, the objective was to perform bioclimatic zoning, the estimate of economic and financial losses caused by heat stress in a tropical environment. For this, the daily maximum, minimum and average daily temperature and humidity index (THI) was calculated in eight weather stations from 2002 to 2019, duration of the thermal heat accumulated in one day (THI Load), duration of the stress period (D), reduction in the consumption of poultry feed under heat stress (DMI Loss), loss of weight gain (Gain Loss), variation in the mortality rate due to thermal stress (PDeath) and later production costs and estimates of financial losses because of heat stress. May to August were characterized by lower risks of thermal discomfort for the production of broilers in Araxá, Patrocínio, Conceição das Alagoas, Sacramento, Uberaba and Uberlândia and from September to April there was a need to use an artificial thermal conditioning system to minimize variations in the thermal environment in all cities studied. Performance was impaired when no cooling techniques were used. The Ituiutaba and Campina Verde regions are unfavorable places for the rearing of broilers, for zootechnical and financial indicators. In the second study, the objective was to evaluate the effects of heat waves on the performance of broiler chickens raised in semi-climatic and climatic sheds and the mortality rate during transport to the slaughterhouse. In this way, the daily weight gain, slaughter weight and mortality rate of “griller” chickens reared in semi-climatic and acclimatized sheds were calculated, in addition to the mortality rate during transport to the slaughterhouse. The poultry cooling system (semi-climatic and acclimatized) did not interfere with daily weight gain and slaughter weight, but the mortality rate was higher in broilers raised in a semi-climatic system compared to those raised in a climatized system. In

the semi-climatic house, the lowest mortality rate occurred in wave types I, III and IV in relation to type II, however type II did not differ from I and IV. The mortality rate during transport to the slaughterhouse increased with the addition of THI<sub>max</sub>. Heat waves lasting 10 days or more do not affect slaughter weight and daily weight gain of broilers raised in a semi-climatic system and in a climatized system in a tropical environment, however, the mortality rate of birds in semi-climatic sheds increases with the increase of heat wave days. The mortality rate during transport to the slaughterhouse increases with the addition of THI<sub>max</sub>.

**Keywords:** Poultry. Aviary. Poultry facilities. Thermal comfort. Temperature and humidity index.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO I

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Figura 1.</b> | Localização da região em estudo (Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba) no Estado de Minas Gerais ..... | 21 |
| <b>Figura 2.</b> | Aviário com sistema de ventiladores e nebulizadores, conhecido por semiclimatizado .....           | 26 |
| <b>Figura 3.</b> | Dinâmica de entrada e saída de ar em um aviário semiclimatizado .....                              | 27 |
| <b>Figura 4.</b> | Entrada e saída de ar em aviário climatizados .....  | 27 |
| <b>Figura 5.</b> | Aviários com exaustores e “pad cooling” (sistema climatizados) .....                               | 28 |
| <b>Figura 6.</b> | Pulverização da carga de frango .....  | 29 |

### CAPÍTULO II

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| <b>Fig. 1</b> | Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil mesoregion .....  | 43 |
| <b>Fig. 2</b> | Maximum THI average per mesoregion of Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil from 2002 to 2019 ..... | 45 |

### CAPÍTULO III

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| <b>Fig. 1</b> | Mortalidade no transporte (%) de frangos “griller” por mês e Índice de Temperatura e Umidade máximo (ITUMax) em ambiente tropical                           | 56 |
| <b>Fig. 2</b> | Regressão linear entre mortalidade no transporte de frangos “griller”, em %, por mês e Índice de Temperatura e Umidade máximo (ITUMax) em ambiente tropical | 57 |

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Tabela 1.</b> | Equações utilizadas para cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU)..... | 24 |
|------------------|--|----|

### CAPÍTULO II

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| <b>Table 1.</b> | Locality of weather station in Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, MG, Brazil region .....   | 43 |
| <b>Table 2.</b> | Annual loss estimative in broiler performance and heat stress intensity in natural conditions in Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil mesoregion ..... | 46 |
| <b>Table 3.</b> | Annual financial loss estimative in broiler performance in Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil mesoregion .....                                      | 46 |
| <b>Table 4.</b> | Annual financial income estimative resulting from broilers' performance in Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil mesoregion .....                      | 47 |

### CAPÍTULO III

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Tabela 1.</b> | Peso ao abate e ganho médio diário de frangos de corte (“griller”) criados em ambiente tropical conforme classificação das ondas de calor (ITU>74 e temperatura do bulbo seco > 25 °C) e tipo de galpão em ambiente tropical ...  | 56 |
| <b>Tabela 2.</b> | Mortalidade de frangos de corte até o abate (“griller”), em porcentagem, criados em aviários semiclimatizados (ventilador e nebulizador) e climatizados (ventilação túnel) conforme classificação de ondas de calor (ITU>74 e temperatura do bulbo seco > 25 °C) em ambiente tropical ..... | 56 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ITU: índice de temperatura e umidade

ITU<sub>min</sub>: índice de temperatura e umidade mínimo

ITU<sub>max</sub>: índice de temperatura e umidade máximo

ITU<sub>threshold</sub>: índice de temperatura e umidade limiar

ITU<sub>Load</sub>: índice de temperatura e umidade da carga térmica

Tar<sub>mín</sub>: Temperatura mínima de bulbo seco (°C)

Tar<sub>máx</sub>: Temperatura máxima de bulbo seco (°C)

UR<sub>mín</sub>: Umidade relativa mínima (%)

UR<sub>máx</sub>: Umidade relativa máxima (%)

D: duração do período de estresse

DMI Loss: redução no consumo de ração de aves sob estresse por calor

Gain Loss: perda no ganho de peso

PDeath: variação na taxa de mortalidade por estresse térmico

VB: valor bruto esperado

VL: valor líquido restante

VE: valor gasto para evitar o estresse dos animais por ano

VP: valor anual das perdas por aviário

IMS: ingestão de matéria seca

UFU: Universidade Federal de Uberlândia

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I- CONSIDERAÇÕES GERAIS

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | INTRODUÇÃO .....  | 19 |
| 2   | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....   | 19 |
| 2.1 | A importância da produção de frangos de corte para a economia brasileira .....      | 19 |
| 2.2 | Criação de frangos de corte na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba .....   | 21 |
| 2.3 | Caracterização dos elementos climáticos do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba ..... | 21 |
| 2.4 | Efeitos do estresse por calor no desempenho de frangos de corte .....               | 22 |
| 2.5 | Índice de Temperatura e Umidade (ITU) .....   | 23 |
| 2.6 | Zoneamento bioclimático .....   | 25 |
| 2.7 | Ondas de calor .....  | 25 |
| 2.8 | Condicionamento térmico em aviários semiclimatizados e climatizados .....           | 26 |
| 2.9 | Condicionamento térmico no transporte .....   | 28 |
| 3   | OBJETIVOS .....   | 30 |
|     | REFERÊNCIAS .....   | 31 |

### CAPÍTULO II- BIOCLIMATIC MAPPING AND ECONOMIC AND PERFORMANCE LOSSES CAUSED BY HEAT STRESS IN BROILERS IN TROPICAL ENVIRONMENT

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Abstract .....              | 41 |
| Introduction .....          | 42 |
| Materials and methods ..... | 42 |
| Results .....               | 44 |
| Discussion .....            | 47 |
| Conclusions .....           | 48 |
| References .....            | 48 |

### CAPÍTULO III- EFEITOS DE ONDAS DE CALOR NO DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE EM AMBIENTE TROPICAL

|                           |    |
|---------------------------|----|
| Resumo .....              | 52 |
| Introdução .....          | 53 |
| Materiais e métodos ..... | 54 |
| Resultados .....          | 55 |
| Discussão .....           | 57 |
| Conclusões .....          | 59 |
| Referências .....         | 60 |



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

|  |    |
|--|----|
| Anexo A - Normas do Periódico “ <i>International Journal of Biometeorology</i> ” ..... | 62 |
|--|----|

**Capítulo 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**  
(Escrito de acordo com as normas da Biblioteca-UFU)

## **1 INTRODUÇÃO**

Aves sob situação de estresse por calor, procuram manter sua homeostase, alterando o comportamento, reduzindo a atividade locomotora, aumentando a atividade respiratória, abrindo as asas, aumentando o consumo de água e reduzindo o consumo de ração, fatores que interferem diretamente nos resultados zootécnicos como conversão alimentar, ganho de peso, rendimento e qualidade de carcaça (MACK et al., 2013; LARA; ROSTAGNO, 2013). Quando a alteração do comportamento da ave não é suficiente para minimizar o estresse, o organismo responde com alterações metabólicas e fisiológicas, ocorrendo o aumento da temperatura retal, vasodilatação periférica e aumento da frequência respiratória, podendo desenvolver um quadro de alcalose (MELLO et al., 2018).

Alterações climáticas no mundo têm como consequências variações nos elementos ambientais como: aumento da temperatura, ausência de ventos e elevada umidade do ar, causando danos à saúde dos seres vivos e ao meio ambiente (NORTE et al., 2007; ZUO et al., 2015). O frango de corte possui pouca habilidade de troca térmica com o ambiente; quando estão fora de sua zona de termoneutralidade e se não ocorrer uma compensação como forma de equilíbrio, haverá prejuízos zootécnicos no lote.

Para uma produção de frangos de corte bem sucedida, em ambiente tropical, tornam-se necessários estudos bioclimáticos com caracterização do ambiente térmico e estudos financeiros. Desta maneira será possível a escolha adequada do sistema de resfriamento do aviário para minimizar os desafios climáticos das altas temperaturas e das ondas de calor para se obter bons resultados zootécnicos.

Neste estudo objetivou-se realizar o zoneamento bioclimático, calculando as perdas econômicas e financeiras, bem como avaliar os efeitos das ondas de calor no desempenho de frangos de corte em galpões climatizados ou não em ambiente tropical.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A importância da produção de frangos de corte para a economia brasileira**

A população mundial em 2019 atingiu o número de 7,7 bilhões de habitantes, com projeções de um crescimento de 2 bilhões para os próximos 30 anos, de acordo com o Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas (TEIXEIRA, 2018). Esse mesmo autor afirma ainda que o aumento no consumo per capita de alimentos de origem animal no mundo ocorreu em função do crescimento populacional e da melhoria financeira dos

consumidores. Além disso cita que produzir alimentos de origem animal de qualidade e de forma sustentável para atender a demanda mundial se tornou um grande desafio para o Brasil neste século, em função da diversidade climática encontrada dentro do país.

A produção de carne de frango tornou-se importante na alimentação humana de todo mundo, sendo um setor da economia brasileira que mais vem contribuindo positivamente para o desenvolvimento do país, em que a produção de carne de frango elevou o Brasil a líder na exportação mundial e como terceiro maior na produção mundial (ABPA, 2020). O mesmo autor afirma que, que em 2018 o Brasil produziu 12,9 milhões de toneladas de carne de frango e dessa produção, 68% foram comercializadas no mercado interno e 32% no mercado externo, tornando-se o maior exportador de carne de frango, com 67% em forma de cortes, 26% inteiros, 3% salgados, 2% industrializados e 2% embutidos.

Nesse cenário de avanço no agronegócio brasileiro, a produção de frango teve destaque quando comparada a outros mercados de carne, pelo fato da atividade apresentar um ciclo produtivo rápido, além dos níveis tecnológicos muito avançados na criação e de ser também uma fonte de proteína com menor valor para a população, contribuindo para a economia do país (FERNANDES; PANIAGO; LIMA., 1989; RICHETTI; SANTOS, 2000; GRIESER et al., 2015). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, entre as carnes, as que projetam maiores taxas de crescimento da produção nos próximos 10 anos, são: a carne de frango (2,6%), a suína (2,5%) e a bovina (1,7%) ao ano (BRASIL, 2019).

Em 1970, o consumo per capita anual de carne de frango era 4 kg no Brasil, em 2018, o consumo per capita subiu para 42 kg e a projeção de consumo é que em 2028 chegue a 55,8 kg por habitantes (BRASIL, 2018; EMBRAPA, 2019). No período de 10 anos (entre 2007 a 2017), o consumo per capita no Brasil aumentou cerca de 11%, sendo que neste mesmo período a população cresceu em torno de 10%. Esses valores evidencia o admirável crescimento do setor em disponibilizar proteína animal e por ofertar volume superior ao do crescimento populacional, demonstrando o papel da produção de carne de frango como fonte de abastecimento de proteína no mercado interno e também o potencial expressivo para ofertar ao mercado externo (BRASIL, 2018).

Em 2018, o Estado de Minas Gerais foi classificado como o sexto maior estado produtor de carne de frango no Brasil (7,3%, com volume de 988 mil toneladas, ficando atrás do Estado do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Goiás) e o sétimo maior estado exportador do Brasil (2,9% com volume de 116 mil toneladas) (EMBRAPA, 2019; ABPA, 2020). A criação de frangos de corte está presente na grande maioria dos municípios mineiros, tendo o cadastro de propriedades voltadas tanto para a produção industrial quanto para à

subsistência. Há o registro de 2.019 granjas avícolas comerciais ativas no estado de Minas Gerais, sendo que do total, 1.804 são granjas de frangos de corte, 199 granjas de postura de ovos de consumo e 16 granjas classificadas como outras aves, como codornas (BRASIL, 2018).

## 2.2 Criação de frangos de corte na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba

O Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba é uma das 12 mesorregiões do Estado de Minas Gerais (figura 1), composto de 66 municípios, com um total de 2,4 milhões de habitantes, com uma área de 90.541 km<sup>2</sup>, possuindo a segunda maior economia do estado (IBGE, 2018). Essa mesorregião detém uma aptidão pela produção agrícola em função do tipo de clima e solo que favorece o crescimento e a produção em grande escalaculturas como, o milho e a soja, servindo de insumos para a produção avícola (CASTANHO et al., 2013).

**Figura 1.** Localização da região em estudo (Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba) no Estado de Minas Gerais



Fonte: IBGE (2012)

Na última década, o setor de produção de frangos de corte no Brasil teve um crescimento de 223,5%, onde Minas Gerais teve uma participação efetiva no desempenho da cadeia produtiva, sendo reflexo do processo de reestruturação industrial, adotando novas técnicas de organização industrial em larga escala, de mudanças tecnológicas e de melhorias nas técnicas de manejo, nutrição e sanidade das aves no campo (BRASIL, 2018).

## 2.3 Caracterização dos elementos climáticos do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba

Clima é considerado como o principal componente ambiental natural, que afeta os processos geomorfológicos, a formação dos solos, o crescimento e desenvolvimento das plantas

e dos animais. Portanto, faz-se necessários estudos que permitam compreender a atuação do clima sobre determinado ambiente e as resoluções humanas que serão tomadas a partir destes estudos (AYOADE, 2010; DUCAN et al., 2013). Segundo Yazid e Humphries (2015) e Nobre et al. (2016), a maioria das condições de vida é dependente dos elementos meteorológicos os quais interferem diretamente na saúde e cotidiano das pessoas como também no desenvolvimento das atividades econômicas, como no ecossistema e na biodiversidade.

O Estado de Minas Gerais ocupa uma área correspondente a 7% de todo território nacional, com mais de 582 mil km<sup>2</sup> e ampla variabilidade climática (TONIETTO; VIANELLO; REGINA, 2006). A região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba possui um regime pluviométrico semelhante ao de toda a região central do Brasil, com índice pluviométrico anual de 1.200 a 1.500 mm (MELLO; VIOLA, 2013), com dois períodos definidos que duram cerca de seis meses cada um: verão chuvoso, de novembro a abril e um inverno seco, de maio a outubro (SANTOS, 2015; REBOITA et al., 2017). A temperatura média anual da região do Triângulo Mineiro é de 23 °C a 25 °C, com médias das mínimas em torno de 16 °C e 18 °C e médias das máximas que marcam entre 26 °C e 32 °C (ALVES; ROSA, 2008).

Na classificação de Koppen-Geiger, a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba como clima tropical de savana (Cerrado) com estação seca no inverno, utilizando como critério a precipitação mínima no inverno menor que 60 minutos (REBOITA et al., 2015).

#### **2.4 Efeitos do estresse por calor no desempenho de frangos de corte**

No ambiente térmico para a produção de frangos de corte, são fundamentais alguns aspectos para o correto funcionamento do sistema de criação como: entender o funcionamento da termorregulação das aves; o clima da região em que a criação será inserida e a forma de condicionamento térmico que se pretende trabalhar (CARVALHO, 2012). Os elementos meteorológicos como temperatura ambiente e umidade do ar dentro do conforto térmico para as aves influenciam positivamente, porém acima da zona de conforto do frango de corte a influencia será negativa (LARA; BAIÃO, 2005). Neste contexto, a definição de sensação térmica citada por Paulino et al. (2019) é a junção dos efeitos da temperatura, umidade do ar e velocidade do vento.

As aves com 1 a 14 dias de idade não possuem um sistema de termorregulação bem desenvolvido, ocorrendo assim uma grande dificuldade em reter o calor. Em contrapartida, as aves a partir de 14 dias de idade quando expostas a altas temperaturas ambiente (acima de sua zona de termoneutralidade), podem ter comprometimento da manutenção de sua homeotermia, apresentando bloqueios na eliminação do calor corporal excessivo (MENEGALI et al., 2013),

causando aumento de calor interno, o que pode se tornar letal em casos extremos (JULIAN, 2005), sendo motivo de maior preocupação no final do ciclo de produção de frangos de corte criados em ambiente tropical.

Os índices zootécnicos na criação de frango de corte dependem da temperatura efetiva, resultado da interação dos efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade do ar, da radiação solar e da velocidade do vento no ambiente que a ave está inserida (RODRIGUES et al., 2009; BAÊTA; SOUZA, 2010; GARCIA et al., 2012), e que podem ser agravados com outros fatores como densidade no aviário e alimentação (MACARI ; FURLAN, 2001). Entretanto, a ligação dos elementos meteorológicos e os mecanismos fisiológicos fazem com que o principal condicionante para fornecer ao animal o conforto térmico, seja a relação entre temperatura e umidade do ar (HONJO, 2009).

A capacidade de alojamento deve ser respeitada, pois a alta densidade de criação dentro da instalação dificulta a troca de calor e piora a sensação térmica (GUNDIM et al., 2015, ALVES; ALBUQUERQUE; BATISTA., 2016; ANDRADE; FREITAS, 2018; BRAGA et al., 2018). O ajuste do ambiente no interior dos aviários de frango de corte se torna ideal para obter bons resultados, principalmente onde predomina altas temperaturas do ar durante a maioria dos meses (LAVOR; FERNANDES; SOUZA, 2008).

A temperatura corporal profunda das aves é de aproximadamente 41 °C e para que essa temperatura se mantenha é necessário que ocorra a dissipação de calor para o ambiente, condições dificultadas em dias mais quentes pela ausência de glândula sudorípara e presença de penas nas aves (LUDTKE et al., 2010). Quando a umidade e temperatura são elevadas, o frango terá dificuldade em perder calor por evaporação. A ave na tentativa de manter a homeotermia, promove alterações fisiológicas e comportamentais que influenciará nos resultados zootécnicos (OLIVEIRA et al., 2006; SILVA et al., 2015).

O estresse pelo calor pode prejudicar o desempenho zootécnico de frangos de corte, causando prejuízos financeiros e constituindo como um dos principais fatores de perdas produtivas em regiões tropicais.

## **2.5 Índice de Temperatura e Umidade (ITU)**

Para a análise do conforto térmico, diversos índices de estresse térmico empíricos foram desenvolvidos e estão disponíveis na literatura, considerando o efeito combinado dos elementos meteorológicos, como radiação solar, temperatura do ar, umidade do ar e velocidade do vento (OLIVEIRA; KNIES, 2019). O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) criado por Thom (1959) para avaliar conforto térmico para humanos e ao longo dos tempos foi sendo adaptado

para avaliar conforto térmico em espécies de animais de interesse zootécnico e destacou-se pelo uso de informações meteorológicas facilmente disponíveis em bancos de dados de estações meteorológicas (OLIVEIRA et al., 2006; OLIVEIRA; KNIES, 2019; OLIVEIRA et al., 2019) (Tabela1).

Azevedo (2005) afirmou que a associação da umidade e da temperatura do ar propicia um excelente indicador de conforto térmico, chamado Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Esse índice vem sendo usado na avaliação das características bioclimáticas dos aviários para frango de corte, verificando a efetividade das instalações em relação ao conforto térmico (MENEGALI et al., 2009; ROCHA et al., 2010).

Tabela 1. Equações utilizadas para cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para animais de produção.

| <b>Equação</b>   | <b>Autor</b>                          |
|--|---------------------------------------|
| $ITU = 0,4 \times (Tbs + Tbu) \times 1,8 + 32 + 15$  | (THOM, 1959)                          |
| $ITU = (Tbs \times 0,15 + Tbu \times 0,85) \times 1,8 + 32$                                | (BIANCA, 1962)                        |
| $ITU = (Tbs \times 0,35 + Tbu \times 0,65) \times 1,8 + 32$                                | (BIANCA, 1962)                        |
| $ITU = (1,8 \times Tbs + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times UR) \times (1,8 \times Tbs - 26,8)]$ | (NRC, 1971)                           |
| $ITU = (0,55 \times Tbs + 0,2 \times Tpo) \times 1,8 + 32 + 17,5$                          | (NRC, 1971)                           |
| $ITU = (Tbs + Tbu) \times 0,72 + 40,6$   | (NRC, 1971)                           |
| $ITU = Tbs + (0,36 \times Tbs) + 41,2$   | (YOUSEF, 1985)                        |
| $ITU = (0,8 \times Tbs) + [(UR/100) \times (Tbs - 14,4)] + 46,4$                           | (MADER; DAVIS;<br>BROWN-BRANDL, 2006) |
| $ITU = 3,43 + 1,058 \times Tbs - 0,293 \times UR + 0,0164 \times Tbs \times UR + 35,7$     | (BERMAN et al., 2016)                 |

\*Tbs: temperatura de bulbo seco, Tbu: temperatura de bulbo úmido, Tpo: temperatura do ponto de orvalho; UR: umidade relativa (%).

Nas instalações de criação de frangos de corte, o ambiente térmico é fundamental para preservar a temperatura corporal durante as variações térmicas ambientais (ABREU et al., 2012). Quando o ITU está acima da faixa determinada para conforto térmico, o animal se apresentará em situação de estresse por calor, já que os mesmos são sensíveis a variações (ANGELO; NAAS; VENDRAMETTO, 2014). O ITU é usado para deduzir padrões históricos mensais e sazonais de estresse por calor para frangos, quando o ambiente é considerado confortável, o ITU é menor que 74; em situações de alerta, o ITU estará entre 74 e 79; em situações de perigo, o ITU estará entre 79 e 84; e em situações de emergência, acima de 84



(NSCR, 1976; LALLO et al., 2018). Gates et al. (1995) também consideraram um ambiente confortável para frangos de corte quando o ITU está menor ou igual a 74.

## **2.6 Zoneamento Bioclimático**

O Brasil possui uma ampla extensão territorial, com variações no relevo, na vegetação e diferenciações climáticas, característica de cada região, em função das variações de temperatura e umidade (SANTOS, 2015). Assim, torna-se necessário conhecer e entender a dinâmica das condições climáticas de uma região, para uma possível adequação das práticas de manejo (ABREU; ABREU, 2011; SILVA et al., 2015).

O zoneamento bioclimático é o estudo detalhado de uma região, caracterizando os locais dentro da mesma, com melhores condições ambientais para se implantar na criação de determinada espécie animal. Baêta e Souza (2010) enfatizaram que os elementos meteorológicos, temperatura do ar e umidade relativa, estão diretamente ligados com o estado de conforto térmico, sendo que em temperaturas muito altas, a dissipação de calor está relacionada com a umidade do ar.

O banco de dados meteorológicos disponível na rede mundial de computadores possibilita realizar o zoneamento bioclimático baseado no índice de temperatura e umidade (ITU). Este índice estabelece condições ideais de conforto térmico para uma determinada espécie a ser criada em uma determinada região geográfica (FURTADO; CRISPIM, 2015; OLIVEIRA et al., 2017b).

## **2.7 Onda de calor**

Não há padronização na definição de onda de calor, sendo usualmente definido como o período de tempo em que a temperatura do ar máxima diária excede o limite tolerável para cada espécie. Vários fatores ajudam uma onda de calor a ser considerado como um fator extremo, sendo um período de dias com resfriamento e posteriormente com 2 ou mais dias com ITU na categoria de perigo e emergência (BROWN-BRANDL et al., 2008). Williams et al. (2013) denominaram como períodos de ondas de calor quando considerado mais de três dias consecutivos de temperatura máxima superior a 24 °C.

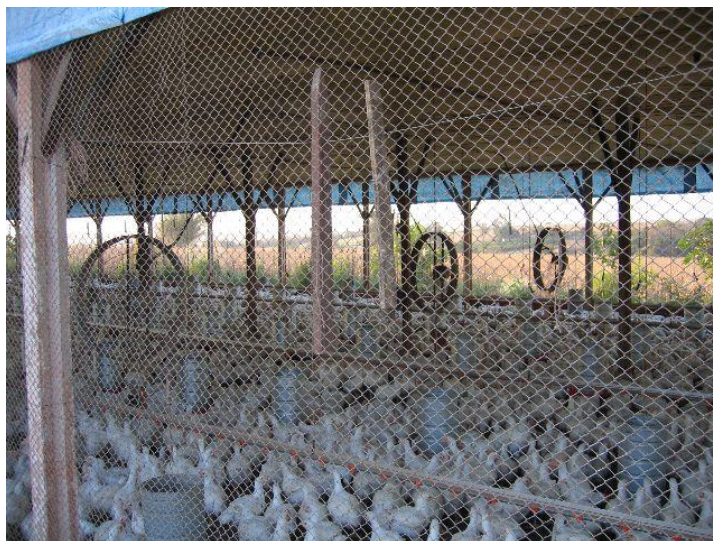
As ondas de calor são nocivas para frangos de corte, pois aumentam a mortalidade e reduzem o desempenho dos lotes (ST-PIERRE et al., 2003; VALE et al., 2010; NÄÄS et al., 2010). Fisiologicamente podem causar ofegação nas aves, levando a um quadro de alcalose respiratória em função do aumento do pH sanguíneo (TOYOMIZU et al., 2005; ABIDIN; KHATOON, 2013).

## 2.8 Condicionamento térmico em aviários semiclimatizados e climatizados

Antes de projetar a construção de aviários deve-se buscar informações sobre o tipo de clima da região e o tipo mais apropriado de condicionamento ambiental (ventilação, exaustão e nebulização) e os seus custos de implantação que podem onerar o sistema produtivo, desse modo contribuirá com a boa produtividade dos lotes de frangos de corte (PERDOMO, 2001; SILVA; GANECO, 2016; OLIVEIRA et al., 2017; OLIVEIRA; KNIES; 2019).

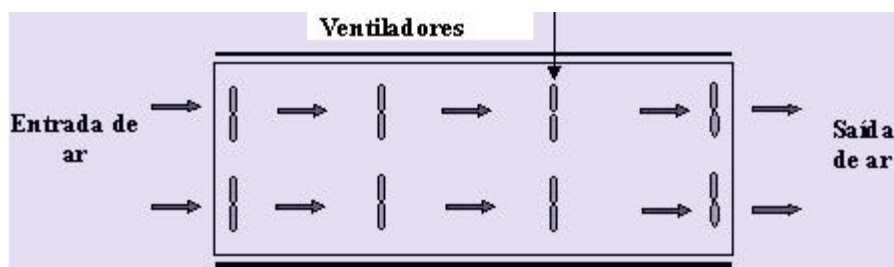
Aviários com sistema semiclimatizado, conhecido também por aviários com ventilação artificial tipo túnel com pressão positiva e fluxo de ar longitudinal (figuras 2 e 3) são instalações que possui comedouro tubular ou automático, bebedouro pendular ou nipple e ventiladores em pressão positiva (dispostos no sentido longitudinal ou transversal), podendo ou não ter forro, com cortina nas laterais. Já no sistema climatizado, conhecido também por aviários com ventilação artificial tipo túnel com pressão negativa e fluxo de ar longitudinal e sistema de cortina de água (ou pad cooling) (figuras 4 e 5) ocorre o controle das condições térmicas ambientais. Nas suas instalações há presença de comedouros automáticos, bebedouros tipo nipple e exaustores em pressão negativa. O sistema de resfriamento pode ser por nebulização ou “pad cooling”. Pode ter ou não forro (cortina de ráfia amarela, azul, branca ou reflexiva) (ABREU; ABREU, 2000; ABREU; ABREU, 2011).

**Figura 2.** Aviário com sistema de ventiladores e nebulizadores, conhecido por semiclimatizado.



Fonte: Arquivo pessoal.

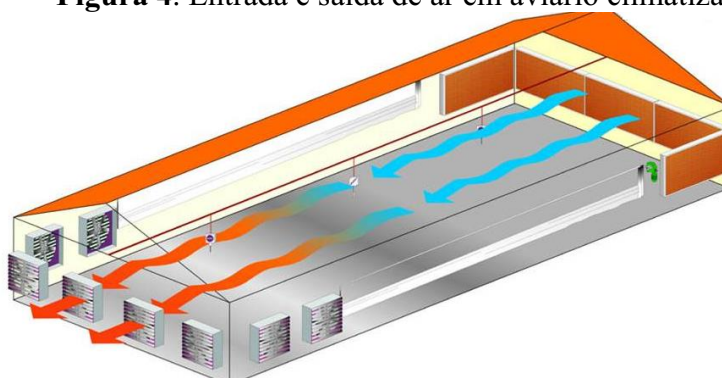
**Figura 3.** Dinâmica de entrada e saída de ar em um aviário semiclimatizado.



Fonte: Embrapa (2003).

No sistema climatizado, também conhecido como túnel de ventilação, os aviários possuem exaustores em uma extremidade (em uma ponta), lado oeste do galpão e/ou na extremidade lateral e do lado oposto (na outra ponta), no leste (figura 4), há entrada de ar que passa pelas placas evaporativas (figura 5), conhecidas também como “pad cooling” (DAMASCENO et al., 2010). Nestas placas geralmente são utilizados blocos cerâmicos ou painéis de celulose, há presença de poros onde percorre água por ela mesma e na medida que a água circula e quando o ar quente passa pela água na placa, transfere o calor para a água, evaporando-a, entrando um ar mais frio, amenizando a temperatura no interior do galpão (TINOCO, 2004; ABREU; ABREU, 2011; ANDREAZZI et al., 2018). Neste sistema, o ambiente é mantido todo fechado e bem vedado por forração e cortinas laterais, favorecendo uma ventilação relativamente uniforme distribuída em toda área interior do aviário. O ar desloca a uma velocidade média de 2,5 metros por segundo no sentido leste-oeste do galpão, removendo ar quente, poeira e excesso de umidade (NOWICKI et al., 2011).

**Figura 4.** Entrada e saída de ar em aviário climatizado.



Fonte: Embrapa (2003).

**Figura 5.** Aviários com exaustores e “pad cooling” (sistema climatizado).



Fonte: Arquivo pessoal.

Entretanto, apesar da importância da criação de frangos de corte na mesoregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba e também dos efeitos das mudanças climáticas na produção de frangos, são escassas as investigações sobre o efeito das ondas de calor no desempenho de frangos de corte criados em galpões climatizados e semiclimatizados, bem como a previsão das perdas econômicas.

## 2.9 Condicionamento térmico no transporte

As condições ambientais externas durante o transporte de frangos do aviário até o abatedouro exercem influência na taxa de mortalidade e na qualidade de carne, podendo ocorrer perda econômica se descumpridas as normas de bem-estar animal, como a densidade nas caixas de transporte, ventilação, temperatura e umidade do ar (JIANG et al., 2015; CROCKRAM; DULAL, 2018). Durante o transporte das aves, a tendência do ar é formar núcleos térmicos em diversos pontos da carga, uma vez que neles haverá pouca ventilação e altas temperaturas. Na tentativa de reduzir os efeitos gerados, adotam-se como medidas, como a aspersão de água nas caixas com frangos e a realização do transporte em horários mais amenos (BARBOSA FILHO, 2008; GOMES et al., 2017; TAMZIL et al., 2018) (Figura 6).

O microclima gerado no caminhão que carrega os frangos para o abatedouro foi relatado como a principal causa de mortalidade durante o transporte, seguida pela densidade da carga, peso e idade das aves, estado de saúde, duração do transporte e distância do percurso (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN et al., 2012). Vecerek et al. (2016) afirmaram que o estresse por calor, principalmente no verão, elevou a mortalidade de aves durante o transporte por causa que a termorregulação é prejudicada pois há falhas na ventilação na carga de caixas de frango.

**Figura 6.** Pulverização da carga de frango.



Fonte: Arquivo pessoal.

Dessa forma, frente a participação efetiva da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba como importante produtora de frangos de corte, faz-se necessário realizar uma estimativa financeira sobre as perdas que podem ser geradas quando as aves são expostas ao estresse térmico, na tentativa de evitar ou minimizar prejuízos decorrentes. Além disso, é interessante identificar as perdas financeiras e zootécnicas nos aviários durante a criação e também durante o transporte das aves até o abatedouro, geradas com a incidência de períodos de onda de calor no ambiente tropical sobre a criação de frangos de corte.

### **3 OBJETIVOS**

Neste estudo objetivou-se realizar o mapeamento bioclimático e estimar financeiramente as perdas ocorridas na criação de frangos de corte submetidos ao estresse por calor em ambiente tropical e investigar os efeitos de ondas de calor no desempenho zootécnico e na taxa mortalidade durante o transporte dos frangos de corte do aviário até o abatedouro.

## REFERÊNCIAS

- ABIDIN, Z.; KHATOON, A. Heat stress in poultry and the beneficial effects of ascorbic acid (vitamin C) supplementation during periods of heat stress. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 69, n. 1, p. 135-152, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933913000123>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1017/S0043933913000123>. Acesso em: 03 jan. 2019.
- ABREU, P.G.; ABREU, V.M.N. Ventilação na avicultura de corte. Embrapa suínos e aves. ISSN 0101-6245. Versão eletrônica. 50 p. Concórdia, SC. 2000. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58306/1/doc63.pdf>. Acesso em: 27 jul.2020.
- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 1-14, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/42704/1/os-desafios-da-ambiencia-sobre-os-sistemas.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2020.
- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; HASSEMER, M. J.; TOMAZELLI, I. L. Medidas morfológicas em função do peso e da idade da ave, por meio de imagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 795-801, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000700014>. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v16n7/14.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- ALVES, K. A.; ROSA, R. Espacialização de dados climáticos do cerrado mineiro. **Revista Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 2, p. 1-28. 2008. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/53000315/3990-14782-1-PB>. Acesso em: 09 jan. 2019.
- ALVES, M. G. M.; ALBUQUERQUE, L.F; BATISTA, A. S. M. Qualidade da carne de frangos de corte. **Essentia**, Sobral, v. 17, n. 2, p. 64-86, 2016. ISSN 1516-6406. Disponível em: <http://essentia.uvanet.br/index.php/ESSENTIA/issue/view/7> . Acesso em: 03 jan. 2020.
- ANDRADE, L.; FREITAS, E. S. Efeitos da densidade populacional sobre o desempenho produtivo em frangos de corte em diferentes tipos de aviários. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000600018>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982004000600018](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982004000600018). Acesso em: 13 fev. 2020.
- ANDREAZZI, M. A., PINTO, J. S., SANTOS, J. M. G., CAVALIERI, F. L. B., MATOS, N. C. S.; BARBIERI, I. O. Desempenho de frangos de corte criados em aviário convencional e dark-house. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Vale do Rio Verde, v. 16 n. 1, p. 1-6. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v16i1.4912>. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4912>. Acesso em: 03 jan. 2020.
- ANGELO, M. S. P.; NAAS, I.; VENDRAMETTO, O. Programa computacional para a estimativa de conforto térmico na produção intensiva de suínos e frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 22, n. 6, p. 535-542, 2014. DOI:



<http://doi.org/10.13083/1414-3984.v22n06a04>. Disponível em:  
<https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/417>. Acesso em: 13 fev. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual**. 2019. Disponível em: <http://cleandrodias.com.br/wp-content/uploads/2019/05/RELATO%C3%ACRIO-ANUAL-ABPA-2019.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual**. 2020. Disponível em: [https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa\\_relatorio\\_anual\\_2020\\_portugues\\_web.pdf](https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf). Acesso em: 29 ago. 2020.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 14. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1516-35982005000600025>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982005000600025&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982005000600025&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 03 jan. 2020.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010.

BARBOSA FILHO, J. A. D. **Caracterização quantiquantitativa das condições bioclimáticas e produtivas nas operações pré-abate de frangos de corte**. 2008. 175f. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, SP. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11131/tde-17072008-153053/>. Acesso em: 11 mar. 2020.

BERMAN, A.; HOROVITZ, T.; KAIM, M.; GACITUA, H. A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index 241 for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 60, n. 10, p. 1453-1462. 2016. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26817655>. Acesso em: 10 fev. 2020

BIANCA, W. Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. **Nature**, London, v. 195, p. 251–252, 1962. DOI: <https://doi.org/10.1038/195251a0>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/195251a0>. Acesso em: 15 fev. 2020.

BRAGA, J. S.; MACITELLI, F.; LIMA, V. A.; DIESEL, T. O modelo dos “Cinco Domínios” do bem-estar animal aplicado em sistemas intensivos de produção de bovinos, suínos e aves. **Revista Brasileira de Zootecias**, Juiz de Fora, v. 19, n. 2, p. 204-226, 2018. DOI: <https://doi.org/10.34019/2596-3325.2018.v19.24771>. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/zoociencias/article/view/24771>. Acesso em: 15 fev. 2020.



BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2017/18 a 2027/28 projeções de longo prazo** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: MAPA/ACE, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: MAPA/ACE, 2019.

BROWN-BRANDL, T. M. Heat stress in feedlot cattle. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, Wallingford, v. 3, p. 1-14, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20083016>. Disponível em: <https://www.cabi.org/cabreviews/review/20083057782>. Acesso em: 15 fev. 2020.

CARVALHO, L. S. S. Nutrição de poedeiras em clima quente. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, v. 18, p.1-15, 2012.

CASTANHO, G. K. F.; MARSOLA, F. C.; MCLELLAN, K. C. P.; NICOLA, M.; MORETO, F.; BURINI, R. C. Consumo de frutas, verduras, legumes associado à síndrome metabólica e seus componentes em amostra populacional adulta, **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 385-392, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csc/2013.v18n2/385-392/es/>. Acesso em: 10 jan. 2020.

CROCKRAM, M. S.; DULAL, K. J. Injury and mortality in broilers during handling and transport to slaughter. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 98, p. 416–432, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1139/cjas-2017-0076>. Disponível em: <https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/cjas-2017-0076>. Acesso em: 02 abr.2020.

DAMASCENO, F. A.; YANAGI JUNIOR, T.; LIMA, R. R., GOMES, R. C. C.; MORAES, S. R. P. Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 1031-1038, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000400033>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542010000400033](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542010000400033). Acesso em: 15 fev. 2020.

DUNCAN, J. M. A.; BIGGS, E. M.; DASH, J.; ATKINSON, P. M. Spatio-temporal trends in precipitation and their implications for water resources management in climate-sensitive Nepal. **Applied Geography**, Oxford, v. 43, p. 138-146. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.06.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143622813001458>. Acesso em: 15 fev. 2020.

EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Suínos e Aves**. Sistema de Produção, 2.jul/ 2003. Revista Eletrônica. ISSN 1678-8850. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/aves/Ventila-artificial-2.html>. Acesso em: 09 fev. 2020.

EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Suínos e Aves**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-eaves/cias/estatisticas>. Acesso em: 14 fev. 2020.

FERNANDES, S. A.; PANIAGO, E.; LIMA J. E. Análises de políticas relacionadas com a demanda e a oferta de carnes no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 556-561, 1989.

FURTADO, G. D.; CRISPIM, M. C. Avaliação do comportamento em campo de um rebanho de caprinos das raças Saanen e Parda Alpina no Semiárido como contribuição para o entendimento do impacto do aquecimento global. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v.9, p.28-36, 2015. Revista Eletrônica. ISSN: 1981 – 1268. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/19159>. Acesso em: 12 jan. 2019.

GARCIA, R. G.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; CALDARA, F. R.; NÄÄS, I. A.; PEREIRA, D. F.; FERREIRA, V. M. O. S. Selecting the most adequate bedding material for broiler production in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 71-158, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2012000200006>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-635X2012000200006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-635X2012000200006&script=sci_arttext). Acesso em: 15 fev. 2020.

GATES, R. S.; ZHANG, H.; COLLIVER, D. G.; OVERHULTS, D. G. Regional variation in temperature index for poultry housing. *Transactions of the ASABE*, St. Joseph, v. 38, n. 1, p. 197-205, 1995. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.27830> Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=27830>. Acesso em: 15 fev. 2020.

GRIESER, D. O.; MARCATO, S. M.; FURLAN, A. C.; ZANCANELA, V.; DEL VESCO, A. P.; BATISTA, E.; PASQUETTI, T. J.; EUZÉBIO, T. C. Estudo do crescimento e composição corporal de linhagens de codornas de corte e postura. **Acta Tecnológica**, São Luís, v. 10, n. 2, p. 23-37, 2015. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.ifma.edu.br/index.php/actatecnologica/article/view/280>. Acesso em: 15 fev. 2020.

GUNDIM, L. F.; RODRIGUES, E. A.; BLANCA, W. T.; COLETO, A. F.; MEDEIROS, A. A. Causas de condenações de frangos de corte relacionadas a manejo e ambiência. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 515-522, 2015. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/agrarias/Causas%20de%20condenacao%20de%20frangos.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

HONJO, T. **Thermal comfort in outdoor environment**. *Global Environmental Research*. 13, 43–47, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal**. 2018. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa101983>. Acesso em: 12 fev.2020.

JIANG, N. N.; XING, T.; WANG, P.; XIE, C.; XU, X. L. Effects of Water-misting Sprays with Forced Ventilation after Transport during Summer on Meat Quality, Stress Parameters, Glycolytic Potential and Microstructures of Muscle in Broilers. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Korea, v.28, n. 12, p.1767-1773. 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.5713/ajas.15.0152>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26580445/>. Acesso em: 01 mar. 2020.

JULIAN, R. J. Production and growth related disorders and other metabolic diseases of poultry – a review. **The Veterinary Journal**, London, v. 169, n.3, p. 350- 369, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.04.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090023304001121>. Acesso em: 15 fev. 2020.

LALLO, C.; COHEN, J.; RANKINE, D.; TAYLOR, M.; CAMBELL, J.; STEPHENSON, T. Characterizing heat stress on livestock using the temperature humidity index (THI)—prospects for a warmer Caribbean. **Regional Environmental Change**, New York, v. 18, p.2329–2340, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1359-x>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-018-1359-x>. Acesso em: 15 fev. 2020.

LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C. Estresse calórico em aves. In: Pereira, J. C. C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, cap 15, p.165-180, 2005.

LARA, L. J.; ROSTAGNO, M. H. Impact of heat stress on poultry production. **Animals**, Basel, v. 3, p. 356-369, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani3020356>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/3/2/356>. Acesso em: 13 fev. 2020.

LAVOR, C. T. B.; FERNANDES, A. A. O.; SOUZA, F. M. Efeito de matérias isolante térmicos em aviários no desempenho de frango de corte. **Revista Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 308-316, 2008. Disponível em: <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/65>. Acesso em: 10 jan. 2020.

LUDTKE, C.B.; CIOCCA, J. R. P.; DANDIN, T.; BARBALHO, P. C.; VILELA, J. A. **Abate humanitário de aves**. Rio de Janeiro: WSPA, Brasil, 2010.

MACK, L. A.; FELVER-GANT, J. N.; DENNIS, R. L.; CHENG, H. W. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 92, p. 285-294, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02589>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/poultry-science>. Acesso em: 13 fev. 2020.

MACARI, M.; FURLAN, R. L. Ambiência na produção de aves de corte. In: SILVA, I.J.O. (Ed.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, v. 1, p. 31-87, 2001

MADER, T. L.; DAVIS, M. S.; BROWN-BRANDL, T. Environmental factor influencing heat stress in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 3, p. 712-719, 2006. DOI: <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/84/3/712/4778579>. Acesso em: 12 fev. 2020.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 37-44, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1802/180225736009.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2020.

MELLO, J. L. M.; BOIAGO, M. M.; GANECO, A. G.; BERTON, M. P.; FERRARI, F. B.; SOUZA, P. A.; BORBA, H. Physiological response of broilers raised under simulated

conditions of heat waves. **Revista Archivo Zootecnia**, Córdoba, v. 67, n. 258, p. 220-227, 2018. Disponível em: <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/3657/2252>. Acesso em: 09 de abr. 2020.

MENEGALI, I.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; CECON, P. R.; GUIMARÃES, M. C. C.; CORDEIRO, M. B. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 984-990, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000700022>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662009000700022&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662009000700022&script=sci_arttext&tlng=pt). Acesso em: 12 fev. 2020.

MENEGALI, I.; TINOCO, I. F. F.; CARVALHO, C. C. C.; SOUZA, C. F.; MARTINS, J. H. Comportamento de variáveis climáticas em sistemas de ventilação mínima para produção de pintos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, p. 106-113, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000100015>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662013000100015&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662013000100015&script=sci_arttext&tlng=pt). Acesso em: 15 fev. 2020.

NÄÄS, I. A.; ROMANINI, C. E. B.; SALGADO, D. D.; LIMA, K. A. O.; VALE, M. M.; LABIGALINI, M. R.; SOUZA, S. R. L.; MENEZES, A. G.; MOURA, D. J. Impact of global warming on beef cattle production cost in Brazil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 1-8, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000100001>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162010000100001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162010000100001&script=sci_arttext). Acesso em: 12 jan. 2020.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 4. rev. ed. Washington, D.C. 1971.

NATIONAL WEATHER SERVICE CENTRAL REGION (NSCR). **Livestock hot weather stress**. Regional Operations Manual Letter, p. 31-76, 1976.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, L. A.; ALVES, L. M. Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. **Journal of Water Resource and Protection**, [s.l.] v. 8, p. 252-262. 2016. DOI: [doi.org/10.4236/jwarp.2016.82022](https://doi.org/10.4236/jwarp.2016.82022). Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=63776>. Acesso em: 12 fev. 2020.

NORTE, F. A.; SELUCHI, M. E.; GOMES, J. L.; SIMONELLI, S. C. Análisis de una Ola de Calor Extrema em la Región Subtropical de América del Sur. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 22, n. 3, p. 373-386, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862007000300010>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-77862007000300010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-77862007000300010&script=sci_arttext). Acesso em: 10 jan. 2020.

NOWICKI, R.; BUTZGE, E.; OTUTUMI, L. K.; PIAU-JÚNIOR, R.; ALBERTON, L. R.; MERLINI, L. S.; MENDES, T. C.; DALBERTO, J. L.; GERÔNIMO, E.; CAETANO, I. C. S. Desempenho de frangos de corte criados em aviários convencionais e escuros. **Arquivos de Ciências Veterinária e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, v. 14, n. 1, p. 25-28, 2011. DOI:

<https://doi.org/10.25110/arqvet.v14i1.2011.3738>. Disponível em:  
<https://www.revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/3738>. Acesso em: 13 fev. 2020.

OLIVEIRA, P. T. L.; AMARO, A. L. N.; YANAGI JÚNIOR, T.; FERRAZ, G. A. S.; YANAGI, S. N. M. Bioclimatic zoning and trend analysis applied to broilers. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 71, n. 5, p. 1631-1638, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10831>. Disponível em:  
[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352019000501631&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352019000501631&script=sci_arttext). Acesso em: 13 fev. 2020

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M.V.; CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 797-803, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000300023>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982006000300023&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982006000300023&script=sci_arttext). Acesso em: 13 fev. 2020.

OLIVEIRA, Z. B.; BOTTEGA, E. L. ; SILVA, C. M. ; RODRIGUES, L. R. ; KNIES, A. E. Zoneamento bioclimático do estado do Rio Grande do Sul para o conforto térmico de animais e do trabalhador rural. **Ambiência**, Guarapuava, v. 13, p. 423-438, 2017. Disponível em:  
<https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4688/0>. Acesso em: 26 fev. 2020.

OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E. Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambiente externo na região central do RS. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 34, n. 3, p. 377-388, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2019v34n3p377-388>. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/3318>. Acesso em: 13 fev. 2020.

PAULINO, M. T. F.; OLIVEIRA, E. M.; GRIESER D. O.; TOLEDO, J. B. Criação de frangos de corte e acondicionamento térmico em suas instalações: Revisão. **Revista PubVet**, Maringá, v. 13, n. 2, p. 1-14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n3a280.1-14>. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/artigo/5731/criaccedilatildeo-de-frangos-de-corte-e-acondicionamento-teacutermico-em-suas-instalaccedilatildees-revisatildeo>. Acesso em: 26 fev. 2020.

PERDOMO, C. C. Controle do ambiente e produtividade de frangos de corte. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Jaboticabal, SP. **Anais [...]** Piracicaba : FEALQ, 2001. p. 91-110.

REBOITA, M. S.; MARIETTO, D. M. G.; SOUZA, A.; BARBOSA, M. Caracterização atmosférica quando da ocorrência de eventos extremos de chuva na região Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 21, p. 20-37, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.47577>. Disponível em:  
<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/47577>. Acesso em: 14 dez. 2019.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206-226, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/download/41493/27319>. Acesso em: 26 ago.2008

RICHETTI, A.; SANTOS, A. C. O sistema integrado de produção de frango de corte em Minas Gerais: uma análise sob a ótica da ECT. **Organizações Rurais e Agroindustriais** – Revista Eletrônica de Administração, v. 2, n. 2, 2000. Disponível em: <http://www.dae.ufla.br/cedoc/artigo03200.doc>. Acesso em: 26 fev. 2020.

RODRIGUES, V. C.; SILVA, I. J. O.; NASCIMENTO, S. T.; VIEIRA, F. M. C.; SANTOS, R. F. S. Instalações avícolas no estado de São Paulo – Brasil: os principais pontos críticos quanto ao bem estar e conforto térmico animal. **Thesis**, São Paulo, ano V, n. 11, p. 24- 30, 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Iran\\_Silva/publication/292610433\\_INSTALACOES\\_AVICOLAS\\_DO\\_ESTADO\\_DE\\_SAO\\_PAULO\\_-\\_BRASIL\\_OS\\_PRINCIPAIS\\_PONTOS\\_CRITICOS\\_QUANTO\\_AO\\_BEM\\_ESTAR\\_E\\_CONFORTO\\_TERMICO\\_ANIMAL/links/57cda6a708ae057987aab577.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Iran_Silva/publication/292610433_INSTALACOES_AVICOLAS_DO_ESTADO_DE_SAO_PAULO_-_BRASIL_OS_PRINCIPAIS_PONTOS_CRITICOS_QUANTO_AO_BEM_ESTAR_E_CONFORTO_TERMICO_ANIMAL/links/57cda6a708ae057987aab577.pdf). Acesso em: 26 fev. 2020.

SANTOS, J. G. **Viabilidade pluviométrica na mesorregião do Triângulo Mineiro /Alto Paranaíba – MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16223/1/VariabilidadePluviometricaMesorregiao.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2020

SILVA, M. G.; MARTIN, S.; OLIVEIRA, C. E. G.; MOSCON, E. S.; DAMASCENO, F. A. Desempenho térmico de tipos de coberturas no interior de modelos reduzidos de galpões avícolas. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 3, p. 269-275, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2015v30n3p269-275>. Disponível em: <http://actaarborea.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/1857>. Acesso em: 24 fev. 2020.

SILVA, R. M.; GANECO, A. G. Avaliação do galpão convencional e dark house na produção de frango de corte. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGRÍCOLA, 2016, Jales. **Anais...** Jales: Fatec, 2016.

ST-PIERRE, N. R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 52-77, 2003. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74040-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203740405>. Acesso em: 02 fev. 2020.

TAMZIL, M. H.; INDARSIH, B.; JAYA, S. N. Water spraying prior to transportation reduces transportation stress and maintain the meat quality of broiler chickens. **Pakistan Journal of Nutrition**, Pakistan, v.17, p.11, p. 550-556, 2018. DOI: 10.3923/pjn.2018.550.556. Disponível em: <https://scialert.net/abstract/?doi=pjn.2018.550.556>. Acesso em: 01 fev.2020

TEIXEIRA, V. A. **Termografia infravermelha na avaliação reprodutiva de touros girolando**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-BC2FG8/1/universidade\\_federal\\_de\\_minas\\_gerais\\_final\\_pos\\_bancadoc.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-BC2FG8/1/universidade_federal_de_minas_gerais_final_pos_bancadoc.pdf). Acesso em: 18 jan. 2020

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Washington, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959.

TINOCO, I. F. F. A granja de frangos de corte. In: MENDES, A.A.; NÄÄS, I.A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004. cap. 4, p. 55-84.

TONIETTO, J.; VIANELLO, R. L.; REGINA, M. A. Caracterização macroclimática e potencial enológico de diferentes regiões com vocação vitícola em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 32-55, 2006. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/541533>. Acesso em: 02 fev. 2020.

TOYOMIZU, M.; TOKUDA, M.; MUJAHID, A.; AKIBA, Y. Progressive alteration to core temperature, respiration and blood acid-base in broiler chickens exposed to acute heat stress. **The Journal of Poultry Science**, Soubun, v. 42, p. 110-118, 2005.

DOI: <https://doi.org/10.2141/jpsa.42.110>. Disponível em:

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/42/2/42\\_2\\_110/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsa/42/2/42_2_110/_article/-char/ja/). Acesso em: 10 jan. 2020.

VALE, M. M.; MOURA, D. J.; NÄÄS, I. A.; PEREIRA, D. F. Characterization of heat waves affecting mortality rates of broilers between 29 days and market age. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v.12, n.4, p.279-285, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2010000400010>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-635X2010000400010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-635X2010000400010&script=sci_arttext). Acesso em: 10 jan. 2020.

VEČEREK, V.; VOŠLÁŘOVÁ, E.; CONTE, F.; VEČERKOVÁ, L.; BEDÁŇOVÁ, I. Negative Trends in Transport-related Mortality Rates in Broiler Chickens. **Asian-Australasian journal of Animal Sciences**, Korea, v. 29, n. 12, p. 1796-1804. December 2016. DOI:10.5713/ajas.15.0996.

WILLIAMS, A. M.; SAFRANSKI, T. J.; SPIERS, D. E.; FICHEN, P. A.; COATE, E. A.; LUCY, M. C. Effects of a controlled heat stress during late gestation, lactation, and after weaning on the thermoregulation, metabolism, and reproduction of primiparous sows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 2700-2714, 2013. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2012/6055>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23508026>. Acesso em: 3 maio 2018.

ZUO, J.; PULLEN, S.; PALMER, J.; BENNETTS, H.; CHILESHE, N.; MA, T. Impacts of heat waves and corresponding measures: a review. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 92, p. 1-12, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.078>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614013754>. Acesso em: 3 maio 2019.

YAZID, M.; HUMPHRIES, U. Regional Observed Trends in Daily Rainfall Indices of Extremes over the Indochina Peninsula from 1960 to 2007. **Climate**, [s.l.], v. 3, p. 168-192; 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli3010168>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2225-1154/3/1/168>. Acesso em: 16 jan. 2020.

YOUSEF, M. K. Stress physiology in livestock. vol. 1. **Basic principles**. CRC Press, Florida, 1985. 217p. DOI: <https://doi.org/10.1002/smi.2460020413>. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/smi.2460020413/abstract>. Acesso em: 16 fev. 2020.

## **CAPÍTULO II**

(Redigido de acordo com as normas do periódico International Journal of  
Biometeorology)



# BIOCLIMATIC MAPPING AND ECONOMIC AND PERFORMANCE LOSSES CAUSED BY HEAT STRESS IN BROILERS IN TROPICAL ENVIRONMENT

Cíntia Amaral Moraes<sup>1\*</sup>, Camila Raineri<sup>2</sup>, Amanda Aparecida Brito<sup>1</sup>, João Paulo Rodrigues Bueno<sup>3</sup>, Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Glória – BR 050, km 78 - Sala 209B – CEP 38410-337, Uberlândia, MG, Brazil.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Campus Glória – BR 050, km 78 - Sala 201B – CEP 38410-337, Uberlândia, MG, Brazil.

<sup>3</sup>Centro Universitário do Triângulo, UNITRI, Medicina Veterinária, Av. Nicomedes Alves dos Santos 4545, Gávea, CEP 38411-106, Uberlândia, MG, Brazil.

\*E-mail: [moraescintia@yahoo.com.br](mailto:moraescintia@yahoo.com.br); Phone: 5534996843703

**Abstract** That high temperatures cause consequences on thermoregulation, endocrinal changes, welfare and performance losses in broiler productions, it is well known. However, studies on production economic losses are rare, especially in tropical countries. Thus, this study aimed to estimate broiler production losses in Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba, MG mesoregion. This way, a bioclimatic mapping was conducted, calculating the daily maximum, minimum and average Temperature and Humidity Index (THI) of each weather station in this region. Then, accumulated heat intensity in a day was calculated (THI Load), stress duration (D), birds' reducing feed intake under heat stress (DMI Loss), weight gain loss (Gain Loss), mortality index variation due to heat stress (PDeath). Broilers' production financial losses and production costs were estimated. From May to August, were the period with less heat discomfort in Araxá, Patrocínio, Sacramento, Uberaba and Uberlândia and in June and July, in Conceição das Alagoas. Broilers' annual performance and financial losses estimative was affected in all studied regions, during heat stress period in houses without cooling system, especially in Campina Verde and Ituiutaba. Annual financial earn estimative was unfeasible in Campina Verde and low in Ituiutaba. In Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba mesoregion, Campina Verde and Ituiutaba are adverse places for broilers' production, concerning both zootechnical and financial indexes.

**Keywords** poultry, weather station, Humidity and Temperature Index, gain loss.

## Introduction

Not only in Brazil, but only worldwide, broilers' production is an important activity. ABPA - Brazilian Association of Animal Protein (Abpa, 2019), in its 2018 annual report, pointed out that Brazil was the world's second largest chicken meat producer, with more than 12.8 million tons, and the largest exporter, counting 4.1 million tons of chicken meat. However, in view of this reality, broilers' production in tropical regions throughout the year and in temperate regions during the summer is limited due to high temperatures, which is a physical factor that interferes with birds' growth and performance (El-Kholvy et al. 2017).

It is necessary to know the birds' thermal needs and the conditions to which they are exposed in order to get a high performance index in poultry, to make easier adjustments in management and facilities, once high temperature and humidity index can compromise this species' performance, harming its productivity and welfare (Damasceno et al. 2010; Carvalho 2012; El-kholvy et al. 2017). Broilers taken to high temperatures reduce feed intake to decrease metabolic heat production, consequently resulting in weight gain loss (Jimenez et al. 2007; Feize et al. 2012; Allahverdi et al. 2013; Feitosa 2019). Birds are very sensitive to high temperatures suffering significant losses, not only productive, but also economic ones, as a result of heat stress, which can reduce zootechnical indexes (Silva et al. 2010).

The most used heat stress index is the temperature and humidity index (THI), considered as an effective measure to estimate the environmental effects on the animals' performance (Ravagnolo et al. 2000; West 2003). St-Pierre et al. (2003) calculated additional variables such as THImin, THImax, THItreshold (limit THI starting heat stress) and THILoad (thermal heat intensity accumulated in one day) to explain animals' heat stress extension and severity.

This way, this study aimed to perform the bioclimatic mapping and to financially estimate the losses in broilers' production exposed to heat stress in the main production sites in Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba - MG.

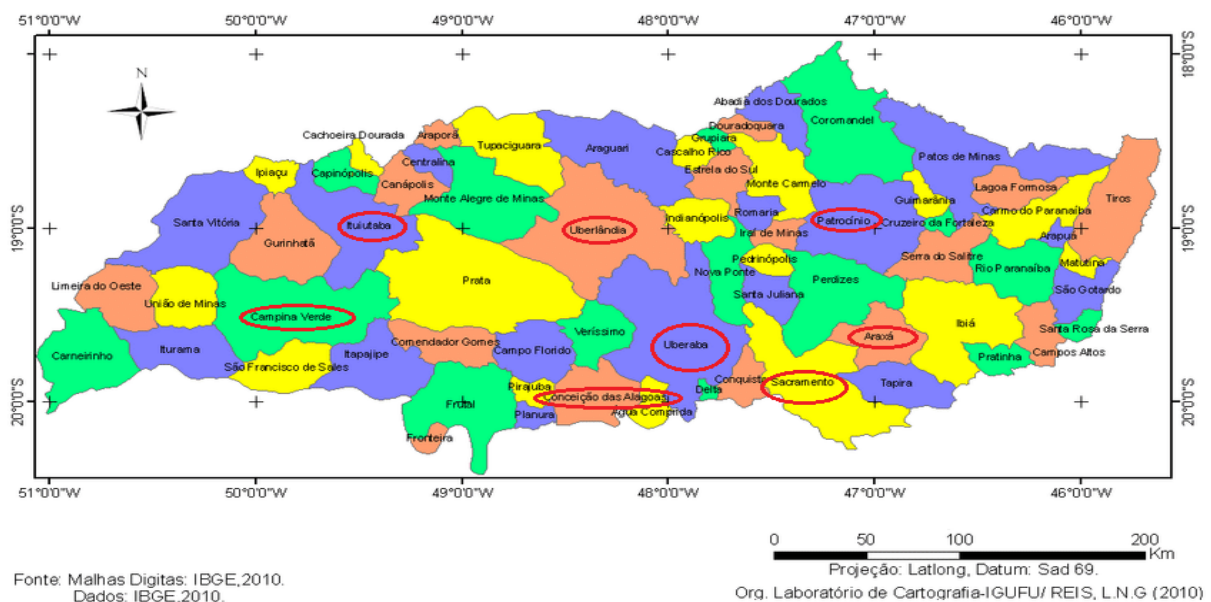
## Material and methods

This study was conducted at INMET's automatic hourly weather stations, placed in Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba, MG, Brazil, according to geographic coordinates, data periods (Table 1) and locality (Fig. 1). Data from Minimum dry bulb temperature (°C) - Tar min; Maximum dry bulb temperature (°C) - Tar max; Minimum relative humidity (%) - RH min; Maximum relative humidity (%) - RH max was used.

**Table 1 Locality of weather station in Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, MG, Brazil region**

| Locality              | Climate Data     |                 |            |                            |                  |               |
|-----------------------|------------------|-----------------|------------|----------------------------|------------------|---------------|
|                       | Longitude<br>(°) | Latitude<br>(°) | Height (m) | Area<br>(Km <sup>2</sup> ) | Starting<br>year | Final<br>year |
| Araxá                 | -46,93           | -19,60          | 1023,61    | 1165                       | 2002             | 2019          |
| Campina Verde         | -49,32           | -19,32          | 555,20     | 3663                       | 2006             | 2019          |
| Conceição das Alagoas | -48,09           | -19,59          | 568,00     | 1348                       | 2006             | 2019          |
| Ituiutaba             | -49,30           | -18,57          | 560,00     | 2598                       | 2006             | 2019          |
| Patrocínio            | -46,58           | -19,00          | 976,00     | 2867                       | 2006             | 2019          |
| Sacramento            | -47,26           | -19,53          | 912,00     | 3073                       | 2006             | 2019          |
| Uberaba               | -47,95           | -19,73          | 737,00     | 4523                       | 2017             | 2019          |
| Uberlândia            | -41,15           | -18,55          | 869,00     | 4115                       | 2003             | 2019          |

Source: Data bank from Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

**Fig.1 Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil mesoregion.**

Source: IBGE, 2010

According to Novais et al. (2018), the climatic domain classification of weather stations locations is: semi-dry tropical climate (Campina Verde, Conceição das Alagoas, Ituiutaba, Uberlândia, Uberaba) and mild semi-humid tropical (Sacramento, Patrocínio and Araxá). For this classification, authors used the coldest month average temperature, rainfall variation, number of dry months, cold fronts passage and frost formation prospection.

Daily minimum, maximum and average Temperature and Humidity Index (THI) of each weather station was calculated, according to the equation proposed by Thom (1959) and modified by NRC (1971):  $THI = (1.8 \times T_{bs} + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times (RH / 100)) \times (1.8 \times Dbt - 26.8)]$ ; where Dbt = dry bulb temperature and RH = relative humidity (%). The region bioclimatic mapping was calculated using the THI and when the value was less than 74, it is concluded that the region is suitable for broiler production with no need to control thermal environment (Carvalho et al. 2009; Osorio et al. 2016; Oliveira et al. 2019).

The methodology developed by St-Pierre et al. (2003) was used for broilers' production losses calculation, through thermal heat intensity accumulated in one day (THI Load), stress period (D), feed intake reduction in birds under heat stress (DMI Loss), weight gain loss (Gain Loss) and mortality rate variation due to heat stress (PDeath). Subsequently, following the same methodology, estimates of annual performance and financial losses were made.

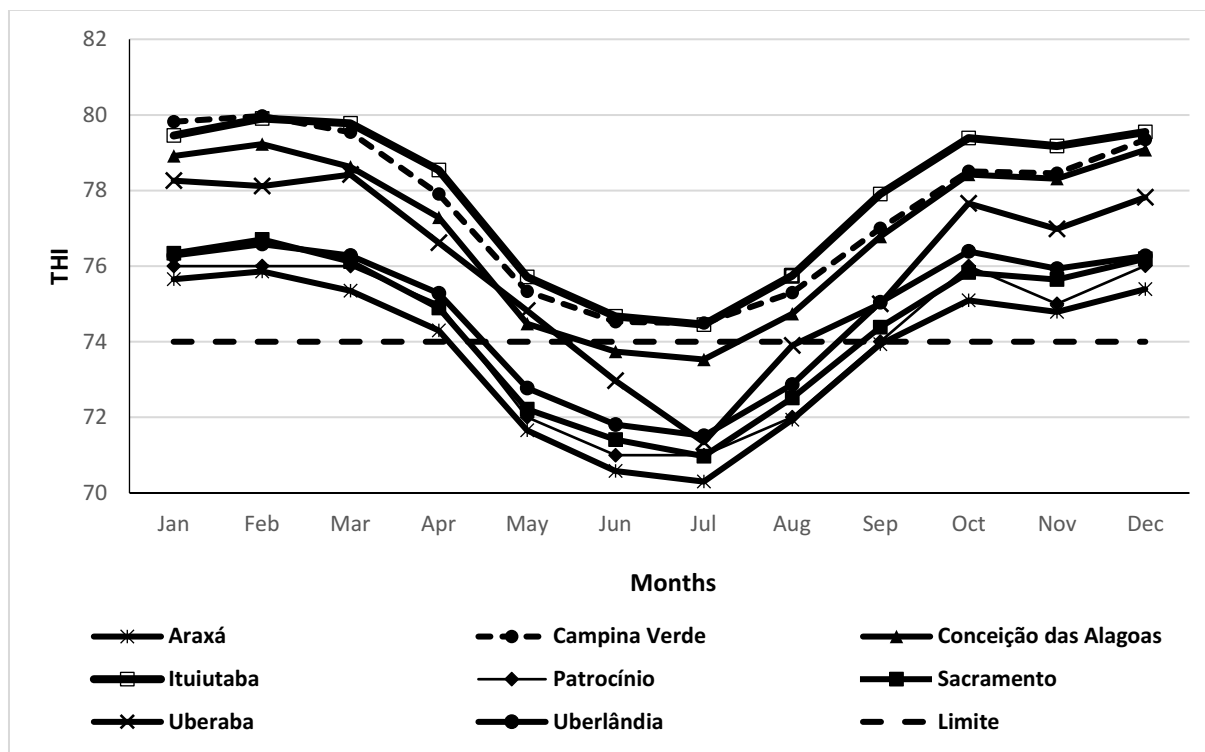
For costs calculation, the following parameters were used: densities of 12 birds/m<sup>2</sup> in conventional houses (positive pressure, using fans and nebulizers) and 16.5 birds/m<sup>2</sup> in automatic houses (with negative pressure, "pad cooling" system and exhaust fans); 2400m<sup>2</sup> aviary footage; feed conversion of 1.82 with 2.55 kg of weight at slaughtering in conventional houses and 1.69 conversion with 2.65 kg of weight at slaughtering in automatic houses, both considering 42 days-old at slaughtering, totaling production of 6.5 cycles/year/house. Kilowatt electric consumption for 42 days (period of a flock) is 16,000 kWh in conventional houses and 10,000 kWh in automatic houses. Values used for calculation were: R\$ 3.09/kg of live chicken, R\$ 0.90/kg of feed (IEA, 2020). Houses' depreciation was calculated considering a 20 years of use period.

To estimate the annual financial income of each house model in broilers' production in the mesoregion of Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil, the expected gross value (GV) = length x density x slaughter weight x Kg of live chicken value was calculated. In all locations in the Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba mesoregion, the expected gross value (GV) is fixed for conventional house (R\$1.475.042,40) and for automatic one (R\$ 2.107.719,90), as described in formula. To calculate losses annual value per house (LV), the following formula was used:  $LV = DMI \text{ Loss} + Gain \text{ Loss} + PDeath$ ; to estimate the amount spent to avoid animal stress/year (EV) was:  $EV = \text{electricity value (kWh)/house/year} + \text{house depreciation}$ . To calculate the remaining net value (NV) the formula was:  $NV = GV - LV - EV$ .

## Results

From May to August, the lowest heat discomfort risk was seen, due to lower values of maximum THI, not exceeding the limit for the species (THI less than 74), indicating that this is the period of least risk for broilers

in the cities of Araxá, Patrocínio, Sacramento, Uberaba and Uberlândia. In Conceição das Alagoas, the months with lowest heat discomfort risk were June and July. In Ituiutaba and Campina Verde all months had THI above the ideal limit (Fig.2).



**Fig. 2 Maximum THI average per mesoregion of Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil from 2002 to 2019**

Performance came off badly in all studied regions in Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil by not using cooling techniques. The smallest and largest range of weight gain reduction, DMI reduction, mortality rate and THI Load were, respectively, Araxá and Campina Verde (table 2).

Lowest and highest financial losses values assessed in Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba mesoregion were, respectively, in Araxá and Campina Verde (Table 3).

In the estimate of the annual financial income resulting from broilers' performance, the lowest and highest losses were, respectively, Araxá and Campina Verde and the lowest and highest net value were, respectively, Campina Verde and Araxá (Table 4).

**Table 2 Annual loss estimative in broiler performance and heat stress intensity in natural conditions in Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil mesoregion**

| Region                | DMI*         | Weight gain  | Mortality/month | Heat stress  | THILoad     |
|-----------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|-------------|
|                       | Reduction    | reduction    | (each 1000)     | (hours/year) | (unit/year) |
|                       | (g/brid/day) | (g/bird/day) |                 |              |             |
| Araxá                 | 6,9          | 3,5          | 0,45            | 1207         | 1926        |
| Campina Verde         | 38,6         | 21,4         | 0,59            | 3123         | 11907       |
| Conceição das Alagoas | 28,8         | 14,4         | 0,54            | 2703         | 8035        |
| Ituiutaba             | 37,4         | 18,7         | 0,58            | 3131         | 10419       |
| Patrocínio            | 9,0          | 4,0          | 0,46            | 1316         | 2373        |
| Sacramento            | 10,4         | 5,2          | 0,47            | 1540         | 2895        |
| Uberaba               | 20,9         | 10,5         | 0,51            | 2264         | 5837        |
| Uberlândia            | 12,2         | 6,1          | 0,47            | 1702         | 3394        |

\*DMI (dry matter intake)

**Table 3 Annual financial loss estimative (dollar) in broiler performance in Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil mesoregion**

| Region                | DMI Reduction |           | Weight gain reduction |            | Mortality index |        |
|-----------------------|---------------|-----------|-----------------------|------------|-----------------|--------|
|                       | (DMILoss)     |           | (Gain Loss)           |            | (PDeath)        |        |
|                       | C*            | A*        | C*                    | A*         | C*              | A*     |
| Araxá                 | 10.825,05     | 17.119,74 | 20.719,85             | 28.489,79  | 229,76          | 328,31 |
| Campina Verde         | 60.421,98     | 95.556,94 | 128.135,49            | 176.186,30 | 300,86          | 429,91 |
| Conceição das Alagoas | 45.171,90     | 71.439,04 | 86.461,98             | 118.885,22 | 273,99          | 391,51 |
| Ituiutaba             | 58.574,94     | 92.635,87 | 112.116,29            | 154.159,90 | 293,57          | 419,48 |
| Patrocínio            | 13.339,75     | 21.096,72 | 25.533,16             | 35.108,09  | 232,63          | 332,41 |
| Sacramento            | 16.274,55     | 25.738,08 | 31.150,55             | 42.832,00  | 238,96          | 341,46 |
| Uberaba               | 32.815,47     | 51.897,44 | 62.810,97             | 86.365,08  | 257,55          | 368,02 |
| Uberlândia            | 19079,65      | 30174,34  | 36519,71              | 50214,61   | 238,96          | 341,46 |

\*C (conventional house – positive pression); \*A (climate controlled house – negative pression)

**Table 4 Annual financial income estimative (dollar) resulting from broilers' performance in Triângulo****Mineiro/ Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil mesoregion**

|                       | Losses Values (LV) |            | Net value (NV) |            |
|-----------------------|--------------------|------------|----------------|------------|
|                       | (house/year)       |            | (house/year)   |            |
|                       | C*                 | A*         | C*             | A*         |
| Araxá                 | 31.774,65          | 45.937,83  | 314.911,08     | 446.253,03 |
| Campina Verde         | 188.858,33         | 272.173,15 | 743,72         | -6.217,62  |
| Conceição das Alagoas | 131.907,86         | 190.715,77 | 114.644,66     | 156.697,17 |
| Ituiutaba             | 170.984,80         | 247.215,25 | 36.490,78      | 43.698,20  |
| Patrocínio            | 39.105,54          | 56.537,22  | 300.249,31     | 425.054,25 |
| Sacramento            | 47.664,06          | 68.911,55  | 283.132,27     | 400.305,61 |
| Uberaba               | 95.883,99          | 138.630,54 | 186.692,40     | 260.867,61 |
| Uberlândia            | 55.838,33          | 80.730,41  | 266.783,72     | 376.667,89 |

\*C (conventional house – positive pression); \*A (climate controlled house – negative pression)

**Discussion**

Maintain the air temperature in the thermoneutral range is important for broiler to maintain homeothermia and therefore provide better production and welfare. The months with the worst thermal discomfort were from September to April (Spring / summer seasons in the tropics) in Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba regions (Fig. 2). In this period, is to need to use an artificial thermal conditioning system to minimize thermal environment variations, approaching to the results obtained by Cabral (2001), Oliveira et al. (2006), Santos et al. (2014) and Oliveira et al. (2019). The results corroborate with a trend analysis of a future scenario, performed by Oliveira et al. (2019), indicating that in 2024 there will be an increase in alerts occurrence frequency during summer/spring seasons.

McManus et al. (2012) states that broilers under longer heat stress periods, seek alternatives for excessive heat loss, reducing dry matter intake and diverting body energy for physiological adaptations. Oliveira et al. (2019), in his study, observed impaired broilers' growth and weight gain in heat stress situations. These changes suggest the need to use artificial thermal conditioning systems, which allow environment variations minimization in inside the houses, reducing problems related to heat discomfort (Santos et al. 2014).

Campina Verde, followed by Ituiutaba, are places where financial losses are highest because they present stressful environmental conditions for broilers' production. According to Nascimento et al. (2014), in Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, Patrocínio and Araxá present excellent thermal environment characteristics for dairy cows' production (due to heat waves absence). Literature is scarce when it comes to financial losses by assessing thermal environment for broilers.

In annual financial estimative resulting from broilers' performance, our data corroborate with the ones from Nascimento et al. (2014) related to Ituiutaba, since they observed higher heat waves values and higher numbers of heat waves per year in this city, in the case of a thermal environment for dairy cows. Campina Verde, followed by Ituiutaba, due to their climatic characteristics, are places where there is not a good financial perspective of gains for broilers' producers, regardless of the house type (conventional or automatic).

### Conclusion

Broilers' thermal environment planning is an important tool for this activity success. Thus, it can be concluded that within Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba mesoregion, Campina Verde and Ituiutaba are adverse places for broilers' production, for both zootechnical and financial indexes, since there are no improvements in these indicators even with the implementation of cooling systems in houses in these locations.

**Acknowledgments.** – This study was partially funded by the Coordination for the Improvement of Higher Education Ones - Brazil (CAPES) - Financing Code 001.

### References

- Allahvedi A, Feizi A, Takhtfooladi HA, Nikpiran H (2013) Effects of heat stress on acid-base imbalance, plasma calcium concentration, egg production and egg quality in commercial layers. *Global Veterinaria* DOI: 10.5829/idosi.gv.2013.10.2.7286
- Associação brasileira de proteína animal (Abpa). Relatório Anual. 2018. Disponível em: <http://cleandrodias.com.br/wp-content/uploads/2019/05/RELATO%C3%ACRIO-ANUAL-ABPA-2019.pdf>
- Cabral JL (2001) Mapeamento da região Sudeste do Brasil usando o ITU, para o gado de leite. Dissertação, Universidade Federal de Viçosa
- Carvalho LSS (2012) Nutrição de poedeiras em clima quente. *Rev cient eletrônica med vet* 18:1-15
- Carvalho VF, Yanagi Junior T, Ferreira L, Damasceno FA, Silva MP (2009) Zoneamento do potencial de uso de sistemas de resfriamento evaporativo no sudeste brasileiro. *Rev bras eng agríc ambient*. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000300020>



- Damasceno FA, Schiassi L, Saraz, JAO, Gomes RCC, Baêta FC (2010) Concepções arquitetônicas das instalações utilizadas para a produção avícola visando o conforto térmico em climas tropicais e subtropicais. *Pubvet* 4:991
- El-Kholy MS, El-Hindawy MM, Alagawany M, Abd El-Hack ME, El-Sayed SAA (2017) Dietary supplementation of chromium can alleviate negative impacts of heat stress on performance, carcass yield, and some blood hematology and chemistry indices of growing Japanese quail. *Biol Trace Elem Res* DOI: 10.1007/s12011-017-0936-z
- Feitosa, VEM (2019) Níveis energéticos e correção de nutrientes em dietas para frangos de corte. Dissertação, Universidade Federal de Sergipe
- Feize A, Shahbazi M, Taifebagerlu J, Haghigat A (2012) Effect of heat stress (HS) on production of hy-line layers. *Res J Biol Sci* 7:206-208
- IEA- Instituto de Economia Agrícola, Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo. Disponível em: <http://ciagri.ica.sp.gov.br/precosdiarios/Variacoes.aspx>
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Glossário. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=glossario>.
- Jimenez DJF, Scheideler SE, Kittok RJ, Brandl TMB, Robeson LR, Taira H, Beck MM (2007) Differential effects of heat stress in three strains of laying hens. *J appl poult res*. <https://doi.org/10.3382/japr.2005-00088>
- McManus C, Canozzi ME, Bracellos J, Paiva SR (2012) Pecuária e mudanças climáticas. *Revista UFG*. <https://www.revistas.ufg.br/revistaufg/article/view/48455/23783>
- Nascimento CCN, Nascimento MRBM, Silva NAM (2014) Ocorrência de ondas de calor no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba e seu efeito na produção leiteira e consumo alimentar em bovinos. *Biosci J*. 30:1488-1495.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1971) A guide to environmental research on animals. National Academy of Science
- Novais G, Brito JLS, Sanches FO (2018) Unidades climáticas do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. *Rev Bras Clima*. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.58520>
- Oliveira LM, Yanagi Junior T, Ferreira E, Carvalho LG, Silva MP (2006) Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. *Eng Agríc*. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000300020>
- Oliveira PTL, Amaro ALN, Yanagi Júnior T, Ferraz GAS, Yanagi SNM (2019) Bioclimatic zoning and trend analysis applied to broilers. *Arq Bras Med Vet Zootec*. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-10831>
- Osorio RH, Tinoco IFF, Osorio JAS, Mendes LB, Rocha KSO, Guerra LMG (2016) Thermal environment in two broiler barns during the first three weeks of age. *Rev Bras Eng Agríc Ambient*. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n3p256-262>
- Ravagnolo O, Misztal I, Hoogenboom G (2000) Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *J Dairy Sci*. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75094-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75094-6)
- Santos GB, Sousa IF, Brito CO, Santos VS, Barbosa RJ, Soares C (2014) Estudo bioclimático das regiões litorânea, agreste e semiárida do estado de Sergipe para a avicultura de corte e postura. *Ciênc Rural*. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013005000148>
- Silva IJO, Vieira FMC (2010) Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: o caso da avicultura de corte brasileira. *Arch Zootec*. DOI: 10.1111/j.1541-0420.2011.01583.x
- St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G (2003) Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci*. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74040-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5)

243  
244 Thom EC (1959) The discomfort index Weatherwise <http://dx.doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>  
245  
246 West JW (2003) Effects of heat-stress on production in dairy cattle J Dairy Sci DOI:10.3168/jds.S0022-  
247 0302(03)73803-X  
248

**CAPÍTULO III**

(Redigido de acordo com as normas do periódico International Journal of  
Biometeorology)

**EFEITOS DE ONDAS DE CALOR NO DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE CRIADOS EM  
GALPÕES SEMI-CLIMATIZADOS E CLIMATIZADOS EM AMBIENTE TROPICAL**

Cíntia Amaral Moraes<sup>1\*</sup>, Ednaldo Carvalho Guimarães<sup>2</sup>, Amanda Aparecida Brito<sup>1</sup>, João Paulo Rodrigues  
Bueno<sup>3</sup>, Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Glória –  
BR 050, km 78 - Sala 209B – CEP 38410-337, Uberlândia, MG, Brazil.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Matemática, Campus Santa Mônica- Avenida João Naves de  
Ávila, nº2121 - CEP 38400-902, Uberlândia, MG, Brazil.

<sup>3</sup>Centro Universitário do Triângulo, UNITRI, Medicina Veterinária, Av. Nicomedes Alves dos Santos 4545,  
Gávea, CEP 38411-106, Uberlândia, MG, Brazil.

\*E-mail: [moraescintia@yahoo.com.br](mailto:moraescintia@yahoo.com.br); Phone: 5534996843703

**Resumo**

Neste estudo determinou-se a associação entre o desempenho de frangos de corte e a ocorrência de ondas de calor e a mortalidade durante o transporte da granja ao abatedouro, analisando dados disponibilizados de 90 granjas comerciais totalizando 2421 ciclos de produção, entre 2015 a 2016, em aviários climatizados e semiclimatizados em ambiente tropical. Para tanto, índices zootécnicos foram relacionados com o número de dias de ondas de calor que ocorreu dos 14 dias de idade ao abate, pelo Índice de Temperatura e Umidade máximo (ITUmáx) e também correlacionou o ITUmáx com a taxa de mortalidade durante o transporte ao abate. O peso ao abate e o ganho de peso diário de frangos não foram influenciados tanto pelo número de ondas de calor quanto pelo tipo de climatização de galpões. Entretanto, a taxa de mortalidade foi maior em frangos criados em sistema semiclimatizado em relação aos de sistema climatizado. Dias de menor ITUmáx coincidiram com menor mortalidade durante o transporte. Ondas de calor do 14º dia de idade até o abate aumenta a mortalidade de frangos criados em aviário semiclimatizados comparado aos climatizados. A taxa de mortalidade durante o transporte das aves até o abatedouro aumenta com o acréscimo do Índice de Temperatura e Umidade máximo.

**Palavras-chave** alterações climáticas, aves, estresse por calor, índice de temperatura e umidade, pad cooling, climatização.

## Introdução

As mudanças climáticas é um desafio à humanidade e vêm se agravando nos últimos anos. Desse modo, o aumento da temperatura do ar em alguns locais e períodos do ano poderão trazer alterações mais severas como maior frequência de ondas de calor, sendo estas mais frequentes, mais intensas e mais longas, com verões cada vez mais quentes e invernos menos rigorosos (Zuo et al. 2015). Neste cenário, o metabolismo energético e de nutrientes dos animais de criação podem ser influenciados pelas condições climáticas e interferir no comportamento, bem-estar, saúde e desempenho (Sossidou et al. 2014). Neste contexto, a criação de frangos de corte também poderá ser prejudicada uma vez que as ondas de calor poderão ser responsáveis por situações de estresse por calor e que poderá prejudicar o desempenho e bem-estar dessas aves.

O sistema intensivo de criação de frangos de corte proporciona uma maior densidade de aves por metro quadrado, entretanto o aviário deverá ser um local que assegure o conforto térmico, mesmo que para isso haja a necessidade de adoção de tecnificação, a fim de garantir um melhor desempenho (Damasceno et al. 2010). No Brasil, existem alguns tipos de acondicionamento térmico que recebem a classificação de acordo com o grau de tecnificação do aviário: sistema semiclimatizado, sistema climatizado e sistema dark house que bloqueia a luz (Andreazzi et al. 2018).

Outro fator importante na cadeia produtiva do frango de corte é o transporte das aves do aviário até o abatedouro, sendo considerado como um fator estressante, pois cria-se um microclima dentro das caixas de transporte, em função do calor metabólico gerado que não é totalmente dissipado, associado a temperatura e umidade do ar, gerando prejuízos econômicos que pode não estar associado ao desempenho ocorrido no aviário (Barbosa Filho et al. 2009; Santos et al. 2020). A operação de transporte dos frangos de corte consiste na condução dos animais da granja até o abatedouro, nas mais diferentes condições e combinações de distâncias e horários (Barbosa Filho 2014); os quais poderão interferir no bem-estar animal e refletir diretamente na qualidade carne e também poderá elevar a mortalidade durante o transporte (Jiang et al. 2015).

Contudo, nós trópicos, os estudos sobre os efeitos de ondas de calor em frangos de cortes criados em diferentes sistemas de acondicionamento térmico, bem como os reflexos das condições de transporte sobre mortalidade são escassos. Assim, objetivou-se investigar o efeito do número de dias de ondas de calor no desempenho de frangos de corte criados em duas tipologias de galpão em ambiente tropical, bem como determinar a taxa de mortalidade durante o transporte até o abatedouro em ambiente tropical.

## Materiais e métodos

O estudo foi conduzido com dados de 90 aviários totalizando 2421 ciclos de produção, com um total de 67 milhões de frangos de corte em granjas integradoras localizada no Brasil Central, região do Cerrado, em aviários do tipo semiclimatizados e climatizados. As aves foram alojadas de 02/11/2015 a 26/11/2016 e abatidas com idade entre 26 a 37 dias (classificado como frango “griller”). Foram alojadas 50 pintainhos/m<sup>2</sup> sendo distribuídos no dia do alojamento em círculos de aquecimento delimitados por placas de Eucatex em 70% da área total do aviário. Nos primeiros 10 dias do alojamento o aquecimento ocorreu por equipamentos de aquecimento de ar a lenha, distribuído ao longo da área de alojamento, com capacidade para aquecer até 30.000 aves, garantindo a temperatura ideal conforme padrão da empresa. Os aviários semiclimatizados possuíam 18 ventiladores e 3 linhas de nebulizadores (para metragem de 1500m<sup>2</sup>), com sistema de acionamento automático, com densidade de 12 aves/m<sup>2</sup> e os climatizados com 8 a 11 exaustores e 2 a 4 placas “pad cooling” (para metragem de 1500m<sup>2</sup>) garantindo uma ventilação de 2,5 m.s<sup>-1</sup>, com sistema de acionamento automático, com densidade de 16,5 aves/m<sup>2</sup>. Ambos sistemas possuíam duas cortinas laterais em cada lado do aviário (uma interna e outra externa) e forração no teto. No modelo semiclimatizado havia sombreamento lateral com árvores não frutíferas, a 1,5 metros de distanciamento da lateral do aviário. Os beirais dos aviários no sistema semiclimatizado com 1 metro e no sistema automático 0,7 metro. Ambos com comedouros e bebedouros automáticos, na proporção de 1 comedouro para 50 frangos e 1 bico de nipple para cada 10 aves ou 1 bebedouro pendular para 80 aves. A água de bebida foi fornecida a uma temperatura média de 13 a 18 °C e clorada. A composição nutricional da ração foi estabelecida conforme a idade: inicial (até 15 dias de idade); crescimento (16 a 23 dias de idade) e final (24 dias de idade até o abate). No dia do alojamento as aves receberam 24 horas de luz, do 2º até 3 dias antes do abate foi de 18 horas de luz e 3 dias que antecederam o abate de 23 horas de luz, ambos com luz fluorescente.

O peso vivo individual ao abate foi calculado pela divisão do peso vivo total do lote ao abate e a quantidade de aves abatidas no lote (kg); o ganho de peso diário foi calculado pela divisão do peso vivo individual ao abate pelo número de dias de alojamento e a taxa de mortalidade foi obtida pela quantidade de aves mortas durante o ciclo de produção dividido pela quantidade de aves alojadas multiplicado por 100.

Do 14º dia de alojamento ao abate, diariamente, calculou-se o Índice de Temperatura e Umidade máximo (ITUmáx), utilizando Tar máx (°C) e UR mín (%) de uma estação meteorológica automática da região obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O ITUmáx foi calculado, segundo a equação proposta por Thom (1959) e modificado por NRC (1971):  $ITU = (1,8 \times Tbs + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times (UR/100)) \times (1,8 \times Tbs - 26,8)]$  com

a finalidade de avaliar o efeito de ondas de calor. O número de dias de ondas de calor foi determinado com  $ITU > 74$  (Oliveira et al. 2019) e temperatura do bulbo seco  $> 25^{\circ}\text{C}$  (Medeiros et al. 2005), com a seguinte categorização: 0 a 2 dias (I); 3 a 6 dias (II); 7 a 10 dias (III) e maior que 10 dias (IV).

Para avaliar o efeito do estresse por calor no dia do transporte do aviário à plataforma de abate calculou-se a taxa de mortalidade de 1922 lotes de frangos (com um total de 53 milhões de aves), criados em aviários do tipo automático. A taxa de mortalidade foi calculada pela divisão entre a quantidade de aves mortas no transporte pela quantidade de aves colocadas no caminhão multiplicado por 100. Calculou-se o  $ITU_{\text{máx}}$  no dia do transporte e classificou-o conforme Oliveira et al. (2019) em (1) - situação de conforto térmico ( $ITU_{\text{máx}}$  até 73); (2) – situação de alerta ( $ITU_{\text{máx}}$  entre 74 a 78) e (3) – situação de emergência ( $ITU_{\text{máx}}$  maior ou igual a 79).

As variáveis: peso final, ganho de peso diário e taxa de mortalidade obtidas foram submetidas à análise de variância (ANOVA), considerando-se o delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial, tendo como fatores as classes de ondas de calor (classes de I a IV) e os tipos de aviários (semiclimatizados e climatizados). Na ANOVA as variáveis peso final e ganho de peso foram corrigidas em função da idade ao abate. A taxa de mortalidade durante o transporte foi analisada por ANOVA no delineamento inteiramente ao acaso considerando as classes de  $ITU_{\text{máx}}$  (conforto, alerta e emergência). Para a comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas no programa SISVAR (Ferreira 2011) considerando significância de 5%.

## Resultados

O peso ao abate e ganho de peso diário de frangos “griller” não foram influenciados pelo número de ondas de calor (I: 0 a 2 dias; II=3 a 6 dias; III=7 a 10 dias e IV= maior que 10 dias) e também não foram alterados pelo tipo de galpão (semiclimatizado vs climatizado) (Tabela 1).

A taxa de mortalidade de frangos criados em aviário semiclimatizado não diferiu entre os tipos de ondas de calor, já no aviário climatizado a menor taxa de mortalidade ocorreu nos tipos de onda de calor I, III e IV em relação ao tipo II, no entanto, esta última não diferiu de I e IV (Tabela 2). A taxa de mortalidade de frangos criados durante ondas de calor I, III e IV em aviários semiclimatizados foi maior em relação aos criados em aviários climatizados (Tabela 2) e na classificação II não diferiu.

Os meses de menor  $ITU_{\text{máx}}$  (maio a agosto/2016) coincidiram com os meses de menor mortalidade durante o transporte e também para os meses de maiores  $ITU_{\text{máx}}$  (dezembro/2015 a fevereiro/2016 e outubro/2016 a dezembro/2016) verificaram maiores taxas de mortalidade (fig.1) , ou seja, quanto maior o  $ITU_{\text{máx}}$ , maior a

mortalidade durante o transporte (fig.2). Estatisticamente, a taxa de mortalidade durante o transporte das aves até o abatedouro foi menor quando expostos na faixa de ITU 1 (conforto térmico), 0,16%, em comparação as faixas de ITU 2 (alerta), 0,25% e de ITU 3 (emergência), 0,28%.

**Tabela 1. Peso ao abate e ganho médio diário de frangos de corte (“griller”) criados em ambiente tropical conforme classificação das ondas de calor (ITU>74 e temperatura do bulbo seco > 25 °C) e tipo de resfriamento de galpão em ambiente tropical**

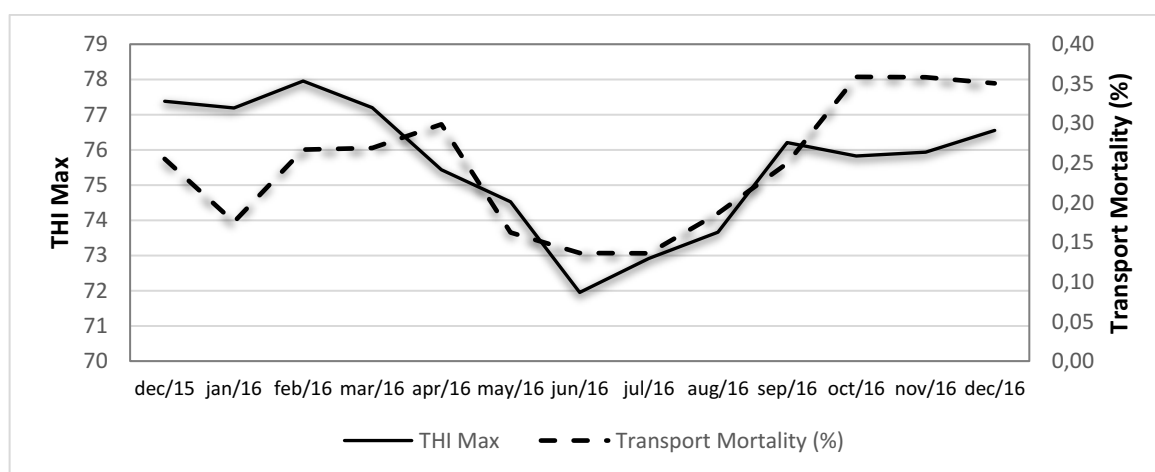
|                          | Ondas de calor      |                     |                     |                     |
|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                          | I*                  | II                  | III                 | IV                  |
| Peso ao abate (kg)       | 1,389 <sup>a</sup>  | 1,388 <sup>a</sup>  | 1,398 <sup>a</sup>  | 1,423 <sup>a</sup>  |
| Ganho de peso diário (g) | 47,695 <sup>a</sup> | 48,370 <sup>a</sup> | 48,100 <sup>a</sup> | 46,617 <sup>a</sup> |
|                          | Semiclimatizados    |                     | Climatizados        |                     |
|                          |                     |                     |                     |                     |
| Peso ao abate (kg)       | 1,408 <sup>a</sup>  |                     | 1,391 <sup>a</sup>  |                     |
| Ganho de peso diário (g) | 47,866 <sup>a</sup> |                     | 47,525 <sup>a</sup> |                     |

Tipos de ondas de calor: I: 0 a 2 dias; II=3 a 6 dias; III=7 a 10 dias e IV= maior que 10 dias. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

**Tabela 2. Taxa de mortalidade de frangos de corte (“griller”), em porcentagem, criados em aviários semiclimatizados (ventilador e nebulizador) e climatizados (“pad cooling”) conforme classificação de ondas de calor (ITU>74 e temperatura do bulbo seco > 25 °C) em ambiente tropical**

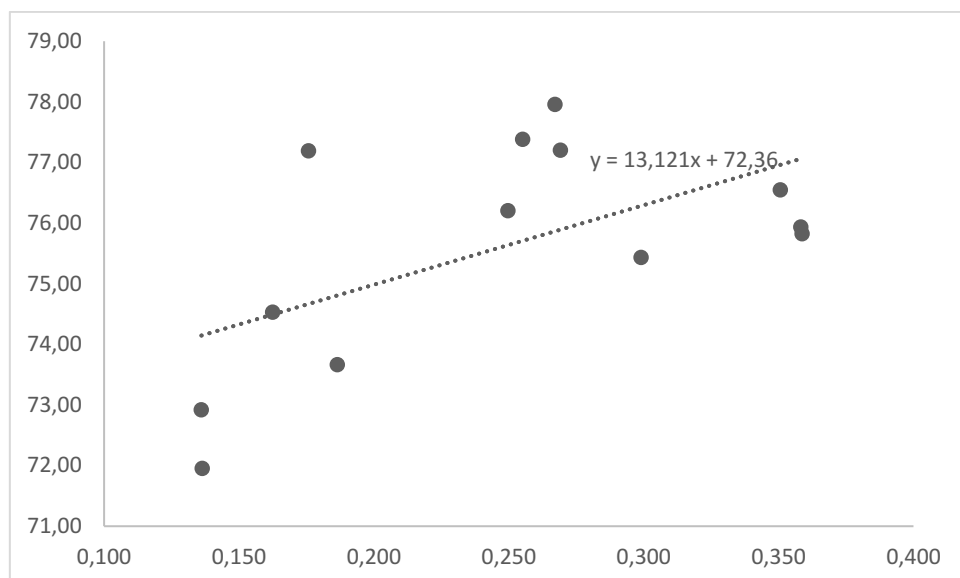
| Tipo de aviário  | I*                   | II                  | III                 | IV                   |
|------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Semiclimatizados | 3,420 <sup>ab</sup>  | 2,430 <sup>aA</sup> | 3,059 <sup>ab</sup> | 2,826 <sup>ab</sup>  |
| Climatizados     | 2,283 <sup>abA</sup> | 3,298 <sup>ba</sup> | 2,021 <sup>aA</sup> | 2,609 <sup>abA</sup> |

Tipos de ondas de calor: I: 0 a 2 dias; II=3 a 6 dias; III=7 a 10 dias e IV= maior que 10 dias. Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas (linha) e maiúsculas (coluna), diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%



**Fig.1 Mortalidade no transporte de frangos “griller”, em %, por mês e Índice de Temperatura e Umidade máximo (ITU<sub>Max</sub>) em ambiente tropical**





**Fig.2 Regressão linear entre mortalidade no transporte de frangos “griller”, em %, por mês e Índice de Temperatura e Umidade máximo (ITU<sub>Max</sub>) em ambiente tropical**

### Discussão

A similaridade do peso ao abate e ganho de peso diário dos frangos criados em aviários semiclimatizados e também em climatizados sob diferentes dias de ondas de calor (Tabela 1) possivelmente pode ser por causa da duração diária de temperaturas elevadas. Ou seja, o tempo de exposição ao calor diário não foi suficiente para que prejudicasse estes índices. Na região do Cerrado brasileiro o estresse por calor é cíclico com duração média de 3 a 4 horas (10:00h às 16:00h) e assim, há uma compensação nos horários mais frescos do dia. Também Akşit et al. (2006) não obtiveram alteração no peso corporal quando os frangos de corte de 3 a 7 semanas foram submetidos diariamente a temperatura cíclica de 28 °C das 10 às 17 horas e 22 °C das 17 às 10 horas comparado ao grupo controle criados a temperatura constante de 22 °C, mas verificaram redução no peso corporal no grupo submetido diariamente a temperatura constante de 34 °C (redução de 2,6; 5,5; 12,4 e 19,9% respectivamente na 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> semana de idade). Marchini et al. (2018) verificaram que o estresse cíclico por calor, por uma hora diária, em frangos de corte de 16 a 42 dias de idade não altera o desempenho; da mesma forma Bueno et al. (2020) observaram que o estresse cíclico por calor por até 3 horas diárias, de 14 a 42 dias de idade, não prejudicou o desempenho dos frangos de corte. Outra possível explicação para estes resultados seja por causa das características de cada aviário.

Os aviários semiclimatizados as suas instalações eram constituídas de estruturas, equipamentos e manejos que minimizam os efeitos do estresse pelo calor, por exemplo, ventiladores e nebulizadores, beiral bilateral com 1 metro de largura, cumeeira na direção leste-oeste em relação ao sol, sombreamento por árvores não frutíferas nas laterais do aviário. Os aviários climatizados era totalmente fechado com controle automático do ambiente térmico. Assim, as elevadas temperaturas externas não interferiram demasiadamente no ambiente térmico interno. Tinôco

(2001) afirmou que com o advento da tecnologia, novos modelos de estruturas de aviários foram implantados com objetivo de reduzir os efeitos do estresse pelo calor em frangos de corte, porém não existe um modelo universal de sistema de resfriamento de aviário que atenda todas as exigências necessárias para o controle do estresse. Souza e Molento (2015) afirmaram que o bem-estar dos frangos de corte criados no Brasil em comparação as criações mundiais, são influenciados por uma boa nutrição, manejo e sanidade, sendo reflexo do sistema de produção adotados em galpões semiclimatizados. Então, os tipos de resfriamento de galpões foram suficientes para que ondas de calor não interferissem no peso e ganho médio diário dos frangos.

A maior taxa de mortalidade (0,76 a 1,13%) dos frangos de corte criados em aviário semiclimatizado em relação ao climatizado (Tabela 2), pode ser explicada pela ventilação constante e uniforme dos aviários climatizados, com melhor troca de calor por convecção, contribuindo na melhoria da qualidade da cama (pois reduz a umidade e a presença de amônia da mesma) e sendo eficiente na renovação do ar no interior dos aviários (na remoção de partículas de poeiras e gases, reduzindo a exposição ao estresse) (Abreu e Abreu 2000) e eficiência em manter a temperatura interna dentro do conforto térmico. Martins et al. (2016) observaram uma taxa de mortalidade de 6,25% de frangos de corte criados em sistema semiclimatizado em comparação a 3,66% com sistema climatizado, concluíram que o sistema semiclimatizado é menos eficiente na manutenção sanitária das aves, em função da dificuldade em renovar o ar, mantendo o ambiente com acúmulo de gases nocivos podendo submeter as aves ao estresse e reduzir a eficiência econômica do sistema de criação. Vescovi (2018) também verificou uma maior taxa de mortalidade de frangos de corte criados em aviários semiclimatizado (6,41%) em relação a aviários climatizados (4,21%). Neste estudo a taxa de mortalidade em aviários semiclimatizados não diferiu entre os tipos de ondas de calor, ou seja, dias sem ou com 10 ou mais dias de ondas de calor apresentaram taxa de mortalidade semelhante, possivelmente porque sua ventilação é desuniforme, e portanto, o sistema não é eficiente para ocorrer a troca de calor uniforme, afetando a sensação térmica da ave (Aradas et al. 2005). Em aviários climatizados a menor taxa de mortalidade ocorreu nos tipos de ondas I, III e IV em relação ao tipo II, no entanto, nesta última não diferiu de I e IV. Este resultado não era esperado, porém, uma provável explicação é o tempo diário da onda de calor, assim, o tipo de onda de calor II pode ter sido maior que nas demais classificações. Portanto, em pesquisas futuras será importante quantificar a duração diária das ondas de calor para melhor compreensão de seus efeitos sobre o desempenho das aves. Bueno et al. (2020) concluíram que até 3 horas de estresse cíclico por calor por dia em frangos de corte, com temperatura de 36 °C, 35 °C, 34 °C e 33 °C, respectivamente nas idades de 14 a 20, 21 a 27, 28 a 34 e 35 a 42 dias, não foram suficientes para aumentar a taxa de mortalidade.

Outro ponto a considerar, além dos fatores envolvidos na constituição de uma onda de calor é o fato de que os animais podem se adaptar a diferentes condições meteorológicas, mas pode ser severamente desafiados por ondas de calor repentinas onde não há tempo suficiente para adaptação às novas condições de calor (Villagrà et al. 2010). Balnave (2004) afirmou que os frangos se aclimatam a temperatura ambiente elevada quando a temperatura durante a noite reduz para 25 °C ou menos, pois há uma compensação, permitindo a recuperação do estresse por calor enfrentado durante o dia. Em aviários semiclimatizados já existentes na região têm-se como possibilidade para minimizar o estresse por calor gerado nas criações de frangos de corte, a adequação dos galpões, adaptando aviários semiclimatizados para climatizados.

A maior mortalidade durante o transporte até a plataforma de abate em dias com ITU de alerta e de emergência em comparação ao transporte em dias de conforto térmico pode ser explicado no fato de que durante o transporte os frangos ficam expostos a um microclima que é formado no ambiente das caixas de transporte e com isso a ave tem dificuldade de dissipar calor para o ambiente levando o animal a hipertermia e morte. Barbosa Filho et al. (2014) encontraram que no verão quanto maior a temperatura ambiente, maior a mortalidade no transporte e verificaram valores de 0,24% em temperatura de 25,1 °C; 0,33% sob 25,9 °C e 0,42% sob 29,1 °C. Warris et al. (2005) observaram que quanto maior o estresse por calor durante o transporte de frangos, maior a porcentagem de aves mortas e verificaram que em temperaturas de até 16,9 °C a mortalidade foi de 0,09 a 0,10%; entre 17,0 e 19,9 °C foi de 0,13%, um aumento de 30% em relação até 16,9 °C; entre 20,0 e 22,9 °C aumentou para 0,26%, um acréscimo de 2,6 vezes em relação a até 16,9 °C e entre 23,0 e 26,9 °C para 0,66%, um aumento de 6,6 vezes em relação a 16,9 °C. Dos Santos et al. (2020) observaram que as temperaturas registradas no interior das caixas de transporte foram em média  $29,1 \pm 2,74$  °C, sendo superior a faixa de temperatura preconizada para frangos de 48 dias de idade. Como melhoria para o ambiente térmico tem-se a opção de programar o transporte das cargas de frango para o abatedouro durante os períodos com temperaturas mais baixas (pela noite e ou madrugada em regiões tropicais); molhar a carga antes do início do transporte; instalar coberturas de polietileno no caminhão como forma de reduzir a incidência da radiação solar com a finalidade de diminuir a carga térmica no interior das caixas de frangos; controle constante da temperatura e umidade durante o transporte, dentre outras.

## Conclusões

O peso ao abate e o ganho de peso diário de frangos criados em sistema semiclimatizados e em climatizados não são influenciados por ondas de calor com duração de 10 ou mais dias que ocorrem dos 14 dias de idade ao abate, em ambiente tropical. Entretanto, a taxa de mortalidade é maior em aviário semiclimatizado em

relação ao aviário climatizado. A taxa de mortalidade durante o transporte das aves até o abatedouro aumenta com o acréscimo do Índice de Temperatura e Umidade máximo. No futuro é interessante estudar a influência da duração diária da onda de calor em relação aos efeitos sobre os frangos de corte.

**Agradecimentos.** - Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

### Referências

- Abreu PG, Abreu VMN (2000) Ventilação na avicultura de corte. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia
- Aradas MEC, Naas LA, Salgado DD (2005) Comparing the thermal environment in broiler houses using two bird's densities under tropical conditions. E-journal - CIGR, Texas A&M, USA, v. VII, p. 1-10, 2005
- Akşit M, Yalçın S, Özkan S, Metin K, Özdemir D (2006) Effects of temperature during rearing and crating on stress parameters and meat quality of broilers. Poult Sci DOI: 10.1093/ps/85.11.1867
- Andreazzi MA, Pinto JS, Santos JMG, Cavalieri FLB, Matos NCS, Barbieri IO (2018) Desempenho de frangos de corte criados em aviário convencional e dark-house. Rev Univ Vale Rio Verde 16(1):1-6. ISSN: 1517-0276
- Balnavé D (2004) Challenges of accurately defining the nutrient requirements of heat-stressed poultry. Poult Sci. <https://doi.org/10.1093/ps/83.1.5>
- Barbosa Filho JAD, Vieira FMC, Silva IJO, Garcia DB, Silva MAN, Fonseca BHF (2009) Transporte de frangos: Caracterização do microclima na carga durante o inverno. Rev Bras Zootec <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001200021>
- Barbosa Filho JAD, Queiroz MLV, Brasil, DF, Vieira FMC, Silva IJO (2014) Transport of broilers: load microclimate during Brazilian summer. Eng Agríc. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162014000300003>
- Bueno JPR, Gotardo LRM, Santos AL, Litz FH, Oliveira JPR, Gotardo LRM, Alves RLOR, Moraes CA, Alves RLOR, Nascimento MRBM (2020) Effect of cyclic heat stress on thyroidal hormones, thyroid histology, and performance of two broiler strains. Int J Biometeorol <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01886-0>
- Damasceno FA, Schiassi L, Saraz JAO, Gomes RCC, Baêta FC (2010) Concepções arquitetônicas das instalações utilizadas para a produção avícola visando o conforto térmico em climas tropicais e subtropicais. Pubvet 4 991 ISSN: 1982-1263
- Jiang NN, Xing T, Wang P, Xie C, XU (2015) Effects of Water-misting Sprays with Forced Ventilation after Transport during Summer on Meat Quality, Stress Parameters, Glycolytic Potential and Microstructures of Muscle in Broilers. Asian Australas J Anim Sci <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.15.0152>
- Marchini CFP, Fernandes EA, Nascimento MRBM, Araujo E G, Guimaraes EC, Bueno JPR, Fagundes NS, Café, MB (2018) The effect of cyclic heat stress applied to different broiler chicken brooding stages on animal performance and carcass yield. Rev Bras Ciênc Avíc <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2017-0672>
- Martins CL, Oliveira DR, Reis EP, Oliveira Junior RC (2017) Desempenho de frangos de corte submetidos a diferentes sistemas de trocas de ar. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia 2017 BELÉM Disponível em: [https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2017/agronomia/44\\_ddfdcsa.pdf](https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2017/agronomia/44_ddfdcsa.pdf)

- Medeiros CM, Baêta FC, Oliveira RFM, Tinôco IFF, Albino LFT, Cecon PR (2005). Índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. *Rev bras eng agríc ambient* 9(4):660-665
- Santos VM, Dallago BSL, Racanicci AMC, Santana ÂP, Cue RI, Bernal FEM (2020) Effect of transportation distances, seasons and crate microclimate on broiler chicken production losses. *PLoS ONE* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232004>
- Souza APO, Molento CFM (2015) Atualidades e perspectivas em bem-estar animal. *Revista Avicultura Paraná* 45: 36-37
- Sossidou EN, Tsiplakou E, Zervas G (2014) Options for managing livestock production systems to adapt to climate change. *Journal of Earth Science and Engineering* 4:415-427
- Tinôco IFF (2001) Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. *Rev Bras Ciênc Avíc* <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2001000100001>
- Vescovi LG (2018) Desempenho de frangos de corte produzidos em sistema convencional, climatizado e dark house. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal da Fronteira Sul
- Villagrà A, Olivas I, Fernández N, Lainez M, Fitas V, Torres AG (2010) Effect of a simulated heat wave on stress parameters of broiler chicken housed at two different stocking densities. *Agric Eng Int: CIGR Journal* 12: 82-86
- Warris PD, Pagazaurtundua A, Brown SN (2005) Relationship between maximum daily temperature and mortality of broiler chickens during transport e lairage. *Br Poult Sci* <https://doi.org/10.1080/00071660500393868>
- Zuo J, Pullen S, Palmer J, Bennetts H, Chileshe N.; Ma T (2015) Impacts of heat waves and corresponding measures: a review. *J Clean Prod* <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.078>

## ANEXO A – Normas do Periódico “International Journal of Biometeorology”

**ARTIGO CIENTÍFICO:** é o relato completo de um trabalho experimental. Os artigos devem ser redigidos em inglês, na forma impessoal.

### FOLHA DE ROSTO

A página de título deve incluir:

- O (s) nome (s) do (s) autor (es)
- Um título conciso e informativo
- A afiliação do (s) autor (es), ou seja, instituição, (departamento), cidade, (estado), país
- Uma indicação clara e um endereço de e-mail ativo do autor correspondente
- Se disponível, o ORCID de 16 dígitos do (s) autor (es)

**RESUMO:** 150 a 250 palavras. O resumo não deve conter abreviações indefinidas ou referências não especificadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** 4 a 6 palavras-chave

**FORMATAÇÃO DE TEXTO:** devem ser enviados no Word. As linhas devem ser numeradas e o corpo do texto deve ter espaço 1,5 ou duplo.

- Use uma fonte normal e simples (por exemplo, Times Roman de 10 pontos) para o texto.
- Use itálico para enfatizar.
- Use a função de numeração automática de páginas para numerar as páginas.

**Cabeçalhos:** use não mais que três níveis de títulos exibidos.

**Abreviações:** devem ser definidas à primeira menção e usadas de forma consistente.

**Notas de rodapé:** podem ser usadas para fornecer informações adicionais, que podem incluir a citação de uma referência incluída na lista de referências. Eles não devem consistir apenas em uma citação de referência e nunca devem incluir os detalhes bibliográficos de uma referência. Eles também não devem conter figuras ou tabelas. São numeradas consecutivamente; aqueles nas tabelas devem ser indicados por letras minúsculas sobrescritas (ou asteriscos para valores de significância e outros dados estatísticos). As notas de rodapé do título ou dos autores do artigo não recebem símbolos de referência. Sempre use notas de rodapé em vez de notas de fim.

### ESTRUTURANDO O ARTIGO:

Organize seu artigo da seguinte forma:

- **Introdução:** A introdução deve indicar o objetivo da investigação e fazer uma breve revisão da literatura pertinente.
- **Materiais e métodos:** Esta seção deve seguir a Introdução e fornecer informações suficientes para permitir a repetição do trabalho experimental.

- **Resultados:** Esta seção deve descrever o resultado do estudo. Os dados devem ser apresentados da forma mais concisa possível, se apropriado na forma de tabelas ou figuras, embora tabelas muito grandes devam ser evitadas.
- **Discussão:** deve ser uma interpretação dos resultados e seu significado com referência ao trabalho de outros autores.
- **Conclusões (opcional):** Os autores podem desejar fornecer um breve resumo dos resultados e suas implicações e orientações para pesquisas futuras.
- **Reconhecimentos:** Estes devem ser o mais breve possível. Qualquer concessão que exija reconhecimento deve ser mencionada. Os nomes das organizações financiadoras devem ser escritos na íntegra.
- 
- **Referências:** Elas devem incluir apenas fontes que foram citadas diretamente no manuscrito e devem ser listadas em ordem alfabética pelo sobrenome do primeiro autor (família). Estes não devem ser numerados. Consulte as instruções específicas sobre formatação abaixo.

**Estilo científico:** Os nomes de gênero e espécie devem estar em itálico.

## Referências:

### Citação

Cite referências no texto por nome e ano entre parênteses. Alguns exemplos:

- A pesquisa de negociação abrange muitas disciplinas (Thompson, 1990).
- Este resultado foi posteriormente contradito por Becker e Seligman (1996).
- Este efeito tem sido amplamente estudado (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso e Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

### Lista de referência

A lista de referências deve incluir apenas trabalhos citados no texto e publicados ou aceitos para publicação. Comunicações pessoais e trabalhos não publicados devem ser mencionados apenas no texto. Não use notas de rodapé ou notas finais como um substituto para uma lista de referência.

As entradas da lista de referências devem ser alfabetizadas pelos sobrenomes do primeiro autor de cada trabalho. Solicite publicações com vários autores do mesmo primeiro autor em ordem alfabética em relação ao segundo, terceiro etc. autor. Publicações exatamente do mesmo autor (s) devem ser ordenadas cronologicamente.

- Artigo de jornal

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Efeito do treinamento intermitente de alta intensidade na variabilidade da frequência cardíaca em crianças pré-púberes. Eur J Appl Physiol 105: 731-738. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>

Idealmente, os nomes de todos os autores devem ser fornecidos, mas o uso de "et al" em longas listas de autores também será aceito:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Futuro do seguro de saúde. *N Engl J Med* 965: 325–329

- Artigo por DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Implicações clínicas da produção desregulada de citocinas. *J Mol Med*. <https://doi.org/10.1007/s001090000086>

- Livro

J sul, Blass B (2001) O futuro da genômica moderna. Blackwell, Londres

- Capítulo de livro

Brown B, Aaron M (2001) A política da natureza. In: Smith J (ed) O surgimento da genômica moderna, 3ª edn. Wiley, Nova York, pp 230-257

- Documento online

Cartwright J (2007) Grandes estrelas também têm clima. *PIO Publicando PhysicsWeb*. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Acessado em 26 de junho de 2007

- Dissertação

Trent JW (1975) Insuficiência renal aguda experimental. Dissertação, Universidade da Califórnia

## **Tabelas**

- Todas as tabelas devem ser numeradas usando algarismos arábicos.
- As tabelas devem sempre ser citadas no texto em ordem numérica consecutiva.
- Para cada tabela, forneça uma legenda (título) explicando os componentes da tabela.
- Identifique qualquer material publicado anteriormente, fornecendo a fonte original na forma de uma referência no final da legenda da tabela.
- As notas de rodapé das tabelas devem ser indicadas por letras minúsculas sobrescritas (ou asteriscos para valores de significância e outros dados estatísticos) e incluídas abaixo do corpo da tabela.



