



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**INFLUÊNCIA DO AQUECIMENTO GLOBAL NO
CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA UTILIZADA
PARA ARREFECIMENTO TÉRMICO NA
PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE E
SUÍNOS EM MATO GROSSO DO SUL**

NATÁLIA COIMBRA DA SILVA

**DOURADOS, MS
MAIO/2018**

**INFLUÊNCIA DO AQUECIMENTO GLOBAL NO CUSTO DA
ENERGIA ELÉTRICA UTILIZADA PARA ARREFECIMENTO
TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE E
SUÍNOS EM MATO GROSSO DO SUL**

NATÁLIA COIMBRA DA SILVA
(Tecnóloga em Agroecologia)

Orientador: Prof. Dr. RODRIGO COUTO SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da
Faculdade de Ciências Agrárias da
Universidade Federal da Grande Dourados.
Área de concentração: Engenharia de
Sistemas Agrícolas, como requisito à
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Agrícola.

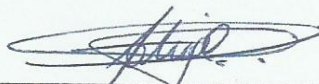
DOURADOS, MS
MAIO/2018

**INFLUÊNCIA DO AQUECIMENTO GLOBAL NO CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA
UTILIZADA PARA ARREFECIMENTO TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE FRANGOS
— DE CORTE E SUÍNOS EM MATO GROSSO DO SUL**

NATÁLIA COIMBRA DA SILVA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

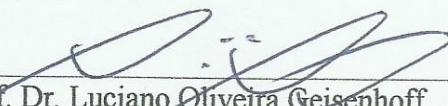
Aprovada em: 10/05/2018.



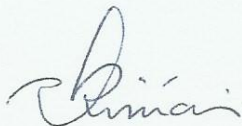
Prof. Dr. Rodrigo Couto Santos
Orientador – FCA/UFGD



Prof. Dr. Roberto Carlos Orlândo
FCA/UFGD



Prof. Dr. Luciano Oliveira Geisenhoff
FCA /UFGD



Prof. Dr. Vinícius de Oliveira Ribeiro
EA/UEMS

EPÍGRAFE

“Que os nossos esforços desafiem as impossibilidades.
Lembraí-vos de que as grandes proezas da história, foram
conquistadas do que parecia impossível”.
(Charles Chaplin)

DEDICATÓRIA

Eu dedico,

A Deus!

A meus pais, João e Mara, pelo carinho e apoio nessa caminhada, por serem meu
alicerce durante toda minha vida!

À vida!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre presente em minha vida, por todas as coisas que me enviou durante minha jornada, ainda tenho muito a aprender, por isso agradeço pelos dias que ainda estão por vir.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, que sempre foram muito atenciosos e me auxiliaram com suas orientações. Em especial, meu agradecimento aos professores: Eder Pereira Gomes e Cristiano Márcio Alves de Souza.

DESTACO MEU AGRADECIMENTO, ao Professor Doutor Rodrigo Couto Santos, orientador, que me conduziu sabiamente à realização deste trabalho, meu muito obrigada por compartilhar tão precioso tempo e conhecimento. Que Deus lhe permita sempre vida em abundância.

À minha irmã Maria Fernanda, ao meu irmão Douglas, que continuam acreditando, e torcendo, para minha vitória nos momentos difíceis da vida. Em especial, agradeço aos meus pais Mãe Mara Raquel e Pai João Carlos, guerreiros que souberam lutar quando houve guerra e teve sabedoria para vencê-la, são e sempre serão meu alicerce. Ao meu esposo e confidente, Dinik Osel, por estar sempre ao meu lado, pela sua compreensão, por ser o que é pôr o que pode ser! Incondicional é meu amor por você. Sou grata por me fortalecerem com suas palavras de apoio, motivação e confiança! Por fim, agradeço à família!

Aos amigos que continuam meus amigos, suportando minhas manias, que me falam verdades e me aceitam como sou; que me desejam o melhor da vida e quando preciso de forças, sempre encontram uma palavra amiga para me fazer seguir. Em especial, aos amigos: Maiara Pusch, Karoline Arguelho, Stael Caroline, Mauricio Batillani, Juliano Lovatto e Rafael Zucca. Obrigada a todos!

À Capes pela bolsa concedida, tornando possível a realização de um sonho.

RESUMO GERAL

O presente estudo tem como objetivo mapear o clima de Mato Grosso do Sul em tempos de aquecimento global, aplicar “Índices de Conforto Ambiental” para avaliação dos níveis de bem-estar de frangos de corte e suínos e estimar a necessidade de uso de sistemas de arrefecimento térmico que utilizam energia elétrica para seu funcionamento em instalações utilizadas na produção comercial de frangos de corte, com base no clima do estado. Para alcançar o objetivo utilizou-se dados climáticos diários disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com os quais calculou-se a Entalpia (H) e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) máximo médio horário de aves e suínos, dos períodos de verão de 2001 a 2017, com informações de todas as estações climáticas automáticas do estado do Mato Grosso do Sul. A partir de dados climáticos, espacializados em ambiente SIG foram gerados mapas temáticos de Entalpia (H) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) máximo médio horário, com auxílio da álgebra de mapas. Aplicando conceitos de ambiência e produção na discussão do cenário observado, do ponto de vista climático, sugere-se novas regiões no estado para instalação de suinoculturas além dos atuais polos produtores, como Costa Rica (norte) e Sete Quedas (sul). E com o auxílio da álgebra de mapas e conceitos de ambiência sobre níveis de exposição ao estresse climático foi possível concluir que o uso de Entalpia (H) para tomada de decisão sobre acionamento de sistemas de arrefecimento térmico de galpões avícolas é mais rigoroso que o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) refletindo em maior consumo de energia elétrica.

Palavras-chave: Ambiência, Custos de Produção, Geoestatística, Instalações Rurais, Variáveis Climáticas.

GENERAL ABSTRACT

The present study aims to map the climate of Mato Grosso do Sul in times of global warming, to apply "Indexes of Environmental Comfort" to evaluate the levels of well-being of broilers chickens and swine and to estimate the need to use thermal cooling systems that use electric energy for their operation in facilities used in the commercial production of broilers chickens, based on the state climate. In order to reach the objective, daily climatic data provided by the National Institute of Meteorology (INMET) were used to estimate Enthalpy (H) and the Temperature and Humidity Index (THI) average maximum of broiler chickens and swine, of the summer periods from 2001 to 2017, with information from all the automatic climatic stations in the state of Mato Grosso do Sul. From the climatic data, spatialized in SIG environment, thematic maps of Enthalpy (H) and Temperature and Humidity Index (THI) were generated, with the aid of map algebra. Applying ambience and production concepts in the discussion of the observed scenario, from the climatic point of view, it is suggested new regions in the state for the installation of swine breeding besides the present poles producers, as Costa Rica (north) and Sete Quedas (south). And with the aid of map algebra and ambience concept on levels of exposure to climatic stress it was possible to conclude that the use of Enthalpy (H) for decision making on system activation of thermal cooling systems of poultry houses is more rigorous than the Temperature and Humidity Index (THI) reflecting on higher consumption of electricity.

Keywords: Ambience, Production Costs, Geostatistics, Rural Installations, Climatic Variables.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Zona de Conforto para aves e suínos.	6
Tabela 2. Intervalos dos níveis de conforto térmico para a produção de suínos.	29
Tabela 3. Estatística descritiva para as variáveis ambientais em produção de suínos, nos diferentes períodos de verões estudados.	33
Tabela 4. Intervalos dos níveis de conforto térmico para a produção de aves.	42
Tabela 5. Localização geográfica das estações meteorológicas utilizadas para o estudo.	53
Tabela 6. Representação das variáveis climáticas correlacionadas aos períodos.	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A) Vista interna de instalação Convencional de aves e B) vista interna de uma instalação do tipo Convencional para suínos. Fonte: A) Repositório Digital de Carlos Pena e B) Portal Suínos e Aves.	12
Figura 2. A) Vista interna, B) vista externa de instalação com Sistema Adiabático Evaporativo e C) Exaustores. Fonte: Avicultura Industrial.	13
Figura 3. A) Vista externa; B) e C) vista interna de instalações do tipo Dark House. Fonte: Túlio Medeiros Marçal.	14
Figura 4. A) Vista externa e B) vista interna de instalação do tipo Isotérmico. Fonte: FERREIRA (2017).	15
Figura 5. Mapa das mesorregiões de MS com a localização dos municípios estudados.	27
Figura 6. Representação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) dos períodos de verões de 2001 a 2017 em MS.	31
Figura 7. Representação do Índice de Entalpia (H) dos períodos de verões de 2001 a 2017 em MS.	32
Figura 8. Municípios que apresentaram situação desconforto ambiental de acordo com A) Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e B) Índice Entalpia (H) para o estado de Mato Grosso do Sul.	44
Figura 9. Representação dos maiores municípios produtores de aves de Mato Grosso do Sul em função da necessidade de uso energético com arrefecimento térmico em instalações rurais do tipo Dark House de acordo com o índice H.	46

LISTA DE ABREVIACÕES

ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
CV	Coeficiente de Variação
FAMASUL	Federação da Agricultura e Pecuária do Mato Grosso do Sul
FAS	Foreign Agricultural Service
H	Entalpia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Índice de Dependência Espacial
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
MS	Mato Grosso do Sul
N	Número de estações estudadas
SRAE	Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo
Ta	Temperatura do ar
UFGD	Universidade Federal da Grande Dourados
UR	Umidade Relativa do ar
USDA	United States Department of Agriculture

SUMÁRIO

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1. Panorama geral da suinocultura e avicultura	2
1.2. Ambiência e bem-estar animal	3
2.6. Zona de conforto térmico na produção de aves e suínos	4
1.4. Capacidade termorregulatória.....	6
1.5. Temperatura e Umidade Relativa do Ar	7
1.6. Índices de Conforto Térmico Ambiental	8
1.7. Custo de produção e Consumo de energia.....	10
1.8. Tipos de instalações rurais.....	11
1.8.1. Construções Convencionais.....	11
1.8.2. Construções com Sistema Adiabático Evaporativo	12
1.8.3. Construções Dark House	13
1.8.4. Construções Isotérmicas	14
1.9. Uso da Geociência na produção animal	15
1.9.1. Interpolação Espacial.....	16
1.10. Objetivo da pesquisa.....	17
1.11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
Capítulo 2 - ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE MAPAS TEMÁTICOS DE ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO PARA SUINOCULTURA EM MATO GROSSO DO SUL/BRASIL.....	24
2.1. INTRODUÇÃO.....	26
2.2. METODOLOGIA.....	27
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
2.4. CONCLUSÕES	34
2.5. AGRADECIMENTOS	34
2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
Capítulo 3 – AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA PARA ARREFECIMENTO TÉRMICO NA AVICULTURA EM FUNÇÃO DO CLIMA DE MATO GROSSO DO SUL.....	38
3.1. INTRODUÇÃO.....	40
3.2. METODOLOGIA	41
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.4. CONCLUSÕES.....	47

3.5.	AGRADECIMENTOS	47
3.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
Capítulo 4 –	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
APÊNDICE		52

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO GERAL

Chapter 1 – GENERAL INTRODUCTION

1.1. Panorama geral da suinocultura e avicultura

Das cadeias produtivas de carne, a suína e avícola são as que possuem maior relevância em termos globais. A produção mundial segue patamares de 91,3 milhões de toneladas de carne avícola e 113,1 milhões de toneladas de carne suína, conforme estimativas da *Foreign Agricultural Service / United States Department of Agriculture*, para 2018 (FAS/USDA, 2017), e isso contribuiu para mudanças tecnológicas em processos de produção e de abate, no intuito de obter melhor qualidade dos produtos, atendendo à demanda de mercado, segundo Filho et al. (2017).

Em 2016, com as exportações de carne suína e avícola, o Brasil chegou ao seu nível recorde, com 32% e 2% a mais que 2015 (ABPA, 2017). Segundo previsões da *Foreign Agricultural Service / United States Department of Agriculture* (FAS/USDA, 2017), as exportações de carne suína e avícola devem aumentar, em 2018, até 2% e 1%, respectivamente. A expectativa se concentra principalmente na continuidade do nível elevado de embarques para a China e países asiáticos.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (ABPA, 2017), do total de carne suína produzida no país em 2016, 3.731 mil toneladas, 19% foi destinado para atender às demandas do mercado interno e 80,4% do externo.

O Brasil vem se consolidando como exportador, sendo que a produção suinícola e avícola se concentra, respectivamente, na Região Sul com 69,3% e 63,63% do país, seguida pelas Regiões Sudeste com 16,27% e 17,81%, Centro-Oeste com 14,3% e 15,16%, Nordeste com 0,04% e 2,09% e Norte com 0,93% e 0,81% (IBGE 2016).

Segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2017), a região Sul representou 89,69% e 78,78% do total de animais abatidos do rebanho suíno e de aves, respectivamente, no Brasil em 2016.

De acordo com a Federação da Agricultura e Pecuária do Mato Grosso do Sul (FAMASUL, 2017), no Estado de Mato Grosso do Sul, a exportação resultante da atividade suinícola em 2016 cresceu 16% devido ao fomento do setor industrial, que encontrou viabilidade para esse mercado na distribuição geográfica e no cultivo de grãos.

A cautela em relação ao aumento do plantel deve ser ainda maior por parte do produtor independente, que arca com os riscos atrelados tanto às variações nos valores de venda do animal para abate quanto nos preços pagos pelos insumos. A atitude, de modo geral, é de atenção para que não ocorra “sobreoferta” de carne no mercado nacional, que,

por sua vez, não tem absorvido facilmente excedentes de produção, mesmo a preços menores (QUEIROZ et al., 2017).

Dessa forma, a suinocultura e avicultura são atividades promissoras, e os estudos voltados ao desenvolvimento destas podem ajudar a preencher a lacuna existente nas questões de ambiência, bem-estar animal e qualidade da carne, bem como a sustentabilidade das atividades.

1.2. Ambiência e bem-estar animal

A difusão e a aceitação dos conceitos de bem-estar animal estão presentes dentre os sistemas de produção animal. Broom (1986) define bem-estar como um estado de um indivíduo em relação às tentativas de se relacionar ao seu ambiente, demonstrando assim o conforto, seja mental ou físico, no ambiente em que está inserido.

Para que haja bem-estar, o animal, independentemente de seu local, deve ser livre de fome e sede, tendo acesso à água fresca e à alimentação; ser livre de desconforto, oferecendo um ambiente adequado para se abrigar e descansar; livre de dor, seja por prevenção ou diagnóstico rápido; livre para expressar seu comportamento natural, proporcionando espaço suficiente e instalações adequadas; e livre de medo e angústia, garantindo condições e tratamento que evitem sofrimento mental (BRAMBELL, 1965; FROEHLICH, 2017).

A sociedade brasileira e os mercados, tanto exportadores quanto importadores de produtos de origem animal, exigem padrões mínimos de bem-estar animal nas cadeias produtivas. Diante disso, acatar aos requisitos de bem-estar se tornou uma característica essencial do produto, expressando um potencial valor econômico, contribuindo em uma melhora importante no conforto dos animais, minimizando perdas nos sistemas produtivos (MAPA, 2014).

Segundo Wiebusch et al. (2017) a aplicação do bem-estar para que se ofereça conforto necessário ao animal exige investimentos financeiros. Entretanto, existe uma carência de recursos disponíveis, refletindo nas ações que serão praticadas em relação ao bem-estar animal.

Diante disso, existem sistemas de produção que aplicam os conceitos de bem-estar animal, exigindo maiores quantidades de recursos e mão-de-obra, e por usarem esses fatores com valores mais elevados, resultam em custos de produção adicionais. Assim,

custos mais elevados podem funcionar como um entrave para adoção de boas práticas de bem-estar na produção animal (LLONCH et al., 2015).

Entretanto, a adoção de sistemas que sigam as diretrizes de bem-estar pode representar maior retorno econômico, devido à busca por produtos de origem animal que se enquadrem nas diretrizes e à liberdade em expressar seu comportamento de conforto, resultando em maior produtividade (SANTOS et al., 2016).

Para Freitas et al. (2017), a garantia de conforto térmico aos animais está em identificar ocasiões que ofereçam o desconforto, e utilizar técnicas que garantam melhores condições térmicas no ambiente. Toda espécie animal precisa de condições específicas para o melhor desempenho, assim, mudanças no comportamento dos animais podem ser sinais de estresse calórico, sendo necessário utilizar algumas estratégias relacionada ao manejo para proporcionar conforto.

No Brasil, o estresse térmico é o principal fator limitante para a manutenção do bem-estar dos animais de produção, que ocorre em função do calor e do frio, e quando submetidos a situações de desconforto térmico o desempenho animal é afetado, trazendo prejuízos econômicos ao sistema produtivo (SILVA et al., 2016).

Dias et al. (2015) afirmam que variáveis ambientais como temperatura e umidade influenciam nas condições de conforto térmico. Diante disso, torna-se fundamental conhecer as interações entre os animais e seu ambiente de exposição, levando em consideração a capacidade de adaptação ao ambiente de cada animal e a variação da zona de conforto de uma espécie para outra e entre indivíduos da mesma espécie.

Alterações de temperatura e umidade relativa do ar podem afetar de forma considerável o desempenho de um animal, pois este tem dificuldade em eliminar calor do corpo para o ambiente, o que não está ligado somente à umidade relativa alta, mas também a temperaturas altas e baixo movimento do ar, conforme afirma Silva et al. (2013). Posto isso, torna-se evidente a importância do monitoramento e manejo adequado do ambiente de produção, visando o controle ideal da temperatura e umidade relativa do ar, associada a movimentação do ar.

2.6. Zona de conforto térmico na produção de aves e suínos

O Brasil é caracterizado com clima tropical e subtropical, abrangendo altas temperaturas e elevada umidade relativa dentro das instalações. Diante disso, fatores

ambientais são limitantes ao bem-estar das aves e suínos para que estes alcancem alta produtividade, visto que as instalações não conseguem mitigar de forma adequada o estresse ambiental, ocasionando, portanto, diminuição da produção (SANTOS et al., 2016).

Para Staub et al. (2016), a sensação de conforto baseia-se na perda de temperatura corporal para o ambiente, através de mecanismos termorreguladores, assim, o calor é produzido pelo corpo através do metabolismo e sua perda de calor é menor em temperaturas altas do que em temperaturas baixas.

Uma maneira de reduzir as condições térmicas inadequadas dentro das instalações é fazer uso de sistemas de arrefecimento térmico, pois estes possibilitam o aumento das trocas térmicas por convecção e proporcionam uma melhora na oxigenação do ambiente, diminuindo os efeitos negativos da umidade relativa do ar inadequada, a concentração de gases tóxicos e o excesso da concentração de poeira, além de seu efeito térmico direto, diminuindo a temperatura ambiente a níveis adequados, porém ocasionando aumento do custo operacional (CARVALHO et al., 2016).

A instalação deve promover um ambiente confortável com o mínimo de consumo de energia na conservação ou dissipação do calor, de forma que seja possível ter o menor custo para que o animal possa expressar seu máximo potencial produtivo, pois esse resultado pode significar a viabilidade econômica do negócio (ARAÚJO et al., 2017).

Todo animal possui uma zona de conforto térmico diferente, que varia de uma espécie para outra, ou até mesmo dentro da mesma espécie, em função da idade, nível nutricional, fase de produção, genética, entre outros. O estabelecimento das faixas de temperatura e umidade relativa do ar, das condições de conforto e estresse para frangos de corte da 1º a 6º semana (abate) e suínos em fase de crescimento à terminação, por faixa de peso (em Kg), para facilitar o manejo e o controle do ambiente, foi proposto por Leal; Nääs (1992) e Barbosa Filho et al. (2007), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Zona de Conforto para aves e suínos.

Animal	Temperatura ideal (°C)	Umidade ideal (%)	ITU ideal (Adm)	H ideal (kJ. kg ⁻¹)
Frangos de corte				
1ª semana	32-35	60 - 70	74	77-88
2ª semana	29-32			66-77
3ª semana	26-29			57-66
4ª semana	23-26			49-57
5ª semana	18-23			39-54
6ª semana	< 20			37-52
Suínos (kg)				
20-35	18-28	60 - 70	75	48-53
35-60	16-26			54-63
60-100	12-26			64-73

Barbosa Filho et al. (2007), Abreu; Abreu (2001), Gates et al. (1995) e Leal; Nääs (1992), adaptado.

O estresse térmico pode ser relacionado ao excesso de calor externo no ambiente de criação, de tal modo que cada animal tende a expressar mudanças de comportamento quando se encontra em situação de estresse calórico (FROEHLICH, 2017). Posto isso, é comum frangos de corte quando expostos a ambiente térmico inadequado responderem com alterações comportamentais, como ofegação, penas eriçadas e asas abertas; reações bioquímicas e fisiológicas, como a depressão, refletindo em decréscimo produtivo, reprodutivo e da sua resistência a doenças. Já no caso de suínos, eles tendem a apresentar maior porcentual de gordura, aumento de enfermidades, estresse, perda de peso, aumento da atividade respiratória e prostração.

1.4. Capacidade termorregulatória

De acordo com Barbosa et al. (2017), o acompanhamento da temperatura ambiente é importante para o desenvolvimento de suínos e de aves em todas as etapas da sua vida. Na fase inicial em que representa 1º, 2º ou 3º semana, a variação de temperatura interna dos animais se altera seguindo a do ambiente, estes são denominados poiquilotérmicos; necessitando, assim, de uma fonte de aquecimento para alcançar o conforto térmico necessário para seu desenvolvimento. De acordo com o ritmo de crescimento, a necessidade de aquecimento diminui já na fase adulta, representada pela 4º, 5º ou 6º semana, assim, tais animais são denominados endotérmicos por conseguirem manter a temperatura corporal dentro dos limites de conforto em condições ambientes normais.

Conforme aumentam a frequência respiratória, ocorre também um aumento da quantidade de calor dissipada para o meio, assim o mecanismo termorregulatório gera maior gasto de energia, pois necessita de maiores contrações musculares, o que aumenta a produção de calor, podendo agravar o quadro de hipertermia, causando a morte das aves. Posto isso, com o aumento sucessivo da temperatura ambiente, as trocas de calor sensíveis tornam-se menos eficientes (BERTON et al., 2015).

Segundo Gussule et al., (2017), tanto as aves quanto os suínos, devido à ausência de glândulas sudoríparas em seus organismos, não possuem a capacidade de transpirar, assim, o mecanismo de dissipação de calor é considerado o mais competente em situações de altas temperaturas, através da elevação da frequência respiratória; entretanto, com o aumento da frequência, a consistência das fezes se tornam mais líquidas e mais umidade é adicionada ao ar do ambiente, havendo uma crescente perda de água por evaporação, induzindo a um aumento da ingestão de água, sendo assim, aumenta-se a dificuldade de dissipação de calor através da evaporação.

Os autores Almeida et al. (2017) asseguram que suínos e aves não toleram altas temperatura e umidade ao mesmo tempo, pois não são capazes de manter a frequência respiratória elevada a ponto de remover o excesso de calor corporal, assim, quanto mais elevada a umidade relativa do ar, menor será a quantidade de água evaporada através das vias aéreas, resultando em uma respiração ainda mais ofegante do animal.

Os fatores térmicos ambientais afetam diretamente aves e suínos, uma vez que comprometem a manutenção de sua homeotermia, tal qual é a sua função vital mais importante, onde o desempenho produtivo é reduzido na tentativa de conservar a homeotermia corporal para se manterem vivos em ambientes com elevada temperatura; desse modo, a maior parte de sua energia é destinada para a manutenção do seu bem-estar através do conforto térmico quando ocorre a alteração do funcionamento normal em seu metabolismo (QUEIROZ et al., 2017).

1.5. Temperatura e Umidade Relativa do Ar

Com as mudanças climáticas, torna-se um desafio manter a produção de aves e suínos sem que seja necessário investimentos em dispositivos de arrefecimento térmico, pois esses animais são homeotérmicos e sensíveis às oscilações do ambiente, como temperatura e umidade relativa do ar (VIGODERIS et al., 2016).

De acordo com Lourençoni (2017), o excesso de calor é o principal fator que influencia no aumento da taxa de mortalidade. Assim, as aves e suínos são dependentes de um ambiente adequado para poderem expressar seu máximo potencial produtivo.

Para Dias et al. (2015), em extremos de temperaturas, seja calor ou frio, os animais homeotérmicos não conseguem se adaptar, sendo necessário que sejam acomodados em ambientes que possibilitem realizar o balanço térmico. Em dias com temperaturas muito altas, as aves diminuem ou até interrompem o consumo de ração, já em períodos mais frios tendem a se alimentar mais e se movimentarem menos, adiando o processo de digestão, elevando o risco de contaminação da carcaça durante o abate. No caso de suínos, para assegurar o bem-estar e obter um produto de qualidade é necessário que o manejo pré-abate seja realizado de forma adequada ajustando o animal ao ambiente, de forma a reduzir os níveis de estresse (PEREIRA et al., 2017)

O processo de manutenção da homeotermia resulta em um gasto de energia maior e requer alterações fisiológicas, podendo prejudicar o desempenho do animal ou até mesmo levá-lo à morte, pois a capacidade em suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar. Então, quanto maior a umidade relativa do ar, maior será a dificuldade do animal em remover calor interno por meio das vias aéreas, elevando o aumento da sua frequência respiratória (PADILHA et al., 2017).

1.6. Índices de Conforto Térmico Ambiental

A principal medida para buscar e executar ações atenuantes que minimizem o desconforto animal e a perda de produção é conhecer e identificar variáveis climáticas que influenciam diretamente no desempenho do animal na forma de estresse térmico (CECCHIN et al., 2016). Assim, segundo esse autor, a temperatura, a umidade relativa do ar, a radiação térmica e a movimentação do ar são principais fatores que afetam diretamente as aves e suínos, pois danificam sua função essencial na manutenção da homeotermia.

Existem vários índices utilizados para caracterizar o ambiente em termos de conforto e bem-estar animal, se destacando o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), desenvolvido por Thom (1958) e adaptado por Buffington et al. (1982), que relaciona a temperatura de bulbo seco com a temperatura de bulbo úmido. Um dos índices utilizados para medir o conforto térmico dos animais, englobando os efeitos da temperatura de bulbo

seco, velocidade do ar, umidade e radiação, é a Entalpia (H), adaptado por Barbosa Filho et al. (2007).

Segundo Buffington et al. (1982) o ITU pode ser calculado pela Equação 1.

$$ITU = 46,3 + 0,8Ts + \frac{UR(Ts-14,3)}{100} \quad (1)$$

em que,

Ts = Temperatura do termômetro de bulbo seco, °C;

UR = Umidade relativa do ar, %.

De acordo com Gates et al. (1995), para a produção de aves durante a 3ª semana, considera-se que o ambiente é confortável se o ITU for menor que 74, sendo que entre 74 e 79 representa situação de alerta para a produção, e entre 79 e 84 indica situação de emergência. De acordo com Lima et al. (2007), para a produção de suínos, os valores de ITU menores ou iguais a 75 caracterizam ambiente que proporciona situação normal, acima de 75 até menor que 79 há alerta, perigo de 79 até menos que 84 e maior ou igual a 84 há situação de emergência. Tanto para aves quanto para suínos, quando atingido índices emergenciais, providências são necessárias para não ocorrer perda do plantel.

A Entalpia, adaptada por Barbosa Filho et al. (2007), pode ser calculada por meio da Equação 2:

$$H = \left(6,7 + 0,243 * Ta + \left\{ \frac{UR}{100} * 10^{\frac{7,5 * Ta}{237,3 + Ta}} \right\} \right) * 4,18 \quad (2)$$

em que,

H = Entalpia, KJ/Kg ar seco;

Ta = Temperatura do bulbo seco, °C;

UR = Umidade Relativa do ar, %.

Os valores indicados de H na faixa de 54,7 a 62,9 KJ. Kg⁻¹ de ar seco são caracterizados como confortáveis, para valores entre 63,0 a 68,6 KJ. Kg⁻¹ de alerta ao estresse térmico, valores entre 68,7 a 75,8 KJ. Kg⁻¹ proporcionam condições de perigo, acima de 75,9 KJ. Kg⁻¹ de ar seco há condição emergencial, tanto para a produção avícola quanto a suinícola (BARBOSA FILHO et al., 2007).

Barbosa Filho et al. (2007) ressaltam a atenção quanto ao resultado dessa equação, uma vez que a mesma fornecerá resultados em kcal/kg ar seco e a unidade dos valores é kJ/kg ar seco, devendo então para isso efetuar a multiplicação dos valores obtidos por 4,18.

1.7. Custo de produção e Consumo de energia

O Brasil tem grande vantagem sobre outros países no mercado internacional de aves e suínos, pois possui elementos que contribuem positivamente para a produção, como baixo custo de mão de obra, capacitação para manejo e tratamento de dejetos, ampla extensão territorial e topografia plana, e enorme capacidade de produção de grãos (MOREIRA et al., 2017). Entretanto, ainda segundo esse autor, a região Centro-Oeste possui um clima desfavorável, sendo necessário a climatização das instalações, tanto suinícolas quanto avícolas, para obter-se condições ambientais desejáveis.

Equipamentos de ventilação, exaustão, nebulização e painéis de resfriamento adiabático evaporativo são considerados sistemas de climatização, e uma vez que o uso desses se torna frequente, aumenta-se o consumo de energia elétrica, impactando diretamente no custo de produção, variando conforme a estação do ano, devido às condições climáticas e custo das tarifas de energia elétrica (ZOTTI et al., 2017).

Filho et al. (2017) afirmam a necessidade em compreender os custos de produção no ambiente de criação de suínos e aves, tornando possível prever a rentabilidade da atividade, destacando os possíveis obstáculos do ciclo de produção, além de auxiliar o gestor no desenvolvimento de tomada de decisões permanentes e adequadas durante o processo produtivo.

No ano de 2016, de acordo com Ortelan; Iguma (2017), os gastos com energia elétrica na produção de aves de corte representaram 11,55% no custo total de produção no Mato Grosso do Sul, em contrapartida houve uma diminuição de 2,55% no período de um ano devido ao aumento no nível dos reservatórios, o que ocasionou uma alteração das bandeiras tarifárias, reduzindo o valor pago pelo kwh. Para suínos em fase de terminação, os gastos com energia elétrica representaram 4,53% do custo total de produção na região Centro-Oeste.

Já para aves, durante um ciclo completo de produção, o consumo de energia elétrica representa 5,56% do valor total investido. Com o aumento dos efeitos do

aquecimento global no estado, e o aumento das tarifas de energia, a perspectiva é que os custos com energia elétrica e consequentemente os custos de produção aumentem ainda mais a cada ano (IBGE, 2017).

1.8. Tipos de instalações rurais

Embora o cenário atual de produção animal seja favorável, o setor avícola e suinícola tem novos desafios para manter a competitividade e atender aos patamares futuros de produtividade, destacando-se a climatização, que permite melhor acondicionamento térmico do ambiente no interior das instalações (OLIVEIRA; GAI, 2016).

Com o passar dos anos, vários modelos de instalações vêm sendo desenvolvidos, com a finalidade de reduzir os efeitos negativos dos fatores climáticos sobre o desempenho dos animais criados em confinamento. Porém, não existe um padrão único de criatório que atenda às necessidades de controle ambiental para todas as regiões produtoras e animais, visto que cada local tem suas particularidades climáticas que interagem com os animais lá alojados (QUEIROZ et al., 2017).

1.8.1. Construções Convencionais

Esse sistema convencional possui comedouro tubular, bebedouro pendular, não possui sistema de controle artificial da temperatura e o condicionamento térmico é natural, podendo ou não possuir forro e cortina de ráfia amarela, azul ou branca (Figura 1A). Segundo Silva; Ganeco (2016), esse modelo de galpão é bastante influenciado pelas variáveis ambientais, pois depende das condições do clima externo para fornecer um ambiente favorável ao animal alojado (Figura 1B). Assim, as regiões de clima tropical não são as mais indicadas com vistas ao conforto térmico, principalmente considerando-se as variações térmicas ocasionadas pelo aquecimento global.



Figura 1. A) Vista interna de instalação Convencional de aves e B) vista interna de uma instalação do tipo Convencional para suínos. Fonte: A) Repositório Digital de Carlos Pena¹ e B) Portal Suínos e Aves².

De acordo com Ferreira; Santos (2017), o sistema de criação de frangos em instalações Convencional não dispõe de um sistema tecnológico de controle artificial da temperatura e umidade, sendo estes efetuados principalmente pelo manejo das cortinas externas dos aviários ou pelo acionamento de ventiladores dispostos em seu interior. Sendo assim, constitui-se em um sistema que requer maior mão de obra por parte do avicultor, precisando estar sempre atento à necessidade das aves por um ambiente mais propício e adequado ao seu desempenho.

1.8.2. Construções com Sistema Adiabático Evaporativo

De acordo com Vigoderis et al. (2014), em climas tropicais e subtropicais, os altos valores de temperatura, sobretudo no verão, têm sido limitantes ao máximo aproveitamento do potencial genético das aves. Como alternativa, busca-se amenizar os efeitos das altas temperaturas no interior das instalações, com o acondicionamento térmico, por meio do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE) (Figura 2A), forçando a passagem do ar externo através de um material poroso umedecido (Figura 2B), por meio de exaustores (Figura 2C).

¹ Disponível em: <http://criacaodeanimais.blogspot.com.br/2008/12/instalaes-para-frango-de-corte.html>;. Acesso em jan. 2018.

² Disponível em: <http://www.portalsuinoseaves.com.br/2012/12/10/parvovirose-e-leptospirose-suina/>;. Acesso em jan. 2018



Figura 2. A) Vista interna, B) vista externa de instalação com Sistema Adiabático Evaporativo e C) Exaustores. Fonte: Avicultura Industrial.³

Segundo Ali et al. (1999), Arbel et al. (1999) e Tinoco (1998), o sistema de resfriamento evaporativo se tornou padrão em muitas instalações avícolas e casas de vegetação, sendo também usado no arrefecimento de instalações. Entretanto, apresentam inconvenientes, como um alto custo e baixa durabilidade.

1.8.3. Construções Dark House

Após a consolidação da importância do uso de instalações climatizadas com SRAE, estas passaram por um processo de modernização dando origem aos sistemas conhecidos como Dark House (Figura 3). São estruturas totalmente vedadas, com cortinas laterais do tipo blackout e ventilação negativa em modo túnel (exaustores) (Figura 3A). Shimokomaki (2017) e Benson et al. (2013) estudaram o sistema que verificaram que este proporciona resultados significativos de conversão alimentar aos animais alojados quando comparado ao sistema convencional, decorrente de um melhor conforto térmico proporcionado pelo sistema.

Além disso, o ambiente interno geralmente possui forro de lona plástica da cor preta e luminosidade controlada com lâmpadas de LED, no caso de avicultura totalmente fechado (Figura 3B), ocasionando baixo consumo de energia elétrica. Isso também faz com que as aves fiquem mais calmas, trazendo um melhor resultado zootécnico e maior retorno financeiro (GALLO, 2009; ROSA et al., 2017; CRISTO et al., 2017). No caso da suinocultura, por causa dos elevados níveis de amônia dispersos no ar o sistema Dark House costuma tornar o galpão parcialmente fechado, também proporcionando um melhor controle ambiental com conforto aos animais (Figura 3C).

³ Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/galpoes-climatizados-uma-ferramenta-eficiente-aliada-a-alta-productividade/20170201-144126-c248>; Acesso em jan. 2018



Figura 3. A) Vista externa; B) e C) vista interna de instalações do tipo Dark House. Fonte: Túlio Medeiros Marçal⁴.

De acordo com os números apurados entre as integradoras do Brasil e de outros países, o sistema de criação em Dark House é viável técnica e economicamente, não somente para a integradora, mas também para o integrado, devido ao maior número de aves e suínos que podem ser alojados, com melhores índices de desempenho, resultando assim em um aumento da remuneração do produtor, compensando os investimentos nessa tecnologia, como afirma Rovaris (2014).

1.8.4. Construções Isotérmicas

No sistema Isotérmico destaca-se que a pressão negativa requer bastante atenção. Esses galpões são utilizados basicamente como aviários e para que funcionem de maneira eficiente, existe a necessidade que estejam bem isolados e vedados. O isolamento faz com que as condições internas sejam totalmente independentes do exterior, ou seja, não deixa que o frio ou calor, o sol e o vento do ambiente externo interfira no ambiente interno. Também tem como característica um menor custo com manutenção periódica e maior eficiência do sistema de vedação (ABREU; ABREU, 2011).

As construções rurais do tipo Isotérmica vem se evidenciando por possuírem um processo de execução acelerada, manutenção reduzida, menor gasto energético com os sistemas de arrefecimento térmico devido ao menor acionamento decorrente do adequado isolamento das paredes e teto, melhor controle sanitário decorrente da facilidade de lavagem e possibilidade de trabalhar com ventilação estática, dinâmica ou mista (FERREIRA, 2017).

O galpão tipo Isotérmico deve ser construído com fechamento lateral composto por Iso Painéis de poliestireno extrudado, pintados na cor branca, sobre uma mureta de

⁴ Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAezVEAA/utilizacao-sistema-dark-house> . Acesso em abr. 2018

concreto (Figura 4A) e em seu interior, todo forrado por painéis isotérmicos sob o telhado, com iluminação de LED (Figura 4B) (FERREIRA, 2017).



Figura 4. A) Vista externa e B) vista interna de instalação do tipo Isotérmico. Fonte: FERREIRA (2017).

O resfriamento interno é obtido da mesma forma que nos galpões tipo Dark House, por meio de painéis adiabáticos evaporativos instalados em uma das extremidades do aviário e, na direção oposta, um conjunto de exaustores que proporcionam a troca de ar. Porém, devido ao elevado custo de implantação, os galpões do tipo Dark House ainda são os mais utilizados na atividade avícola, sendo por isso os galpões comumente financiáveis por parte dos Bancos que investem nesta atividade.

1.9. Uso da Geociência na produção animal

Uma ferramenta de grande importância para a interpretação da ambiência em galpões é a Geociência, pois é de fácil entendimento, e auxilia nas decisões estratégicas e complexas referentes ao gerenciamento do sistema de produção agrícola e consequentemente nos seus efeitos ambientais (SANTOS et al., 2012).

A Geociência é um ramo da estatística que utiliza conceito de variáveis regionalizadas na avaliação de variabilidade espacial. Não se limita apenas em obter um modelo de dependência espacial, pretende também estimar valores de pontos nos locais onde não foram coletados. É composta por passos de cálculo da semivariância, construção ajuste do semivariograma e a interpolação das informações por krigagem (GOOVAERTS, 1997).

Queiroz et al. (2017) utilizou geoestatística e confecção de mapas para definir áreas com diferentes variabilidades espaciais e atributos microclimáticos de temperatura da cama das aves, velocidade do ar e luminosidade em aviários, auxiliando, assim, na

identificação dos locais mais problemáticos dentro dos galpões. Segundo esses autores, essa ferramenta permitirá que, futuramente, fatores nocivos ao conforto térmico animal sejam corrigidos pontualmente.

Curi et al. (2014) afirmam que as ferramentas do campo da Geociências são utilizadas para analisar a avaliação do controle ambiental do sistema de ventilação em instalações comerciais para frangos de corte, a partir dos atributos temperatura, umidade relativa, velocidade do ar, concentração de dióxido de carbono e amônia, durante o período de verão no interior do aviário. De acordo com a pesquisa, a geoestatística apresentou-se como ferramenta eficiente para a avaliação da distribuição das condições ambientais nos aviários.

A geoestatística é utilizada para caracterizar o ambiente térmico e acústico de aviários, de acordo com a pesquisa realizada por Santos et al. (2012) fazendo uso da álgebra de mapas, que consistem em associar cada local de uma determinada área de estudo a um valor quantitativo ou qualitativo, para a elaboração de cartas temáticas de distribuição espacial do interior do galpão. E com base nos resultados, pode-se concluir que os trabalhadores de uma forma geral não estiveram submetidos a condições ambientais insalubres mesmo nos horários mais quentes do dia.

1.9.1. Interpolação Espacial

A interpolação é obtida através dos modelos estimadores, que podem ser divididos basicamente em modelos determinísticos, aqueles que têm por base critérios apenas geométricos e não fornecem medidas de incerteza associadas, e os modelos estocásticos, nos quais os valores coletados são interpretados como resultados de processos aleatórios e são capazes de quantificar a incerteza presente ao estimador como os modelos geoestatísticos (SANTOS et al., 2016).

Rabello et al. (2014) afirmaram que a estimativa quantitativa da distribuição espacial das variáveis climáticas é requerida em vários propósitos para avaliação de seus impactos sobre a produção animal em uma determinada área. Dessa forma, a visualização de informações com sua locação em mapas é importante para a análise de projetos.

A obtenção de dados para estimativa da variabilidade espacial de áreas torna-se um campo importante na identificação de secas, estudos de modelagem, mudanças climáticas, análise de procedimentos, entre outros (BASISTHA et al., 2008).

A interpolação consiste em um processo matemático de se encontrar valores intermediários entre os valores discretos de uma função, ou seja, encontrar valores não amostrados, baseando-se em valores de dados observados em locais conhecidos (MAZZINI & SCHETTINI, 2009), tendo seus resultados apresentados na forma de mapas de isolinhas.

Dentre os métodos de interpolação espacial destaca-se a Mínima Curvatura ou Spline que diferente de outros métodos de interpolações polinomiais, não utiliza apenas um polinômio de grande ordem para interpolação de todo o conjunto de dados, mas sim divide a série de dados em subconjuntos e utiliza polinômios de pequenas ordens para cada subconjunto (MAZZINI; SCHETTINI, 2009).

1.10. Objetivo da pesquisa

O presente estudo teve como objetivo mapear o clima de Mato Grosso do Sul em tempos de aquecimento global, aplicar “Índices de Conforto Ambiental” para avaliação dos níveis de bem-estar de frangos de corte e suínos, e estudar a necessidade de uso de energia elétrica para arrefecimento térmico em instalações utilizadas na produção comercial de frangos de corte em Mato Grosso do Sul, com base no clima do estado.

Ao final deste estudo, os resultados gerados foram demonstrados nos capítulos 2 e 3 desta Dissertação.

O capítulo 2, denominado **ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE MAPAS TEMÁTICOS DE ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO PARA SUINOCULTURA EM MATO GROSSO DO SUL/BRASIL**, buscou a série histórica de variáveis climáticas oficiais que representassem as diversas regiões de Mato Grosso do Sul, mapeou as mudanças de temperatura em tempos de aquecimento global aplicou “Índices de Conforto Ambiental” para avaliação do bem-estar de suínos, fez uso de geociências para trabalhar e analisar os dados gerados mapeando o estado a fim de identificar as regiões com potencial produtivo em termos de ambiente que proporcionassem melhor nível de bem estar. Por fim, foram aplicados conceitos de ambiência e produção na discussão do cenário observado.

O capítulo 3, denominado **ESTUDO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA PARA ARREFECIMENTO TÉRMICO NA AVICULTURA EM FUNÇÃO DO CLIMA DE MATO GROSSO DO SUL**, buscou informações oficiais sobre variáveis climáticas referentes ao último período de verão que representassem as diversas regiões de Mato Grosso do Sul, aplicou “Índices de Conforto Ambiental” para avaliação do bem-estar

de aves, fez uso de geociências para trabalhar e analisar os dados gerados, mapeando o estado, estimando a necessidade de uso de sistemas de arrefecimento térmico que utilizam energia elétrica para seu funcionamento em aviários comerciais, a fim de identificar as regiões com melhor potencial produtivo em termos de gasto energético. Por fim, neste capítulo também foram aplicados conceitos de ambiência e produção na discussão do cenário observado.

1.11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **A avicultura brasileira**. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_por_tuguêswebreduzido.pdf>. Acesso em: 11 setembro 2017.

ABREU, V.M.N; ABREU, P.G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p. 1-14, 2011.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Diagnóstico bioclimático para a produção de aves no Oeste paranaense. **In:** Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30, 2001. Anais... Foz do Iguaçu. UNIOESTE/SBEA, CD-Room. 2001.

ALI, BH; BASHIR, AK; ALHADRAMI, G. Status hormonal reprodutivo de ratos tratados com covas de data. **Food Chemistry**, v. 66, p. 437-441, 1999.

ALMEIDA, V. de; VILELA, R. A.; MORA, N. H. A. P.; CARMO, D. C. B. Influência da taxa de lotação sobre as variáveis fisiológicas de frangos caipira melhorados. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**. V. 01, n 17. 2017.

ARAUJO, J. A. de.; MONÇÃO, A. F.; VIEIRA, R. K. R. Avaliação bioclimática para frangos de corte na época das chuvas na região sudeste do estado do Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 1, p. 180 – 188, 2017.

ARBEL, A.; ZENVIRTH, D.; SIMCHEN, G. Sister chromatid-based DNA repair is mediated by RAD54, not by DMC1 or TID1. **EMBO Journal**, v. 18, p. 2648–2658, 1999.

BARBOSA, R. C.; DALÓLIO, F. S.; AMORIM, M. L.; SILVA, J. N. da; GONZAGA, D. A. Análise de viabilidade econômica de sistemas de aquecimento de instalações agropecuárias para criação de frangos de corte. **Revista Engenharia na Agricultura**. v. 25, n. 03, p. 212-222, 2017.

BARBOSA FILHO, J. A.; SILVA, I.J.; SILVA, M. A.; SILVA, C. J. Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequência de imagens. **Engenharia Agrícola**, 27, 93-99, 2007.

BASISTHA, A.; ARYA, D. S.; GOEL, N. K. Spatial Distribution of Rainfall in Indian Himalayas – A Case Study of Uttarakhand Region. **Water Resour Manage**, v. 22, ed. 10, p. 1325–1346, 2008.

BENSON, E. R., HOUGENTOGLER, D. P., MCGURK, J., HERRMAN, E., ALPHIN, R. L. Durability of incandescent, compact fluorescent and light emitting diode lamps in poultry conditions. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 29, n. 1, p. 103-111, 2013.

BERTON, M. R.; DOURADO, R. C.; LIMA, F. B. F.; RODRIGUES, A. B. B. FERRARI', F. B.; VIEIRA, L. D. C.; SOUZA, P. A.; BORBA, H.; Growing-finishing performance and carcass yield of pigs reared in a climate-controlled and uncontrolled environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n.8, p. 955-960, 2015

BRAMBELL, F.W. R. Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals Kept Under Intensive Livestock Husbandry Systems. **London**: Her Majesty's Stationery Office, 1965.

BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, London, v.142, p.524-526, 1986.

BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. **Shede managemente systems to reduce heat stress for dairy cows**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, n.1, 16p, 1982.

CARVALHO, R. L. L.; SANTOS, A. O. DOS; ALVES, C. R.; JÚNIOR, I. C. M.; CAVALCANTE, M. S. S. Influência da cor do telhado nos índices de conforto térmico animal. **In**: 4º Encontro em Engenharia de Edificações e Ambiental. Cuiabá – MT, 2016.

CECCHIN, D.; CAMPOS, A. T.; SCHIASSI, L.; CRUZ, V. M. F. da.; SOUSA, F. A. Índice fuzzy para o conforto térmico de suínos na fase de crescimento e terminação com base na temperatura superficial e frequência respiratória. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 31, n.4, p.334-341, 2016.

CRISTO, A. B.; SCHIMIDT, J. M.; PERINI, R.; MORA, M.; MARQUES, P. F. S.; et al. Efeito da densidade de alojamento sobre a incidência de pododermatite e características ósseas de frangos de corte criados em aviários Dark House. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. vol.18, n.1, p.161-173. 2017.

CURI, T. M. R. C.; VERCELLINO, R. A.; MASSARI, J. M.; SOUZA, Z. M.; MOURA, D. J. de. Geoestatística para a avaliação do controle ambiental do sistema de ventilação em instalações comerciais para frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 6, p. 1062-1074, 2014.

DIAS, C. P.; SILVA, C. A. da; MANTECA, X. Effects of housing on pig welfare in growing and finishing phase. **Ciência Animal**, v 25, p. 76 - 92, 2015.

FAMASUL - FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DE MATO GROSSO DO SUL. **Retrospectiva agro2017: um balanço do agronegócio de Mato Grosso do Sul em 2017**. Disponível em: <<http://www.famasul.com.br/famasul>>. Acesso em: 05 out. 2017.

FERREIRA, J. C. Ambiência e consumo de energia em galpões dark house para criação de frangos de corte: uso de diferentes tipologias e materiais de fechamento lateral. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

FERREIRA, R. S.; SANTOS, R. dos. Mapeamento temporal da área urbana do município de Ferreira Gomes-AP por imagens landsat. **In:** I congresso Nacional de Geografia Física. Campinas – SP. p. 5825-5829, 2017.

FILHO, J. I. S.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M. Potencial do Matopiba na produção de aves e suínos. **Revista Política Agrícola**, n 2, 2017.

FREITAS, A. C. B, de; QUIRINO, C. R.; BASTOS, R. Bem-estar de ovinos: Revisão. **Revista de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.11, n.1, p.18-29, 2017.

FROEHLICH, G. The legal regulations of animal welfare: sentience, productivity and the animal rights. **Vivência: Revista de Antropologia**. v. 1, n. 49, p. 33 - 48 2017.

GALLO, B. B. Dark house: manejo x desempenho frente ao Sistema tradicional. **In:** X Simpósio Brasil Sul de Avicultura e I Brasil Sul Poultry Fair. Chapecó, 2009.

GATES, R. S.; ZHANG, H.; COLLIVER, D. G.; & OVERHULTS, D. G. Regional variation in temperature index for poultry housing. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.38, n.1, p.197-205, 1995

GOOVAERTS, P. Geostatistics for natural resources evaluation. **New York: Oxford University Press**, p. 476, 1997

GUSSULE, M. G. M.; BAPTISTA, F. J.; CRUZ, V. F. da. Avaliação do comportamento térmico de pavilhões de produção de frangos em Moçambique. **8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e V Congresso de Engenharia de Moçambique Maputo**, 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatística da Produção Pecuária**. Comissão Especial de Planejamento, Controle e Avaliação das Estatísticas Agropecuárias. 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=72380&view=detalhes>. Acesso em 10 dez 2017.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa Trimestral do Abate de Animais. **Pesquisa Trimestral do Abate de Animais**. 2016. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 19/10/2017.

LEAL, P.M.; NÃÃS, I.A. Ambiência animal. In: CORTEZ, L.A.B.; MAGALHÃES, P.S.G. (Org.). **Introdução à engenharia agrícola**. Campinas, SP: Unicamp, p.121-135, 1992.

LIMA, K.A.O.; MOURA, D.J.; NAAS, I.A.; PERISSINOTTO. Estudo da influência das ondas de calor sobre a produção de leite no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v.1, p.70-81, 2007.

LLONCH, P.; KING, E. M.; CLARKE, K. A.; DOWNES, J. M.; GREEN, L. E. A systematic review of animal based indicators of sheep welfare on farm, at market and during transport, and qualitative appraisal of their validity and feasibility for use in UK abattoirs. **The Veterinary Journal**, v 206, p. 289-297. 2015.

LOURENÇONI, D. Modelagem Fuzzy e efeito das mudanças climáticas nas respostas produtivas de frangos de corte criados em diferentes sistemas comerciais de produção. Tese (Doutorado). Lavras, UFLA. 2017.

MAPA- Ministério da agricultura pecuária e abastecimento. 2014. Disponível: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/bem-estar-animal/conceitos-e-metodos>>. Acesso em: 20/09/2017.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009.

MOREIRA, B. A.; FEHR, L. C. F. A.; DUARTE, S. L. Análise das variáveis de custos de produção de suínos nas Regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. **In: XXIV Congresso Brasileiro de Custos**. Florianópolis - SC, 2017.

OLIVEIRA, L. P. de; GAI, V. F. Desempenho de frango de corte em aviários convencional e aviários dark house. **Revista Cultivando o Saber**, v 9 - n°, p. 93 – 101, 2016.

ORTELAN, C.; IGUMA, M. **Custos Trimestrais: Frango**. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), p. 1 – 12. 2017.

PADILHA, J. B.; GROFF, P. M.; TAKAHASHI, S. E.; EINSFELD, S.; ROSA, E. O.; ANDRADE, M. de.; BAGATINI, A.; GERHARDS, S. J. Importance of the thermal environment in pig production in the nursery phase. **Revista eletrônica de Veterinaria**, v 18, n 02. 2017.

PEREIRA, T. L.; CORASSA, A.; POLIZEL NETO, A.; KOMIYAMA, C. M.; LEITE, R. G. Manejo pré-abate, parâmetros fisiológicos do estresse e seus efeitos na qualidade da carne suína: revisão. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**. UNIPAR, Umuarama, v. 20, n. 2, p. 101-108, abr./jun. 2017.

QUEIROZ, M. L. V.; FILHO, A. D. B.; SALES, F. A. L.; LIMA, L. R. de; DUARTE L. M.; Variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte com sistema de nebulização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 586-595, 2017.

RABELLO, L.M.; BERNARDI, A. C. C.; INAMASU, R. Y. Condutividade elétrica aparente do solo. Agricultura de Precisão. **Resultados de um Novo Olhar**. Brasília, DF: Embrapa, p. 48 - 57, 2014.

ROSA, C.O.; GARCIA, R.G.; COSTA, J.S.; NÄÄS, I.A.; LIMA, N.D.S. Economic analysis of the implementation of an LED lighting system in a dark house: a case study. **Custos e Agronegócio**. v. 13, Special Edition, p. 2-19, 2017.

ROVARIS, E.; CORRÊA, G. S. S.; CORRÊA, A. B.; JUNIOR, J. G. C.; LUNA, U. V. de; ASSIS, S. D. de. Desempenho de frangos de corte criados em aviários dark house versus convencional. **PUBVET**, Londrina, v. 8, n. 18, Ed. 267, Art. 1778, 2014.

SANTOS, R. C.; SILVA, S. I.; SILVA, N. C.; BATTILANI, M.; ÁVALO, H.; MARTINS, E. A. S.; DE PAULA, M. O. Análise de risco ao estresse climático na produção de frangos de corte da região do Paraná. **In: Simpósio Nacional de Construções Rurais e Ambiente (V SIMCRA/ 2016)**. Viçosa – MG, 2016.

SANTOS, M. B. G.; NASCIMENTO, J. W. B. do; SILVA, L. J. da. Utilização da geoestatística para caracterização espacial do ambiente térmico e acústico de aviários. **In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Bento Gonçalves – RS, 2012.

SHIMOKOMAKI M.; IDA, E. I.; SOARES, A. L.; OBA, A.; KATOMAYKA, T. et al. Animal Welfare and Meat Quality: Methodologies to Reduce Pre-slaughter Stress in Broiler Chicken. **Global Food Security and Wellness**. v.1, p 301-313, 2017.

SILVA, C. A. DA; AGOSTINI, P. S.; CALLEGARI, M. A.; SANTOS, R. K. S. DOS; NOVAIS, A. K.; PIEROZAN, C. R.; JUNIOR, M. P.; ALVES, J. B.; GASÓ J. G. Fatores que afetam o desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.51, n.10, p.1780-1788, 2016.

SILVA, R. M. da; GANECO, A. G. Avaliação do galpão convencional e dark house na produção de frango de corte. **VIII Sintagro – Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio**. Jales – SP, 2016.

SILVA, E. G. da; SANTOS, A. C. dos; FERREIRA, C. L. S.; SOUSA, J. P. L. de; ROCHA, J. M. L. da; SILVEIRA JÚNIOR, O. Spatial variability of the environmental characteristics and weight of broilers in shed negative ventilation. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 132-141, 2013.

STAUB, L.; DE MOARES, M. D. G.; SANTOS, M. G.; KOMIYAMA, C. M.; GONÇALVES, N. S.; JUNIOR, R. B. F.; TON, A. P. S.; ROQUE, F. A. Ambiente interna e externa em galpão de frangos de corte nas diferentes épocas do ano e fases de criação. **Revista Nativa**, v. 4, n. 3, p. 128 - 133, 2016.

THOM, H. C. S. A note on the gamma distribution. **Monthly Weather Review**, v.86, n.4, p.117-122, 1958.

TINÔCO, I.F.F. Ambiente e instalações para a avicultura industrial. **In: Encontro Nacional de Técnicos, Pesquisadores e Educadores de Construções Rurais**, 3. Poços de Caldas. Anais... Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, p.1-86, 1998

USDA - United States Department of Agriculture. **Livestock and Poultry: World Markets and Trade**. 2017. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf. Acesso em: 15/10/2017.

VIGODERIS, R. B.; CORDEIRO, D. DE A.; SOUZA, W. M.; DA SILVA, J. M.; GUISELINE, C. Uso da simulação computacional como ferramenta de tomada de decisão na implantação de aviários climatizados no estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.09, n.07. p. 2405-2415, 2016.

VIGODERIS, R. B.; TINÔCO, I. F. F.; PANDORFI, H.; CORDEIRO, M. B.; JÚNIOR, J. P. S.; GUIMARÃES, M. C. C. (2014). Efeito de sistemas de aquecimento na qualidade de serrapilheira em frangos de corte em condições de inverno. **DYNA**, v. 81, n. 185, p. 36-40, 2014.

WIEBUSCH, A. T.; FLUCK, A. C.; MOREIRA, S. M.; DENARDINCOSTA, O. A.; SILVEIRA, I. D. B. Características socioeducativas da bacia leiteira de westfalia-rs e sua relação ao bem-estar animal. **Revista Científica Rural - URCAMP**, Bagé – RS, vol. 19, n.1, 2017.

ZOTTI, C.A.; ZOTTI, M.L.N.; PETROLI, T.G.; BASSO, A.C. Climatização da sala de espera para vacas criadas a pasto sem sombreamento. **Archivos de Zootecnia**. 66 (254): 167-171. 2017.

**Capítulo 2 - ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE MAPAS TEMÁTICOS DE ÍNDICES
DE CONFORTO TÉRMICO PARA SUINOCULTURA EM MATO GROSSO DO
SUL/BRAZIL**

**Chapter 2 - ELABORATION AND ANALYSIS OF THEMATIC MAPS OF
THERMAL COMFORT INDEXES FOR SWINE BREEDING IN MATO GROSSO
DO SUL/BRAZIL**

Resumo: Este trabalho teve por objetivo investigar as condições de conforto suíno produzidos em regiões com diferentes ambientes climáticos do estado de Mato Grosso do Sul, com a finalidade de verificar quais os locais mais propícios para a atividade em função do ambiente de exposição, com base em dois índices térmicos (Índice de Temperatura e Umidade e Entalpia). A partir de dados climáticos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do período de 2001 a 2017, referentes as médias diárias de Temperatura do ar (Ta) e Umidade Relativa do ar (UR), espacializados em ambiente SIG, com base nos verões de cada ano foram calculados os mapas temáticos de Entalpia (H) e do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) máximo médio horário, com auxílio da álgebra de mapas. O índice H demonstrou ser mais rigoroso na avaliação dos ambientes térmicos quando comparado ao ITU. Do ponto de vista climático sugere-se novas regiões no estado para instalação de suinoculturas além dos atuais polos produtores, como Costa Rica (norte) e Sete Quedas (sul).

Palavras-chave: ambiência; geotecnologia, mapas temáticos.

Elaboration and analysis of thematic maps of thermal comfort indexes for swine breeding in Mato Grosso do Sul/Brazil

Abstract: The objective of this work was to investigate the conditions of swine comfort produced in regions with different climate environments of the State of Mato Grosso do Sul, in order to verify which sites are most suitable for the activity according to the exposure environment, based on two thermal indices (Temperature and Humidity Index and Enthalpy). Based on climatic data provided by the National Institute of Meteorology (INMET), from 2001 to 2017, referring to the daily averages of air temperature (Ta) and Relative Humidity (RH), spatialized in SIG environment, based on the summers of each year were calculated the thematic maps of Enthalpy (H) and Temperature and Humidity Index (THI) average hourly maximum, with the aid of map algebra. The H index has shown to be more rigorous in the evaluation of the thermal environments when compared to the THI. From the climatic point of view, it is suggested new regions in the state for the installation of swine breeding besides the present poles producers like Costa Rica (north) and Sete Quedas (south).

Keywords: ambience; geotechnology, themed maps.

2.1. INTRODUÇÃO

O Brasil se evidencia na produção de produtos de origem animal, ocupando o quarto lugar nos rankings de produção e exportação de carne suína (ABPA, 2017). Em Mato Grosso do Sul a exportação em 2016 cresceu 16%, tornando esse mercado viável (FAMASUL, 2017).

Segundo Wiebusch et al. (2017) a aplicação do bem-estar para que se ofereça conforto necessário ao animal exige investimentos financeiros. Desta forma torna-se importante o contínuo conhecimento sobre variações ambientais locais e os diferentes tipos de alojamento para cada espécie animal.

O avanço do sistema produtivo animal, fez com que fatores relacionados a manejo, nutrição, sanidade, genética e ambiente compromettesse o desempenho dos suínos, tornando importante, do ponto de vista econômico, que o animal esteja alojado em um ambiente adequado para que possa expressar o seu máximo potencial produtivo, uma vez que tais fatores refletem diretamente na produtividade. (SANTOS et al., 2016; SILVA et al., 2015).

Para medir a influência ambiental das variáveis climáticas nos níveis de bem-estar animal, foram desenvolvidos vários índices de conforto ambiental, como o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Entalpia (H), que envolvem apenas as variáveis climáticas Temperatura do ar (T_a) e Umidade Relativa do ar (UR) (GUIMARÃES et al., 2014).

A Álgebra de Mapas busca explorar de uma maneira formal as propriedades de dados usualmente representados por campos geográficos, como mapas temáticos. Nesse contexto, Dornellas et al. (2017) utilizam a álgebra de mapas para estimar parâmetros que caracterizam a estrutura de dependência espacial de variáveis climáticas através da elaboração de cartas temáticas usando o método de interpolação.

Dessa forma, essa pesquisa teve por objetivo espacializar as médias climáticas de temperatura e umidade, do período de verão, da série histórica da base de dados do INMET para Mato Grosso do Sul, com foco no desenvolvimento de um mapeamento temático indicativo das condições de conforto ambiental, em termos de Índice de Temperatura e Umidade e Entalpia, para indicação das áreas mais aptas para criação de suínos no estado.

2.2. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no laboratório de Construções Rurais e Ambiente da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), localizado em Dourados - MS, Lon 54°,59' W; Lat 22°,14' S, Alt 463 metros, clima Cwa conforme classificação de Köppen, que se caracteriza por verões quentes e invernos secos.

Utilizou-se informações disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), referente às médias horárias de Temperatura do ar (Ta) e Umidade Relativa do ar (UR) dos meses mais quentes do período de verão de 2001 a 2017, registrados 24 horas/dia, para as 28 estações meteorológicas automáticas localizadas em MS, como pode ser observado na Figura 5 com coordenadas geográficas registradas na Tabela 5 (Apêndice).



Figura 5. Mapa das mesorregiões de MS com a localização dos municípios estudados.

Os dados disponibilizados pelo INMET foram reorganizados em planilha eletrônica, para posteriormente serem lidos pelo Sistema de Informação Geográfica (SIG) em formato de banco de dados, sendo também possível se efetuar a análise estatística.

Posteriormente a organização dos dados, efetuou-se a análise estatística dos mesmos com o *software* Minitab 17® (MINITAB, 2014), obtendo - se a média aritmética da Ta e UR máximas médias horárias de cada período de verão, de acordo com a Tabela 6 (Apêndice). Em seguida foi extraída a média de cada variável ambiental para cada período de verão estudado, dividindo pelo número total de horas de cada período e estação, gerando as medias dos meses mais quentes dos verões, para cada estação meteorológica estudada.

Para a espacialização dos dados pontuais de Temperatura e Umidade Relativa do ar fornecidos pelo INMET utilizou-se a função *Topo to Raster* do *software* ArcGis Desktop® (ESRI, 2015) como interpolador dos dados pontuais das 28 estações automáticas do estado de Mato grosso do Sul, para posterior obtenção dos índices ITU e H.

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU), segundo Buffington et al. (1982) foi obtido empregando-se a Equação 1.

$$ITU = 0,8 * Ta + \frac{UR (Ta-14,3)}{100} + 46,3 \quad (1)$$

em que,

ITU - Índice de Temperatura e Umidade, Adm;

Ta - Temperatura do ar, °C;

UR - Umidade relativa do ar, %.

A partir dos dados meteorológicos, foram calculados os valores de Entalpia (H) para cada período a partir da Equação 2 proposta por Barbosa Filho et al. (2007):

$$H = \left(6,7 + 0,243 * Ta + \left\{ \frac{UR}{100} * 10^{\frac{7,5 * Ta}{237,3 + Ta}} \right\} \right) * 4,18 \quad (2)$$

em que:

H - Entalpia, kJ. kg⁻¹ ar seco;

Ta - Temperatura do bulbo seco, °C;

UR - Umidade Relativa do ar, %.

Para gerar as cartas temáticas representativas de cada índice e variável ambiental de cada município e período de verão, utilizou a interpolação espacial com uso do *software* ArcGis Desktop® (ESRI, 2015).

Como os estimadores teóricos e a descrição da estrutura de dependência espacial são influenciados pela forma e tamanho amostral, diante disso a interpolação pelo método de Spline não leva em consideração os resultados alcançados pelo semivariograma, o que justifica ser aplicada, empregando o modelo linear que melhor se ajustou (ASSUMPÇÃO et al., 2014; KESTRING et al., 2015).

Segundo Souza et al. (2014), o método Spline, não utiliza apenas um polinômio de grande ordem para interpolação de todo o conjunto de dados, mas sim divide a série de dados em subconjuntos e utiliza polinômios de pequenas ordens para cada subconjunto.

As cartas temáticas de Ta e UR geradas foram utilizados como parâmetros nas equações descritas para obtenção do mapeamento dos valores dos índices de ITU e H máximo médio dos períodos de verões. Para o cálculo dos índices utilizou-se álgebra de mapas, a partir da multiplicação de todos os fatores da equação através da Calculadora Raster, com o *software* ArcGis Desktop® (ESRI, 2015), adotando parâmetro de similaridade de 32 pixels.

Após gerar as cartas temáticas de ITU e H realizou-se a reclassificação dos intervalos dentro dos níveis de conforto e estresse para suínos, estabelecidos por Lima et al. (2007) e Barbosa Filho et al. (2007), conforme Tabela 2.

Tabela 2. Intervalos dos níveis de conforto térmico para a produção de suínos.

Níveis de Conforto		Situação de Conforto
ITU	H(kJ.kg ⁻¹)	
≤ 75,0	54,7 – 62,9	NORMAL
75,1 – 79,0	63,0 – 68,6	ALERTA
79,1 – 83,9	68,7 – 75,8	PERIGO
≥ 84,0	≥ 75,9	EMERGENCIA

Posterior aos valores de ITU e H obtidos a partir das cartas temáticas de Ta e UR verificou-se a variabilidade dos atributos, baseada na estatística descritiva dos dados de Ta, UR, H e ITU, obtendo-se a média, mediana, coeficiente de variação, assimetria e curtose.

As análises de estatística descritiva destas variáveis foram realizadas através do *software* Minitab 17® (MINITAB, 2014).

A avaliação da dependência espacial entre as estações e os índices ITU e H no interior das instalações foi avaliada por meio da geoestatística. Para a análise do índice de dependência espacial (IDE) utilizou-se a relação $C/(C0+C1)$, em que: dependência espacial forte ($IDE < 25\%$), dependência moderada ($25 \leq IDE < 75\%$) e dependência fraca ($IDE \geq 75\%$) (CAMBARDELLA et al., 1994).

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios observados de temperatura para os períodos de verões estudados variaram de 23,48°C a 43,86°C, sendo que os valores máximos de temperatura ocorreram na cidade de Corumbá, que se localiza na Mesorregião do Pantanal no Estado de MS, influenciando negativamente no comportamento de suínos. Verificou-se a ocorrência de oscilações térmicas distintas em MS durante os períodos de verões estudados para as cidades de Corumbá no período de 2006_2007, Bataguassu no período de 2013_2014 e Três Lagoas, no período de 2015_2016.

Pode ser observado em pesquisas realizadas por Massari et al. (2015) em que as variáveis comportamentais “vício” e “monta” estão fortemente correlacionadas com a umidade relativa, aumentando a ocorrência destes comportamentos, proporcionando perdas econômicas consideráveis e efeito negativo sobre o bem-estar, demonstrando caráter agressivo.

Os valores médios de umidade relativa do ar foram entorno de 71% e os valores máximos observados ocorreram na cidade de Aquidauana, que se encontra na região Sul do estado. Valores altos de umidade relativa do ar influenciam diretamente no comportamento alimentar e por consequência reduzindo os ganhos da produção final.

Em estudos realizados por Debrecéni et al. (2014) foram constatados que ambientes desfavoráveis influenciam negativamente no ato de se alimentar chegando a haver uma redução de 9,4% com relação a animais que estejam em ambientes termoneutros cuja temperatura do ar esteja entorno de 20°C.

Com o mapeamento dos períodos de verões do estado de MS foi possível observar que não houve um padrão de variação climática no decorrer dos anos, porém é

possível prever que houve bolsões de calor. De acordo com pesquisas realizadas por Sampaio et al. (2011), a presença de bolsões de calor é caracterizada pela alta amplitude térmica dos ambientes e desuniformidade de temperatura.

O índice de temperatura e umidade (ITU) na Figura 6, e o Índice Entalpia (H) na Figura 7, para os períodos de verões estudados, foram constituídos em diferentes níveis de conforto térmico, como situação normal, situação de alerta, situação de perigo e situação de emergência para produção de suínos.

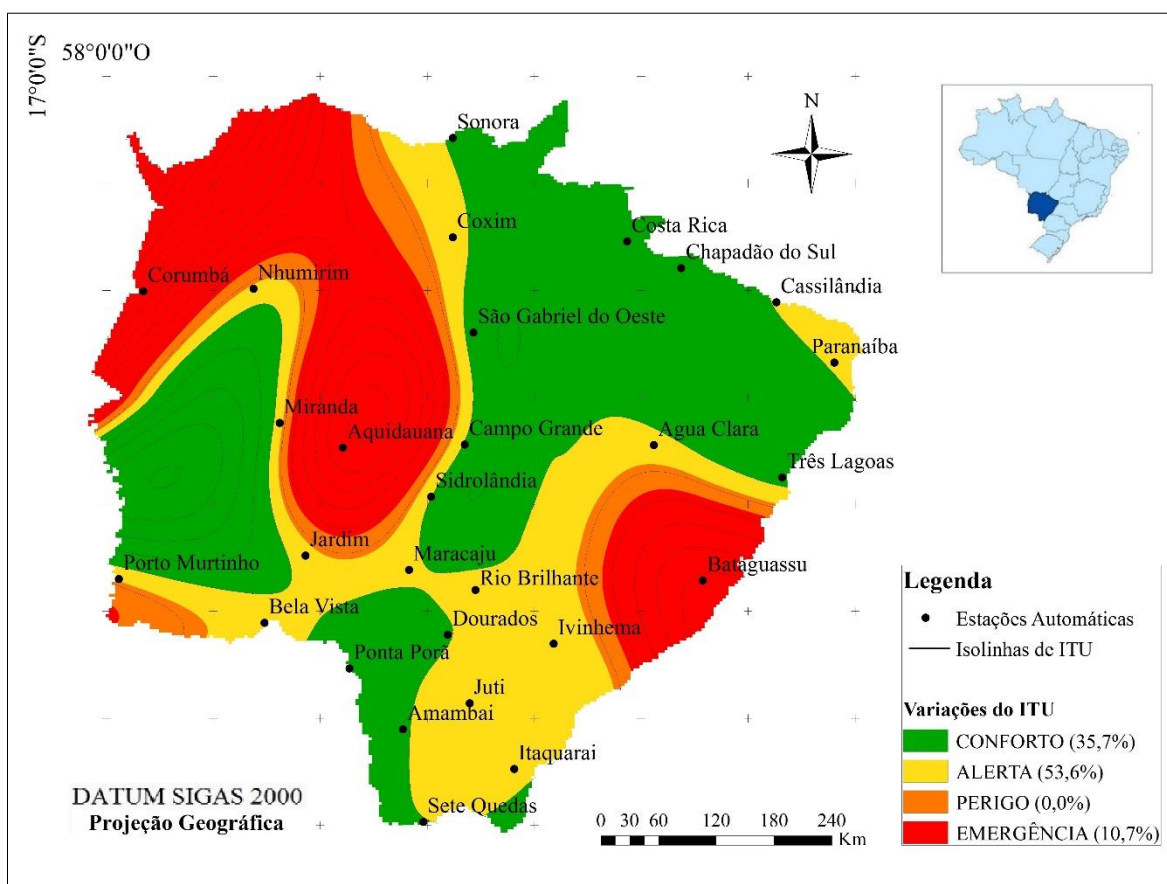


Figura 6. Representação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) dos períodos de verões de 2001 a 2017 em MS.

Os índices como ITU e H representam as condições do meio térmico, devendo ser considerados de grande importância na avaliação de ambientes para a produção animal, pois tais índices são responsáveis por garantir o bem-estar e as respostas produtivas, corroborando com as pesquisas realizadas por Cecchin et al. (2016), que concluíram ser possível utilizar índices térmicos para tomar decisões de melhor manejo da produção animal.

Na Figura 6, 39,2% dos 28 municípios estudados incluindo Costa Rica, São Gabriel do Oeste, Três Lagoas, Sidrolândia, Dourados e Sete Quedas apresentaram ambientes confortáveis, com ITU variando entre 72,21 e 75,00. Entretanto ao se analisar o índice H na Figura 7 observou-se que não houveram municípios em situação de conforto térmico ambiental.

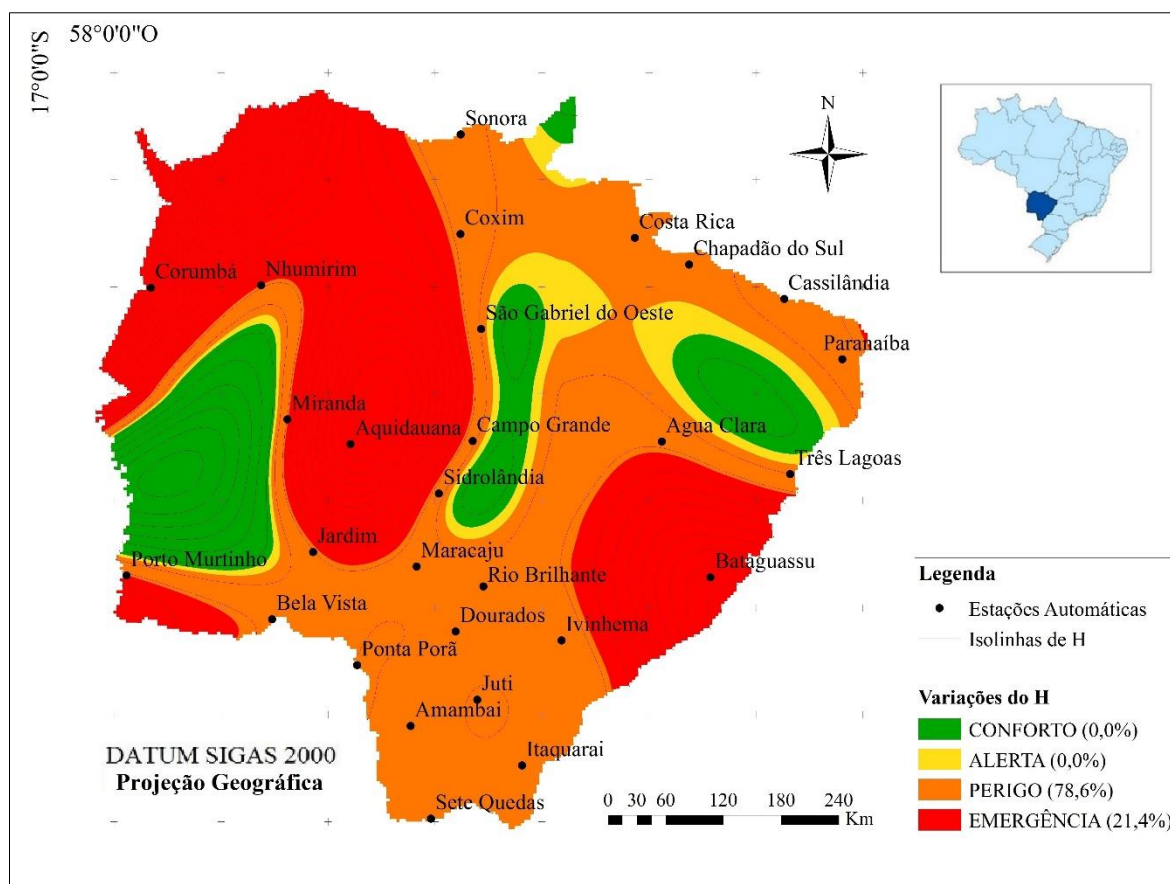


Figura 7. Representação do Índice de Entalpia (H) dos períodos de verões de 2001 a 2017 em MS.

Ainda na Figura 6, 10,7% dos municípios mapeados apresentaram ITU em situação emergência com valores acima de 100 para os municípios de Corumbá, Aquidauana e Bataguassu. Já na Figura 7 os piores resultados de H, situação de emergência ocorreram nas cidades de Nhumirim, Corumbá, Bataguassu, Aquidauana, Miranda e Porto Murtinho, correspondendo a 21,4% dos municípios mapeados.

Segundo Semeagro (2017), as cidades de São Gabriel do Oeste, Dourados, Três Lagoas e Sidrolândia estão no ranking de maiores produtoras de suínos no estado de Mato Grosso do Sul. Assim, se analisar esses locais com base na Figura 6 os criatórios estão

localizados em regiões com situação de conforto térmico ambiental. Porém se a avaliação for realizada com base na Figura 7 os ambientes merecem atenção pois estão em situação de perigo. Já a cidade de Corumbá, que também tem representatividade no ranking de produção de suínos no estado, possui situação emergencial de conforto térmico de acordo com ambas cartas temáticas, de ITU e H.

De acordo com as cartas verifica-se do ponto de vista climático é possível introduzir novas suinoculturas em cidades ainda não adotadas como produtoras em MS, como Costa Rica (norte) e Sete Quedas (sul).

Diante da necessidade em aplicar procedimentos matemáticos para que as variáveis Temperatura do ar e a Umidade Relativa do ar fossem isoladas, para que fosse possível utilizar o Índice Entalpia em ambientes internos, ao comparar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) dos períodos de verões de 2001 a 2017 com Entalpia (H), o índice H demonstrou ser mais rigoroso por apresentar media variabilidade dos resultados quando comparados com o índice ITU.

Este estudo corrobora com pesquisa realizada por Barros (2014), que usando o índice entalpia (H) concluiu que todos municípios analisados estavam fora dos níveis de conforto ambiental, caracterizados como perigo e emergência. Dessa forma, a escolha do índice H pode ser considerado mais rigoroso na avaliação de níveis de estresse ambiental, sendo assim uma ferramenta interessante para auxiliar na tomada de decisões que envolva gestão sustentável da produção.

A partir dos dados avaliados para a produção de suínos na fase de terminação apresentados na Tabela 3 observou-se que houve distribuição assimétrica positiva em todos os períodos de verões estudados, o que justificou aplicar a interpolação utilizando o método de Spline.

Tabela 3. Estatística descritiva para as variáveis ambientais em produção de suínos, nos diferentes períodos de verões estudados.

Variável	N	Média	Mediana	CV	Assimetria	Curtose
Ta	28	27,36	25,845	18,92	2,53	5,39
UR	28	79,02	75,56	14,57	2,51	5,07
ITU	28	78,32	75,06	12,89	2,56	5,31
H	28	74,734	74,2	5,12	1,85	6,12

Ta (°C) = Temperatura do ar; UR (%)= Umidade Relativa do ar; ITU (adm) = Índice de Temperatura e Umidade; H (kJ. kg⁻¹ ar seco) = Índice Entalpia; N = Número de estações estudadas; CV (%) = Coeficiente de Variação;

O coeficiente de variação teve média variabilidade para UR, ITU e Ta, porém a H apresentou variabilidade baixa em todos os períodos de verões. Conforme relata Medeiros et al. (2014), a variabilidade é considerada baixa quando o coeficiente de variação apresenta valor abaixo de 12%, média com valores entre 12 e 24%, e alta quando os valores de variabilidade maiores que 24%.

Para todas as variáveis estudadas, a assimetria e a curtose não apresentaram distribuição normal, ou seja, com valores maiores a zero. A partir dos resultados da análise, foi observada dependência espacial fraca para os índices estudados. Esse resultado corrobora com Silva et al. (2017), ao afirmarem que quando a distribuição das variáveis térmicas e índices no espaço é aleatória, as variáveis estudadas apresentaram grau de dependência espacial diferente.

2.4. CONCLUSÕES

O Índice Entalpia (H) demonstrou ser mais rigoroso na avaliação dos ambientes térmicos quando comparado ao Índice Temperatura e Umidade (ITU).

Com base na carta temática de conforto ambiental do Índice Temperatura e Umidade (ITU), os municípios mais favoráveis para a suinocultura com ambiente classificado como confortável estão no eixo norte-sul central do estado e incluem Costa Rica, São Gabriel do Oeste, Sidrolândia, Dourados e Sete Quedas. Já analisando o estado com base na entalpia (H) os locais com ambiente menos críticos apresentaram situação de perigo.

Do ponto de vista climático verifica-se que é possível introduzir novas suinoculturas em cidades ainda não adotadas pelos produtores em MS, como Costa Rica (norte) e Sete Quedas (sul).

2.5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FUNDECT e CNPq pelo apoio financeiro para a concretização desta pesquisa.

2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **A avicultura brasileira**. Disponível em: http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2017_portugue_web_reduzido.pdf. Acesso em: 11. set. 2017.

ASSUMPÇÃO, B.R.; URIBE-OPAZO, M.A.; GALEA, M. Analysis of local influence in geostatistics using Student's t-distribution. **Journal of Applied Statistics**, London, v. 41, n. 11, p. 2323-2341, 2014.

BARBOSA FILHO, J. A.; SILVA, I.J.; SILVA, M. A.; SILVA, C. J. Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequência de imagens. **Engenharia Agrícola**, 27, 93-99, 2007.

BARROS, J. S. G. Avaliação de duas tecnologias de controle para acionamento de sistema de aquecimento resistivo em creche suína. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 120f, 2014.

BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows. **St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers**, 16p, 1982.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVACK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO R. F.; KNOPKA, A. E. Field-scale variability of soil proprieties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, Medison, v.58, n.5, p.1240-1248, 1994.

CECCHIN, D.; CAMPOS, A. T.; SCHIASSI, L.; CRUZ, V. M. F. Da; SOUSA, F. A. Índice fuzzy para o conforto térmico de suínos na fase de crescimento e terminação com base na temperatura superficial e frequência respiratória. **Revista Energia Agricultura**, Botucatu, vol. 31, n.4, p.334-341, 2016.

DEBRECENI, O.; LEHOTAYOVÁ, A.; BUČKO, O.; PETRÁK, J. The behaviour of the pigs housed in hot climatic conditions. **Journal of Central European Agriculture**, Osijek, v. 15, n. 1, 2014.

DORNELLAS, P. C.; SEABRA, V. S.; XAVIER, R. A.; SILVA, R. M. da. Estimativa de perdas de solo na bacia do alto Rio Paraíba, região semiárida do Estado da Paraíba. **OKARA: Geografia em debate**, v.11, n. 2, p. 338-350, 2017

ESRI. ArcGis for Windows Version 10.3. Licence type ArcInfo. [S.I]: ESRI – Enviromental Systems Research Institute, 2015.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DE MATO GROSSO DO SUL – FAMASUL. **Retrospectiva agro 2011**: um balanço do agronegócio de Mato Grosso do Sul em 2011. Disponível em: <<http://www.famasul.com.br/famasul>>. Acesso em: 05 out. 2017.

GUIMARÃES, M. C. C.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; TOTA, L. C. A.; SILVA, C. M.; LOPES, K. B. P. Efeito da estação do ano sobre o desempenho produtivo de codornas no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.231–237, 2014.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/>> Acesso em: 20 jun. 2017.

KESTRING, F. B. F.; GUEDES, L. P. C.; BASTIANI, F. de; URIBE-OPAZO, M. A.; Thematic maps comparison of different sampling grids for soybean productivity. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, v.35, n.4, p.733-743, 2015.

LIMA, K.A.O.; MOURA, D.J.; NAAS, I.A.; PERISSINOTTO. Estudo da influência das ondas de calor sobre a produção de leite no Estado de São Paulo. **Bio Eng**, Campinas, v.1, p.70-81, 2007.

MASSARI, J. M.; CURI, T. M. R. De C; MOURA, D. J. De; MEDEIROS, B. B. L.; SALGADO, D. D. A. Características comportamentais de suínos em crescimento e terminação em sistema “wean to finish”. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.4, p.646-656, 2015.

MEDEIROS, B. B. L.; MOURA, D. J. de.; MASSARI, J. M.; CURI, T. M. R. C.; MAIA, A. P. A. Uso da geoestatística na avaliação de variáveis ambientais em galpão de suínos criados em sistema “wean to finish” na fase de terminação. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.5, p.800-811, 2014.

MINITAB INC. Minitab® 17. **State College**, 2014.

SAMPAIO, C. A. P.; CARDOSO, C. O.; SOUZA, G. P. de. Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.230-236, 2011.

SANTOS, R. C.; SILVA, S. I.; SILVA, N. C.; BATTILANI, M.; ÁVALO. H.; MARTINS; E. A. S.; DE PAULA, M. O. Análise de risco ao estresse climático na produção de frangos de corte da região do Paraná. **In: Simpósio Nacional de Construções Rurais e Ambientais (V SIMCRA/ 2016)**. Viçosa – MG, 2016.

SEMEAGRO - Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar. **Com produtividade em alta, MS é destaque em salão Internacional de Avicultura e Suinocultura**. Disponível em: <<http://www.semeagro.ms.gov.br/em-ascencao-no-ranking-de-produtividade-ms-e-destaque-em-salao-internacional-de-avicultura-e-suinocultura>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

SILVA, F. J.; OLIVEIRA, C. A. A.; ALMEIDA, L. S.; LIMA, L. P.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e produtividade do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v.4, n.3, p.77-84. 2017.

SILVA, C.A.; AGOSTINI, P. S. da.; GASA, J. Uso de modelos matemáticos para analisar a influência de fatores de produção sobre a mortalidade e desempenho de suínos de terminação. **In:** BARCELLOS, D.E.; BORTOLOZZO, F.P.; WENTZ, I.; BERNARDI, M.L. (Ed.). Avanços em sanidade, produção e reprodução de suínos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Setor de Suínos, 2015. p.267-284.

SOUZA, Z. M. de; SOUZA, G. S. de; JÚNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. **Ciência Rural**, v.44, 2014.

WIEBUSCH, A. T.; FLUCK, A. C.; MOREIRA, S. M.; DENARDINCOSTA, O. A.; SILVEIRA, I. D. B. Características socioeducativas da bacia leiteira de westfalia-rs e sua relação ao bem-estar animal. **Revista Científica Rural - URCAMP**, Bagé – RS, vol. 19, n.1, 2017.

**Capítulo 3 – ESTUDO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA PARA
ARREFECIMENTO TÉRMICO NA AVICULTURA EM FUNÇÃO DO CLIMA DE
MATO GROSSO DO SUL**

**Chapter 3 - EVALUATION OF THE ENERGETIC NEED FOR THERMAL
COOLING IN THE AVICULTURE IN FUNCTION IN THE MATO GROSSO DO
SUL CLIMATE**

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a região mais adequada para avicultura no estado de Mato Grosso do Sul, em termos de gasto energético com arrefecimento térmico. Com o uso de dados climáticos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes às médias diárias de Temperatura do Ar (Ta) e Umidade Relativa (UR), registrada 24 horas/dia, os valores de Entalpia (H) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foram calculados para os meses de verão de 20/12/2016 a 20/03/2017, em 26 municípios do estado do Mato Grosso do Sul. Utilizando álgebra de mapas e os índices ITU e H foram verificadas as quantidades de horas de exposição ao estresse de cada região que pudesse culminar no uso de sistemas de arrefecimento térmico como produto. Com base na entalpia (H) foram estimados quais os locais que mais necessitam energia elétrica para controle ambiental bem como as melhores regiões. A partir dos resultados encontrados concluiu-se que as cidades de Costa Rica, Chapadão do Sul e Bela Vista apresentaram melhor clima resultando em menor consumo energético com arrefecimento térmico. Já as cidades de Corumbá, Nhumirim e Jardim foram as que demonstraram maior situação de desconforto, refletindo em maior gasto com energia para acondicionamento térmico das instalações.

Palavras-Chave: Ambiência, ave de corte, custo de produção, mapeamento

Evaluation of the energetic need for thermal cooling in the aviculture in function in the Mato Grosso do Sul climate

Abstract: The objective of this work was to evaluate the most suitable region for aviculture in the state of Mato Grosso do Sul in terms of energy expenditure with thermal cooling. With the use of climatic data provided by the National Institute of Meteorology (INMET), referring to the daily averages of Air Temperature (Ta) and Relative Humidity (RH) recorded 24 hours/day, the values of Enthalpy (H) and Temperature and Humidity (ITU) were calculated for the summer months of 20/12/2016 to 20/03/2017 in 26 cities in the state of Mato Grosso do Sul. Using map algebra and the THI and H indices the amount of hours of exposure to stress of each region that could culminate in the use of thermal cooling systems as a product was verified. Based on the enthalpy (H) it was estimated which places that most need electrical energy for environmental control as well as the best regions. Based on the results it was concluded that the cities of Costa Rica, Chapadão do Sul and Bela Vista presented better climate resulting in lower energy consumption with thermal cooling. On the other hand, the cities of Corumbá, Nhumirim and Jardim were the ones that showed the greatest discomfort situation, reflected in higher energy expenditure for the thermal conditioning of the facilities.

Keywords: Ambience, broiler chicken, production cost, mapping

3.1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira destaca-se no mercado internacional de carnes. A produção mundial segue patamares de 91,3 milhões de toneladas de carne avícola, para 2018 (USDA, 2017) e isto contribuiu para mudanças tecnológicas em processos de produção e de abate, no intuito de obter melhor qualidade dos produtos, atendendo a demanda de mercado, segundo Santos Filho et al. (2017).

Baseado em dados publicados por EMBRAPA (2015), os gastos com energia elétrica na produção de aves representaram no custo total de produção no Mato Grosso do Sul, de 4,48% para manejo convencional a 11,55% para ambientes climatizados negativamente. Com o aumento dos efeitos do aquecimento global no estado, e o aumento das tarifas de energia, a perspectiva é que os custos com energia elétrica e, portanto, os custos de produção aumentem ainda mais a cada ano.

Apesar da elevada produção de grãos e localização geográfica privilegiada, a região Centro-Oeste vem se consolidando a cada dia como maior produtora e exportadora de frangos de corte, entretanto o estado de Mato Grosso do Sul apresenta condições ambientais desfavoráveis à produção de aves durante a maior parte do ano tornando-se frequente o uso de sistemas de climatização aumentando o consumo de energia elétrica, impactando no custo de produção da atividade, que altera conforme a estação do ano, devido às condições climáticas e custo da tarifa de energia, agregando custos à produção. (MACHADO et al., 2016).

O aumento do consumo de energia elétrica impacta diretamente no custo de produção final, variando conforme a estação do ano, devido as condições climáticas e custo das tarifas de energia elétrica, uma vez que o uso de sistemas de arrefecimento térmico se torna frequente, aumenta-se o consumo de energia elétrica encarecendo a produção (ZOTTI et al., 2017).

Barbosa Filho et al. (2017) afirmam a necessidade em compreender os custos de produção no ambiente de criação de aves, tornando possível prever a rentabilidade da atividade, destacando os possíveis obstáculos do ciclo de produção, além de auxiliar o gestor no desenvolvimento de tomada de decisões permanentes e adequadas durante o processo produtivo.

Além disso, com o aquecimento global ocorre alterações no clima, ocasionando o surgimento de bolsões de calor, exigindo que os sistemas de arrefecimento fiquem mais

tempos ligados ou que sejam substituídos por outros mais potentes, o que resulta em um maior consumo de energia e investimentos em infraestrutura e tecnologias nos galpões de criações, aumentando dessa forma o custo de produção (ROVARIS et al., 2014).

Dessa forma, o objetivo deste capítulo foi avaliar, a partir de índices de conforto ambiental, as regiões de Mato Grosso do Sul que demandam menor consumo energético para arrefecimento térmico de instalações avícolas.

3.2 METODOLOGIA

Inicialmente buscou-se informações climáticas em agência oficial que representasse as diferentes regiões de Mato Grosso do Sul. As mesmas foram cedidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), referente às médias diárias de Temperatura (T) e Umidade Relativa do ar (UR), no período de verão de 20/12/2016 a 20/03/2017, registrados 24 horas/dia. As amostras consistiram em 26 municípios que possuem estações automáticas no estado de Mato Grosso do Sul.

Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas, para cada cidade, onde nas linhas ficaram o período de observação e nas colunas ficaram registradas as variáveis. Após a organização dos dados passou-se para a etapa de tabulação e desenvolvimento da pesquisa por meio do *software* MINITAB 17® (MINITAB, 2014).

Nesta fase calculou-se a média das temperaturas e umidades relativas do período de verão estudado. Em seguida foram determinados os valores de Entalpia (H) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU), utilizando-se a álgebra de mapas, a partir da multiplicação de todos os fatores da equação através da Calculadora Raster, utilizando o *software* ArcGis Desktop® (ESRI, 2015).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU), segundo Buffington et al. (1982) foi obtido empregando-se a Equação 1.

$$ITU = 0,8 * Ta + \frac{UR (Ta-14,3)}{100} + 46,3 \quad (1)$$

em que,

ITU - Índice de Temperatura e Umidade, Adm;

Ta - Temperatura do ar, °C;

UR - Umidade relativa do ar, %.

A partir dos dados meteorológicos, foram calculados os valores de Entalpia (H) para cada período a partir da Equação 2 proposta por Barbosa Filho et al. (2007):

$$H = \left(6,7 + 0,243 * Ta + \left\{ \frac{UR}{100} * 10^{\frac{7,5 * Ta}{237,3 + Ta}} \right\} \right) * 4,18 \quad (2)$$

Em que:

H - Entalpia, kJ. kg⁻¹ ar seco;

Ta - Temperatura do bulbo seco, °C;

UR - Umidade Relativa do ar, %.

Por ser atualmente a instalação mais indicada para avicultura industrial em MS analisou-se um galpão do tipo Dark House, o qual normalmente possui fechamento lateral composto por lona preta ou blackout, cobertura de telhas isotérmicas, forro de lona preta, iluminação tipo LED, arrefecimento por pressão negativa tipo adiabático evaporativo, proporcionando maior conforto às aves já que as mesmas se mantem no escuro e por último, luminosidade e temperatura controlada por meio de um programa digital específico (ROSA et al., 2017).

Realizou – se a classificação dos intervalos de ITU e H dentro dos níveis de conforto e estresse para aves, com o intuito em demonstrar o índice que apresenta maior desconforto ambiente justificando a necessidade em realizar arrefecimento térmico artificial, sendo a classificação ambiental feita segundo Barbosa Filho et al. (2007), Tabela 4.

Tabela 4. Intervalos dos níveis de conforto térmico para a produção de aves.

Níveis de Conforto		Situação de Conforto
ITU	H(kJ.kg ⁻¹)	
≤ 74,0	54,7 – 62,9	CONFORTÁVEL
74,1 – 79,0	63,0 – 68,6	ALERTA
79,1 – 83,9	68,7 – 75,8	PERIGO
≥ 84,0	≥ 75,9	EMERGENCIA

Após o cálculo de H e ITU para cada região no período de verão e classificação do ambiente foi gerada uma carta temática representando necessidade de uso de sistema de arrefecimento térmico em instalação rural do tipo Dark House, utilizando-se interpolação espacial, por meio do método de Spline, com parâmetro de similaridade de 32 pixels, empregando o modelo linear que melhor se ajustou, conforme proposto em pesquisas desenvolvidas por Curi et al. (2014), utilizando-se o *software* ArcGis Desktop® (ESRI, 2015).

Para constatar a variabilidade dos atributos, baseada na estatística descritiva do índice que apresentar maior desconforto ambiente, obteve-se a média, mediana, coeficiente de variação, assimetria e curtose. As análises de estatística descritiva destas variáveis foram realizadas através do software Minitab 17® (MINITAB, 2014).

De acordo com Cambardella et al. (1994), para avaliar o índice de dependência espacial entre as estações e o índice no interior da instalação por meio da geoestatística, foi utilizada a relação $C/(C0+C1)$, em que caracteriza dependência espacial forte quando for menor que 25%, dependência moderada entre 25% e 75% e dependência fraca quando maior que 75%.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 8 observa-se a quantidade de horas de exposição dos municípios estudados a situação de Alerta, Perigo e Emergência determinados pelos índices ITU e H do período de verão 2016_2017.

Analisando a Figura 8 é possível verificar que apenas o ITU apresentou situação de ALERTA em todos os municípios analisados. Já de acordo com H 9 cidades não apresentaram essa situação possuindo no mínimo ambiente classificado como PERIGO. Em pesquisas realizadas por Santana et al. (2018), onde valores de H atingiram situação de ALERTA resultaram na redução do consumo de ração e aumentaram o consumo de água, reduzindo a produção de calor endógeno e conversão alimentar das aves.

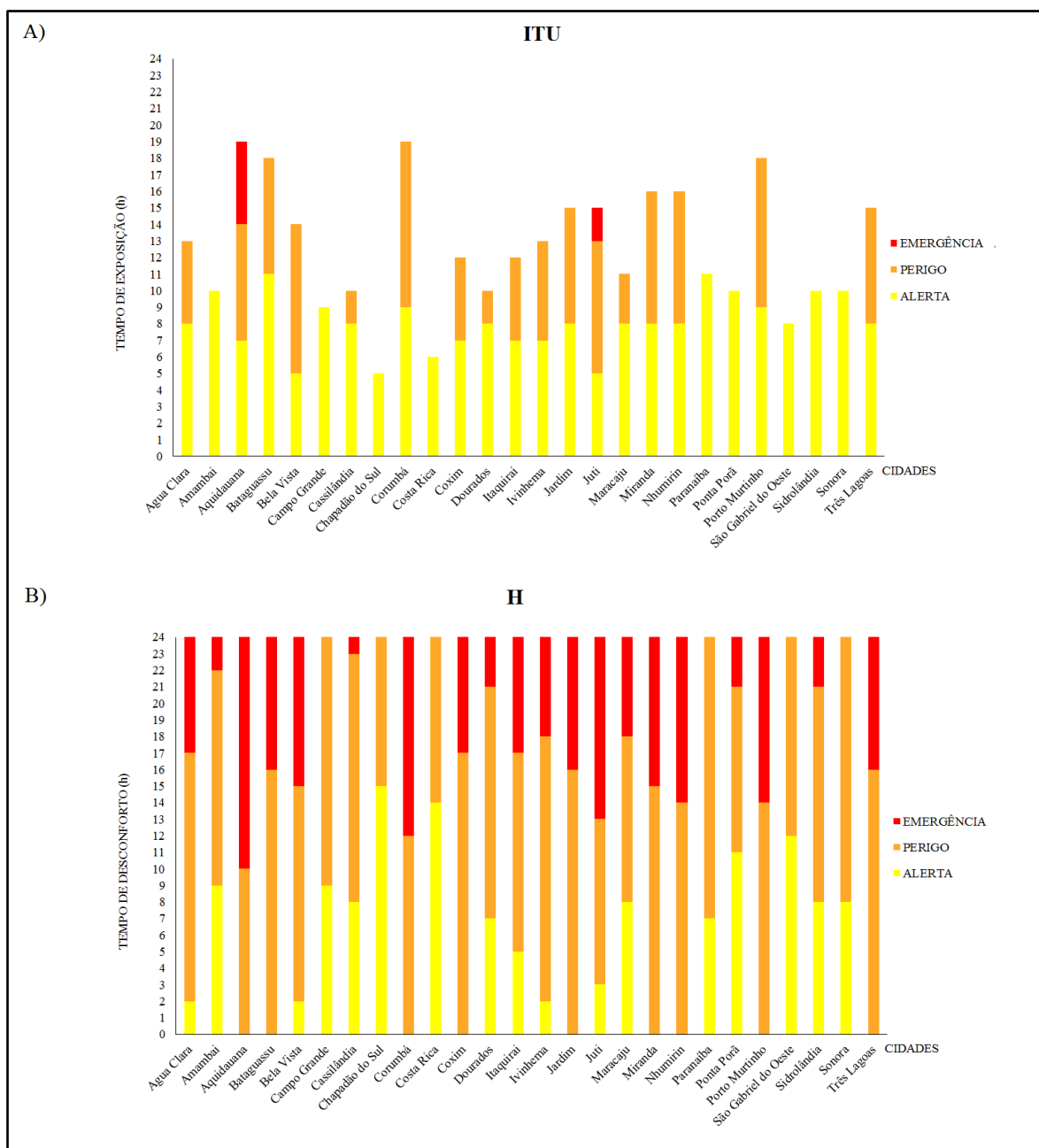


Figura 8. Municípios que apresentaram situação desconforto ambiental de acordo com A) Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e B) Índice Entalpia (H) para o estado de Mato Grosso do Sul.

Analisando o índice H de acordo com a Figura 8B verificou-se que o município que teve maior tempo de exposição ao PERIGO foi Coxim com 17 horas e o menor tempo Ponta Porã com 9 horas de exposição. Já na Figura 8A de acordo com o índice ITU o município de Corumbá foi o que apresentou maior tempo em situação de PERIGO. Pesquisas realizadas por Queiroz et al. (2017), demonstraram que galpões em situação de PERIGO

durante o turno da manhã e da tarde, com base no índice H tem a necessidade de maior controle das variáveis ambientais de exposição.

De acordo com a Figura 8B, das 24:00 horas do dia, 20 municípios apresentaram valores de H em situação de EMERGÊNCIA atingindo tempo máximo de exposição para os municípios de Aquidauana, Corumbá e Juti com 14 horas, 12 horas e 11 horas de exposição, respectivamente, sendo necessário um uso mais efetivo de sistemas de arrefecimento térmico durante esses intervalos de tempo. Já tomando como referência o índice ITU, Figura 8A, apresentaram situação de EMERGÊNCIA apenas Aquidauana com 5 hora e Juti com 2 hora de exposição ao desconforto térmico ambiental.

De acordo com as análises realizadas é possível observar que em todo período de verão estudado os municípios apresentaram o índice H em situação de ALERTA, PERIGO e ou EMERGÊNCIA ao desconforto térmico demonstrando ser mais rigoroso na análise de níveis de desconforto ambiental. Segundo Barros (2014), o índice H possui maior eficiência em comprovar a situação de desconforto ambiental, apresentando maior frequência de acionamento dos sistemas de arrefecimento térmico se baseado neste índice. Segundo Rovaris et al. (2014), para um controle ambiental mais efetivo é necessário utilizar índices como parâmetros de sistemas de arrefecimento térmico que minimizem os efeitos do ambiente externo sobre a produção.

O Índice Entalpia (H) de acordo com o coeficiente de variação apresentou variabilidade média, no período de verão estudado. A assimetria e a curtose não apresentaram distribuição normal, ou seja, com valores maiores a zero. A partir dos resultados da análise, o índice H apresentou dependência espacial fraca. Concordando com Staub et al. (2016), a distribuição das variáveis térmicas e índices no espaço não é aleatória, uma vez que as variáveis estudadas apresentaram grau de dependência espacial diferente.

A Figura 9 apresenta condições ambientais em que o índice H expressa situação de Alerta, Perigo e Emergência em MS, necessitando com isso do uso de sistemas de arrefecimento térmico em instalações rurais do tipo Dark House, em cada região investigada.

Analisando a Figura 9, observa-se que devido a necessidade em acionar os sistemas de arrefecimento, a cidade de Costa Rica e Chapadão do Sul apresentou menor necessidade de gasto energético por não apresentar situação de EMERGÊNCIA em nenhuma hora do dia, enquanto que as cidades de Corumbá, Nhumirim e Jardim apresentaram maior necessidade de gasto energético para controle do ambiente térmico.

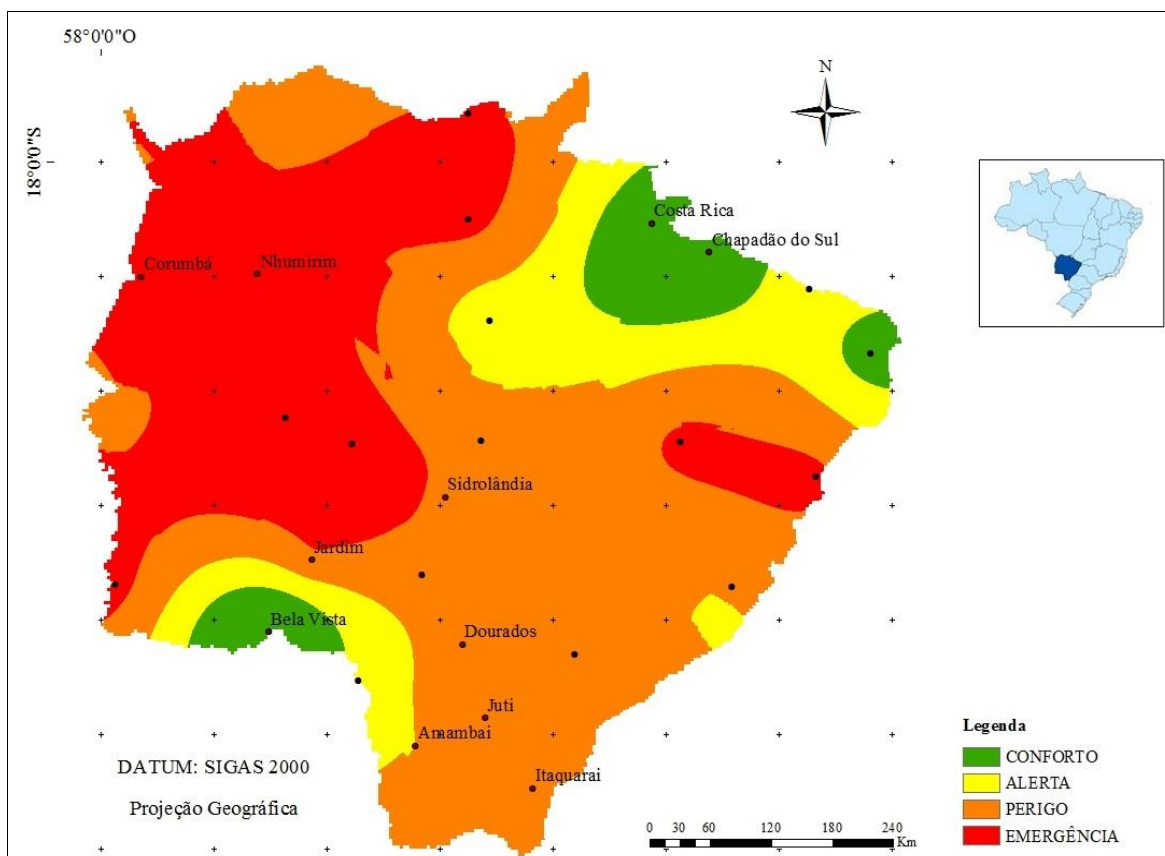


Figura 9. Representação dos maiores municípios produtores de aves de Mato Grosso do Sul em função da necessidade de uso energético com arrefecimento térmico em instalações rurais do tipo Dark House de acordo com o índice H.

Com a aplicação da álgebra de mapas para a análise da carta temática é possível sugerir a implantação de aviculturas em outras cidades do estado do Mato Grosso do Sul além dos polos produtivos atuais, como Costa Rica e Bela Vista, por possuírem menor gasto energético de acordo com a frequência necessária em utilizar sistemas de arrefecimento térmico para o aumento o conforto térmico.

Como pode ser visto nas Figura 9, com exceção de Chapadão do Sul, os maiores municípios produtores de aves do estado de Mato Grosso do Sul, sendo Sidrolândia, Dourados, Juti, Amambai e Itaquirai, não estão localizados nas melhores regiões em termos de conforto ambiental, apresentando situação média de PERIGO de estresse ambiental, refletindo assim em maior tempo de sistemas de arrefecimento térmico ligado e consequentemente maior consumo energético.

Posto isto, sugere-se considerar na tomada de decisões referentes à gestão produtiva pesquisa realizada por Jääskeläinen et al. (2014), onde verificou que em ambientes com climas desfavoráveis ações tomadas a favor da melhoria do bem-estar, como

investimento em instalações com vistas ao ambiente térmico aumentam a produtividade, repercutindo positivamente na economia da unidade, proporcionando animais mais saudáveis e mais produtivos. Este resultado reforça pesquisa realizada por Santos et al. (2016) que afirmam ser necessário o cuidado dos produtores com o ambiente, sendo que em situações de calor intenso existe um gasto do produtor com fontes de arrefecimento térmico artificial.

Por fim, é importante ressaltar que foram analisados apenas os limites superiores de conforto animal, estimando-se a necessidade do uso de energia para arrefecimento térmico. Não foram incluídos gastos com iluminação e sistemas de aquecimento que também fazem parte do consumo energético global dos aviários.

3.4 CONCLUSÕES

A partir da análise ambiental feita utilizando-se a entalpia (H) concluiu-se que as cidades de Costa Rica e Chapadão do Sul apresentaram ambiente que proporciona menor gasto energético com arrefecimento térmico, entretanto Corumbá, Nhumirim e Jardim necessitam de maior gasto energético para melhoramento térmico de instalações avícolas.

Com a aplicação da álgebra de mapa para a análise das cartas temáticas de acordo com o índice H, é possível indicar locais de MS além dos polos atualmente existentes para implantação de aviculturas, como Costa Rica e Bela Vista.

O uso de Ambiência de Precisão ao combinar álgebra de mapas com índices de conforto térmico demonstrou ser uma ferramenta eficiente na avaliação ambiental sugerindo que seja adotada como ferramenta complementar na gestão do setor produtivo avícola de Mato Grosso do Sul.

3.5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FUNDECT e CNPq pelo apoio financeiro para a concretização desta pesquisa.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA FILHO, J. A.; SILVA, I.J.; SILVA, M. A.; SILVA, C. J. Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequência de imagens. Engenharia Agrícola, 27, 93-99, 2007.

BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 16p, 1982.

BARROS, J. S. G. Avaliação de duas tecnologias de controle para acionamento de sistema de aquecimento resistivo em creche suína. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 120f, 2014.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVACK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO R. F.; KNOPKA, A. E. Field-scale variability of soil proprieties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, Medison, v.58, n.5, p.1240-1248, 1994.

CURI, T. M. R. C.; VERCELLINO, R. A.; MASSARI, J. M.; SOUZA, Z. M.; MOURA, D. J. de. Geoestatística para a avaliação do controle ambiental do sistema de ventilação em instalações comerciais para frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 6, p. 1062-1074, 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Central de Informações de Aves e Suínos 2015**. Disponível em <<http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/dados/custo.php>>. Acesso em: 07/05/2016.

ESRI. ArcGis for Windows Version 10.3. **Licence type ArcInfo**. [S.I]: ESRI – Enviromental Systems Research Institute, 2015.

FILHO, J. I. S.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M. Potencial do Matopiba na produção de aves e suínos. **Revista Política Agrícola**, n 2, 2017.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/>> Acesso em: 20 jun. 2017.

JÄÄSKELÄINEN, T.; KAUPPINEN, T.; VESALA, K. M.; VALROS, A. Relationships between pig welfare, productivity and farmer disposition. **Animal Welfare, Washington**, v. 23, p. 435-443, 2014.

MACHADO, N. S.; TINÔCO, I. F. F.; ZOLNIER, S.; MOGAMI, C. A.; ROCHA, K. S. Aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura de aviários com telhas de aço na região centro oeste do brasil. **Nucleus**, v.13, n.1, abr. 2016.

MINITAB INC. Minitab® 17. **State College**, 2014.

QUEIROZ, M. L. V.; FILHO, A. D. B.; SALES, F. A. L.; LIMA, L. R. de; DUARTE L. M.; Variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte com sistema de nebulização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 586-595, 2017.

ROSA, C.O.; GARCIA, R.G.; COSTA, J.S.; NÄÄS, I.A.; LIMA, N.D.S. Economic analysis of the implementation of an LED lighting system in a dark house: a case study. **Custos e Agronegócio**. v. 13, Special Edition, p. 2-19, 2017.

ROVARIS, E.; CORRÊA, G. S. S.; CORRÊA, A. B.; JUNIOR, J. G. C.; LUNA, U. V. de; ASSIS, S. D. de. Desempenho de frangos de corte criados em aviários dark house versus convencional. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**. V. 8 No. 18 p. 2173-2291, 2014.

SANTOS FILHO, J. I.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M. Potencial do Matopiba na produção de aves e suínos. **Revista Política Agrícola**. Nº 2. 2017.

SANTOS, R. C.; SILVA, S. I.; SILVA, N. C.; BATTILANI, M.; ÁVALO, H.; MARTINS, E. A. S.; DE PAULA, M. O. Análise de risco ao estresse climático na produção de frangos de corte da região do Paraná. **In: Simpósio Nacional de Construções Rurais e Ambiente (V SIMCRA/ 2016)**. Viçosa – MG. 2016.

SANTANA, M. H. M.; SARAIVA, E. P.; COSTA, F. G. P.; FIGUEIREDO JÚNIOR, J. P.; SANTANA, A. M. M. De A.; ALVES, A. R. Ajuste dos níveis de energia e proteína e suas relações para galinhas poedeiras em diferentes condições térmicas. **Medicina Veterinária e Zootecnia**, PUBVET, v.12, n.1, p.1-12, 2018.

STAUB, L.; DE MOARES, M. D. G.; SANTOS, M. G.; KOMIYAMA, C. M.; GONÇALVES, N. S.; JUNIOR, R. B. F.; TON, A. P. S.; ROQUE, F. A. Ambiente interna e externa em galpão de frangos de corte nas diferentes épocas do ano e fases de criação. **Revista Nativa**, v. 4, n. 3, p. 128 - 133, 2016.

USDA. United States Department of Agriculture. **Livestock and Poultry: World Markets and Trade**. 2017. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf. Acesso em: 15/10/2017.

ZOTTI, C.A.; ZOTTI, M.L.N.; PETROLI, T.G.; BASSO, A.C. Climatização da sala de espera para vacas criadas a pasto sem sombreamento. **Archivos de Zootecnia**. 66 (254): 167-171. 2017.

Capítulo 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Chapter 4 – FINAL CONSIDERATIONS

A partir do estudo realizado, entende-se que o avanço dos sistemas produtivos animais ocorre em decorrência do desenvolvimento genético dos animais ou melhoria das instalações, fazendo com que fatores ambientais passem a ser importantes durante a produção, pois podem refletir diretamente na qualidade do produto final. Assim, é indispensável que o animal esteja alojado em um ambiente adequado para que possa expressar o seu máximo potencial produtivo, associado ao seu bem-estar.

Entre os vários índices que servem para prever o desconforto e o conforto dos animais, destacando-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Entalpia (H), que são amplamente utilizados por envolverem apenas temperatura ambiente e umidade relativa do ar, sugerindo com este trabalho que sejam adotados e disponibilizados pelas estações meteorológicas oficiais.

É importante conhecer os ambientes em que os animais estão sendo expostos, uma vez que as adequações sofridas a um ambiente desfavorável aumentam suas chances de viver bem, se reproduzir e produzir.

Com o estudo realizado foi possível verificar que as condições climáticas de Mato Grosso do Sul não estão favoráveis para a produção de aves e suínos, sugerindo que sejam verificadas também se estão havendo situações de estresse ambiental para os demais animais de produção expostos ao ambiente do estado, como é o caso dos bovinos, sendo assim possível propor medidas mitigadoras para minimizar prejuízos à produção.

APÊNDICE

Tabela 5. Localização geográfica das estações meteorológicas utilizadas para o estudo.

ID	Cidade	S	W	Latitude	Longitude
1	Sonora	-17 34 37	-54 45 28	17.635277°	54.760470°
2	Costa Rica	-18 32 38	-53 07 45	18.492665°	53.171261°
3	Coxim	-18 30 24	-54 45 36	18.512146°	54.736116°
4	Corumbá	-19 00 33	-57 39 12	18.99667°	57.6375°
5	Nhumirim	-18 59 11	-56 37 19	18.988681°	56.621944°
6	São Gabriel do Oeste	-19 23 43	-54 33 59	19.420320°	54.553088°
7	Chapadão do Sul	-18 47 39	-52 37 22	18.802187°	52.602620°
8	Cassilândia	-19 06 48	-51 44 03	19.122471°	51.720732°
9	Paranaíba	-19 40 38	-51 11 27	19.695517°	51.181769°
10	Três Lagoas	-20 45 04	-51 40 42	20.7900°	51.7122°
11	Água Clara	-20 26 53	-52 52 41	20.44444°	52.87583°
12	Campo Grande	-20 26 34	-54 38 47	20.447195°	54.722615°
13	Bataguassu	-21 42 51	-52 25 20	21.750123°	52.471294°
14	Ivinhema	-22 18 17	-53 48 55	22.300421°	53.822895°
15	Itaquiraí	-23 28 28	-54 11 06	23.449501°	54.181858°
16	Sete Quedas	-23 58 13	-55 02 08	23.966893°	55.024227°
17	Juti	-22 51 38	-54 36 10	22.857210°	54.605634°
18	Amambai	-23 06 15	-55 13 33	23.002530°	55.329357°
19	Ponta Porã	-22 32 10	-55 43 32	22.552448°	55.716317°
20	Dourados	-22 13 16	-54 48 20	22.193920°	54.911355°
21	Bela Vista	-22 06 32	-56 31 16	22.101536°	56.540763°
22	Rio Brilhante	-21 48 07	-54 32 47	21.774940°	54.528108°
23	Maracaju	-21 36 52	-55 10 06	21.609036°	55.177531°
24	Jardim	-21 28 49	-56 08 17	21.478529°	56.137717°
25	Sidrolândia	-20 55 55	-54 57 41	20.981637°	54.971870°
26	Aquidauana	-20 28 16	-55 47 14	20.475420°	55.784006°
27	Miranda	-20 14 26	-56 22 42	20.471111°	56.378333
28	Porto Murtinho	-21 41 56	-57 52 57	21.705850°	57.886546°

Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>

Tabela 6. Representação das variáveis climáticas correlacionadas aos períodos.

ID	Cidade	Variável Ambiental	
		T	UR
1	Sonora	24,92	79,81
2	Costa Rica	23,48	78,79
3	Coxim	26,19	78,99
4	Corumbá	43,86	72,10
5	Nhumirim	27,47	77,26
6	São Gabriel do Oeste	24,07	80,55
7	Chapadão do Sul	23,53	77,19
8	Cassilândia	26,11	72,04
9	Paranaíba	26,02	73,76
10	Três Lagoas	24,88	74,52
11	Água Clara	26,48	74,01
12	Campo Grande	25,09	74,62
13	Bataguassu	40,00	88,78
14	Ivinhema	25,97	73,85
15	Itaquiraí	25,79	76,98
16	Sete Quedas	25,40	73,61
17	Juti	25,87	90,19
18	Amambai	25,23	76,59
19	Ponta Porã	24,33	75,57
20	Dourados	25,23	75,69
21	Bela Vista	26,52	73,30
22	Rio Brilhante	25,82	76,84
23	Maracaju	25,46	77,63
24	Jardim	26,88	73,94
25	Sidrolândia	25,42	75,12
26	Aquidauana	41,07	92,01
27	Miranda	26,98	75,83
28	Porto Murtinho	28,02	72,58