

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA

Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

RODRIGO DA SILVA RIQUENA

**MODELO COMPUTACIONAL PARA PREVISÃO DE MORTALIDADE
DE GALINHAS POEDEIRAS EM FUNÇÃO DE ONDAS DE CALOR E
TIPOLOGIA DOS AVIÁRIOS**

TUPÃ - SP

2016

RODRIGO DA SILVA RIQUENA

**MODELO COMPUTACIONAL PARA PREVISÃO DE MORTALIDADE
DE GALINHAS POEDEIRAS EM FUNÇÃO DE ONDAS DE CALOR E
TIPOLOGIA DOS AVIÁRIOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Tupã, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento.

Área de concentração: Agronegócio e Desenvolvimento

Linha de pesquisa: Competitividade de Sistemas Agroindustriais

Orientador: Prof. Dr. Danilo Florentino Pereira

Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Martinez do Vale

Co-orientador: Prof. Dr. Douglas D'Alessandro Salgado

TUPÃ - SP

2014

Ficha Catalográfica

R487m

Riquena, Rodrigo da Silva.

Modelo computacional para previsão de mortalidade de galinhas poedeiras em função de ondas de calor e tipologia dos aviários / Rodrigo da Silva Riquena. – Tupã, 2017.

89 f.

Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Faculdade de Ciências e Engenharia – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Florentino Pereira.

Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Martinez do Vale.

Co-orientador: Prof. Dr. Douglas D’Alessandro Salgao.

1. Mineração de dados. 2. Avicultura de postura. 3. Mudanças climáticas. 4. Zootecnia de precisão. I. Autor. II. Título.

CDD 636.5



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Tupã

RODRIGO DA SILVA RIQUENA

**MODELO COMPUTACIONAL PARA PREVISÃO DE MORTALIDADE DE
GALINHAS POEDEIRAS EM FUNÇÃO DE ONDAS DE CALOR E
TIPOLOGIA DOS AVIÁRIOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e
Desenvolvimento (UNESP/Tupã), como requisito para obtenção do título de Mestre.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof(a). Dr(a). Danilo Florentino Pereira
(Orientador)

Prof(a). Dr(a). Mario Mollo Neto
(UNESP/Tupã-SP)

Prof(a). Dr(a). Leda Gobbo de Freitas Bueno
(UNESP/Dracena-SP)

Dissertação defendida e aprovada em:
13 de fevereiro de 2017

**Este trabalho é dedicado à Cristina, minha atual namorada e futura esposa,
amada e compreensiva companheira nesta difícil jornada.**

**A meus familiares, pilares de sustentação de minha vida e base dos valores
de minha existência.**

**Confiem em Deus todos os seus objetivos e ele te ajudará no que for preciso
para alcança-los.**

AGRADECIMENTOS

A **DEUS** que tantas vezes me amparou e sempre está comigo em qualquer que seja a dificuldade do momento.

Ao Prof. Danilo Florentino Pereira por ter confiado em mim e na minha capacidade para realização desse trabalho. Pela paciência em todas as reuniões de orientação pela amizade e companheirismo.

Ao Professor Marcos Martinez do Vale, pela ajuda e pelos seus conselhos com seu amplo conhecimento.

Ao Professor Douglas D'Alessandro Salgado, pela ajuda com análises estatísticas e processamento dos dados.

Ao Professor Vagner Anabor, pela ajuda na área de previsão climatológica e pelo suporte por meio do GRUMA- Grupo de Modelagem Atmosférica de Santa Maria.

Ao veterinário Fabio Katayama, pela ajuda e transmissão do seu amplo conhecimento na área avícola.

A Colega de mestrado Fernanda Yamauchi, pelo fornecimento dos contatos necessários para obtenção dos dados avícolas.

Aos colegas e alunos de mestrado, sem exceção, pela ajuda mutua e pelo apoio coletivo.

Ao CIIAGRO, Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas, pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

Ao INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

Muitos me ajudaram. Fica um agradecimento sincero e minhas desculpas aos que não foram citados.

RIQUENA, Rodrigo da Silva. **Modelo computacional para previsão de mortalidade de galinhas poedeiras em função de ondas de calor e tipologia dos aviários**. 2017. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento). Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Tupã, 2017.

RESUMO

A mortalidade na produção de galinhas poedeiras é fato preocupante para produtores e constitui considerável perda econômica. Alguns eventos climáticos, como ondas de calor, estão diretamente relacionados ao aumento da mortalidade. O objetivo deste trabalho foi relacionar a ocorrência de ondas de calor com a mortalidade de poedeiras, considerando o efeito de duas diferentes tipologias de galpão utilizado na produção de ovos. Os dados de mortalidade diária foram obtidos em dois aviários localizados na cidade de Bastos-SP para o período de outubro de 2014 a janeiro de 2016. Para padronizar a coleta de informações foi construída uma ferramenta para registro diário da mortalidade na granja. Os dados do clima foram obtidos de duas estações meteorológicas localizadas nos municípios Tupã-SP e Rancharia-SP para o período de 2010 a 2015. As ondas de calor foram classificadas na base de dados climática usando diferentes definições da literatura. Os dados de mortalidade e clima foram relacionados em um mesmo banco de dados e foram classificados em mortalidade normal e alta de acordo com manual da linhagem. Após serem relacionados os dados foram levados a mineração, a técnica utilizada foi a CRISP-DM utilizando o algoritmo J48. A classificação para ondas de calor do INMET foi a mais adequada para região. Foi possível associar as ocorrências de onda de calor ao aumento da mortalidade de poedeiras e as variáveis construtivas dos aviários influenciam na mortalidade e produção. A árvore de classificação gerada identificou com precisão 71%, das ocorrências de mortalidade alta e 95% de todos os dados de mortalidade. A árvore de classificação permitiu relacionar o aumento da mortalidade de poedeiras em função de ondas de calor e permite que se faça uma previsão de quando haverá maior chance de ocorrer mortalidade alta.

Palavras-chave: mineração de dados; avicultura de postura, mudanças climáticas, zootecnia de precisão.

RIQUENA, Rodrigo da Silva. **Computational model for prediction of laying hens mortality due to heat waves and avian typology**. 2017. 89 f. Dissertation (Master of Agribusiness and Development). Faculty of Science and Engineering, São Paulo State University. Tupa, 2017.

ABSTRACT

Mortality in the production of laying hens is a concern for producers and constitutes a considerable economic loss. Some climatic events, such as heat waves, are directly related to increase of mortality. The aim of this work was to relate the occurrence of heat waves with laying hens mortality, considering the effect of two different typologies of shed used in egg production. Daily mortality data were obtained from two aviaries located in the city of Bastos-SP for the period from October 2014 to January 2016. To standardize the collection of information, a tool was created to record daily mortality on the farm. The climate data were obtained from two meteorological stations located in the cities of Tupã-SP and Rancharia-SP for the period from 2010 to 2015. The heat waves were classified in the climatic database using different definitions of the literature. Mortality and climate data were related in a single database and were classified into normal and high mortality according to the lineage manual. After being related the data were taken to mining, the technique used was the CRISP-DM using the algorithm J48. The classification for INMET heat waves was the most adequate for region. It was possible to associate the occurrences of heat wave to the increase of laying hens mortality and the constructive variables of the aviaries influence the mortality and production. The classification tree generated accurately identified 71% of occurrences of high mortality and 95% of all mortality data. The classification tree allowed to relate the increase in laying mortality as a function of heat waves and allows a forecast of when there is a higher chance of high mortality occurrence.

Keywords: data mining, poultry farming, climate changes, animal husbandry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de calor e temperatura corporal de uma ave adulta, em função da temperatura ambiental efetiva externa.....	17
Figura 2 - Anomalias de temperaturas globais. Série com médias registradas em períodos de cinco anos.	21
Figura 3 - Mineração de dados e as etapas no processo de descoberta de conhecimento.	27
Figura 4 - Diagrama de desenvolvimento do projeto.	29
Figura 5 – Tela inicial e menu principal do <i>software</i> Poecontrol de registro dos dados.....	31
Figura 6 – Cadastro de aviários e apontamento de mortalidade.....	32
Figura 7 - Diagrama de classes do <i>web site</i>	33
Figura 8 - MER do banco de dados do <i>Web site</i>	34
Figura 9 - Instalações internas do aviário B1, aviário com distribuição de ração automatizada e gaiola verticais com corredores laterais.....	36
Figura 10 - Instalações externas do aviário B1, com sombrites, telhados pintados e pé direito mais alto.....	36
Figura 11 - Instalações internas do aviário G2, duas baterias de gaiolas com um corredor central.	37
Figura 12 - Instalações externas do aviário G2, aviário do tipo californiano sem lanternim e pé direito baixo.....	37
Figura 13 - Esquema de desenvolvimento de projeto de mineração de dados CRISP-DM.	42
Figura 14 –Número e duração em dias das ondas de calor em cada ano estudado, considerando cada um dos critérios determinantes de onda de calor em Tupã.....	47
Figura 15 - Frequência anual de ondas de calor em Tupã (2010-2015).....	49
Figura 16 - Frequência anual de ondas de calor em Rancharia (2012-2015).....	49
Figura 17 – Análise ROC para critério 1.....	50
Figura 18 – Análise ROC para critério 2.....	50
Figura 19 – Análise ROC para critério 3.....	51
Figura 20 – Análise ROC para critério 4.....	52
Figura 21 - Ocorrência de onda de calor e mortalidade registrada no primeiro aviário (B1) durante os 36 primeiros dias de 2015 - (A) Critério 1, (B) Critério 2, (C) Critério 3 e (D) Critério 4.....	55
Figura 22 - Ocorrência de onda de calor e mortalidade registrada no segundo aviário (G2) durante os 36 primeiros dias de 2015 - (A) Critério 1, (B) Critério 2, (C) Critério 3 e (D) Critério 4.....	57
Figura 23 - Diferença média na produção de ovos entre o observado e o esperado entre o surgimento da onda e o 15º dia.....	60
Figura 24 - Séries temporais contemplando o esperado produtivo para a linhagem a produção da granja e a ocorrência de onda de calor, (A) primeiro recorte temporal (B) segundo recorte temporal de ocorrências de onda.	61
Figura 25 - Histograma da produção de ovos nos diferentes galpões e o padrão da linhagem.	64
Figura 26 - Produção nos aviários e a padrão da linhagem.....	65

Figura 27- Árvore de decisão gerada a partir dos dados sem seleção de atributo (Precisão Total = 66,46%).	66
Figura 28- Árvore de decisão gerada a partir da seleção de atributos.	67
Figura 29- Árvore de decisão gerada após retirar os atributos redundantes.	68
Figura 30- Árvore de decisão gerada após retirar registros com MA sem alterações climáticas.	69
Figura 31- Árvore de decisão gerada depois de retirada dos registros com MA sem que estivessem sido apontados como dia de onda de calor por nenhum dos critérios.	71
Figura 32- Painel de previsão.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela nutricional das rações oferecidas.	38
Tabela 2 – Critérios para variáveis determinantes de onda de calor.	39
Tabela 3 – Lista de atributos utilizados para a formação do banco de dados final.	45
Tabela 4 – Número de ondas de calor classificadas em cada critério.	47
Tabela 5 – Resultado do teste VPP para cada critério e seus respectivos valores de sensibilidade e especificidade.	53
Tabela 6 – Ondas ocorridas na estação meteorológica de Tupã no ano de 2015 e suas magnitudes.	53
Tabela 7 – Percentual de mortalidade observada em cada aviário nas ocorrências de onda de calor.	63
Tabela 8 – Porcentagem de precisão dos modelos seleção de atributos.	67
Tabela 9 – Porcentagem de precisão dos modelos com MA sem onda de calor.	70
Tabela 10 – Porcentagem de precisão dos modelos com MA sem onda de calor.	74

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

° C	
Graus Celsius	15
APT	
Amplitude total	41
CIAGRO	
Centro integrado de informações agrometeorológicas	30
CMD	
consumo médio de ração.....	19
FOC	
Frequência das ondas de calor	41
GMD	
Ganho de peso médio diário	19
GNU	
Licença Pública Geral	44
HWDI	
Índice de Duração de Onda de Calor	22
ITU	
Índice de Temperatura e Umidade	23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	16
1.1.1 Objetivo geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Conforto térmico e condicionamento	16
2.2 Ondas de calor e seus impactos na avicultura	20
2.3 Sistemas tecnológicos no auxílio da produção	25
2.4 Mineração e análise de Banco de Dados computacionais	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 Desenvolvimento do <i>software</i> Poecontrol para registro dos dados	30
3.2 Registro e análise dos dados de mortalidade e clima	35
3.2.1 Análise dos dados do ambiente e caracterização de onda de calor na região do aviário	38
3.3 Mineração dos dados registrados	41
3.3.1 Entendimento do domínio, conhecimento e preparação dos dados	42
3.3.2 Modelagem dos dados	44
3.3.3 Mineração dos dados e Previsão de mortalidade	44
3.4 Criação do sistema de alerta no pacote tecnológico	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1 Verificação da frequência e caracterização de onda de calor	46
4.2.1 Análise comparativas entre os aviários	62
4.3 Mineração dos dados de mortalidade	65
4.4 Usabilidade do <i>software</i> Poecontrol	72
4.5 Previsão da mortalidade de poedeiras com 3 dias de antecedência e implementação do <i>software</i> PoecontrolPrev	73
4.6 Trabalhos futuros	75
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

A produção de galinhas poedeiras em gaiolas é atualmente o sistema de criação mais difundido. A intensificação da indústria avícola durante as décadas de 1930 e 1940 fez com que a produção de ovos em gaiolas, em larga escala, se tornasse mecanizada, por apresentar altos índices de produção e custos relativamente baixos, ocasionados pela redução de mão de obra e diminuição do desperdício de ração. A mecanização dos aviários possibilita uma maior utilização do espaço de alojamento, reduzindo o espaço oferecido aos animais e levando a adoção de práticas que elevaram densidade de criação (SILVA; MIRANDA, 2009; PEREIRA et al., 2013).

A avicultura de postura constitui um importante setor para a economia agrícola brasileira. A região de Tupã-SP, na qual se localiza o município de Bastos-SP que é considerado o maior produtor nacional de ovos, produziu no ano de 2014 aproximadamente 500 milhões de dúzias de ovos, que representou quase 20% da produção nacional que foi de 2,826 bilhões de dúzias (IEA – INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2015; IBGE, 2015).

Buscando novos sistemas de criação, a avicultura de postura brasileira sofreu um grande processo de evolução, com melhorias biotecnológicas, de manejo e sanidade. Embora esses fatores tenham proporcionado ganhos econômicos e melhorado a eficiência e a eficácia na produção avícola industrial, também têm resultado em problemas quanto ao bem-estar das aves, aumentando a susceptibilidade ao estresse por calor e tornando difíceis ações de mitigação (ALBUQUERQUE, 2004).

A manutenção da temperatura é essencial para o bem-estar das poedeiras. Os fatores térmicos que podem ser representados por temperatura do ar, umidade, radiação térmica e movimentação do ar provocam diversas alterações fisiológicas nas aves, comprometendo a homeotermia. Fora da zona de conforto, ocorre decréscimo do desempenho produtivo, reprodutivo e imunidade, sendo que extremos de temperatura podem vir a ser letais (TINÔCO, 2001; ZHAO et al., 2013).

De acordo com Pereira et al. (2010) ondas de calor estão diretamente associadas à mortalidade de poedeiras. Manuais de manejo de linhagens indicam taxas de mortalidade aceitáveis entre 0,2% a 0,5% quando as aves estão em pico de produção de 22ª a 24ª semanas, subindo gradativamente de 0,01% a 0,02% por semana até atingirem 10% na 90ª semana. A mortalidade devido ao estresse térmico, geralmente mais intensas durante as ondas de calor, é

uma perda econômica significativa para os produtores de ovos (COMPEAN et al, 2011; INTERAVES, 2016).

Mortes decorrentes a ondas de calor podem representar 30% das perdas na produção avícola, fator que pode ser agravado por alta densidade de aves nas gaiolas. A morte de indivíduos de um rebanho de poedeiras é fator associado a outras formas de perda a diminuição na produtividade e na qualidade do ovo (VALE et al., 2008; PAVAN et al., 2005; MA et al. 2015).

As ondas de calor são eventos climáticos extremos e desconfortáveis que se caracterizam por períodos que apresentam aumento súbito na temperatura ambiente ocorrendo em diferentes zonas e variando de intensidade e duração, assim cada região possui temperaturas consideradas normais para uma determinada época (CALADO et al.2004; INMET, 2015).

Elevações nas temperaturas máximas diárias em uma região de clima temperado são sentidas diferentemente de regiões tropicais, no entanto de forma geral as temperaturas excessivamente altas, acima dos 32,0° C e com duração entre 3 e 15 dias, são as condições críticas que acarretam em prejuízos (CALADO et al.2004; ZUO et al., 2015).

Devido os efeitos das mudanças climáticas, a ocorrência de ondas de calor tem sido cada vez mais frequentes, batendo sucessivos recordes de intensidades (Claybourne, 2009; Zuo et al., 2015). Ondas de calor são extremamente perigosas aos seres vivos, podendo ser letais. Elas apresentam uma combinação de fatores extremamente nocivos ao organismo como a alta umidade do ar, sol forte e ausência de vento. Ondas de calor apresentam riscos à saúde e consideráveis perdas na agricultura e no meio ambiente (NORTE et al., 2007).

Na produção avícola de postura o estresse por calor aumenta consideravelmente o risco de mortalidade e ocasiona a diminuição do consumo de ração, provocando queda na produção, qualidade e tamanho dos ovos (COMPEAN et al., 2011).

Segundo os estudos de Salgado e Nääs (2010) é possível apontar a região de Tupã como uma área de maior risco para produção avícola no estado de São Paulo, haja vista que a ocorrência de temperaturas diárias extremas são mais frequentes que em outras regiões.

Um dos recursos mitigadores aos extremos de clima está na construção do galpão. Sua arquitetura e materiais utilizados podem contribuir para o conforto térmico, pois facilitam a retirada de calor de dentro das instalações e/ou promover melhor isolamento térmico com o meio externo (LOURENÇONI et al., 2015).

Assim, é possível formular a hipótese de que ondas de calor são responsáveis pelo aumento da mortalidade das aves e a tipologia e materiais envolvidos na construção dos

aviários potencializam ou minimizam essa mortalidade. Este estudo busca conhecer os efeitos das ondas de calor na mortalidade de poedeiras, considerando os diferentes tipos de galpões, com o objetivo de constituir conhecimento importante para o setor mitigar essas perdas, antecipando esses eventos climáticos para que ações preventivas possam ser adotadas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é identificar as associações entre a ocorrência de ondas de calor e a mortalidade de poedeiras em função das diferentes tipologias de galpões utilizados na produção de ovos.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Analisar os dados registrados buscando encontrar correlações entre as variáveis ambientais e construtivas com a mortalidade das aves.

2. Desenvolver um pacote tecnológico para auxiliar no registro da mortalidade de galinhas poedeiras, relacionando com a ocorrência de ondas de calor e as tipologias das instalações.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As perdas decorrentes de eventos climáticos extremos têm preocupado cada vez mais a sociedade, pois são responsáveis pela maioria das perdas materiais no mundo. Nos países localizados nas zonas intertropicais que são os mais quentes da terra com temperaturas médias superiores aos 20°C, como é o caso de grande parte do território brasileiro, esses eventos tem sido relatados e denominados como ondas de calor (NIENABER; HAHN, 2004).

As aves são classificadas como animais homeotérmicos, e de acordo com a termodinâmica, estão em troca térmica contínua com o ambiente. Este processo só é completamente eficiente quando a temperatura ambiente estiver dentro dos limites de termoneutralidade (SOUZA, 2005).

2.1 Conforto térmico e acondicionamento

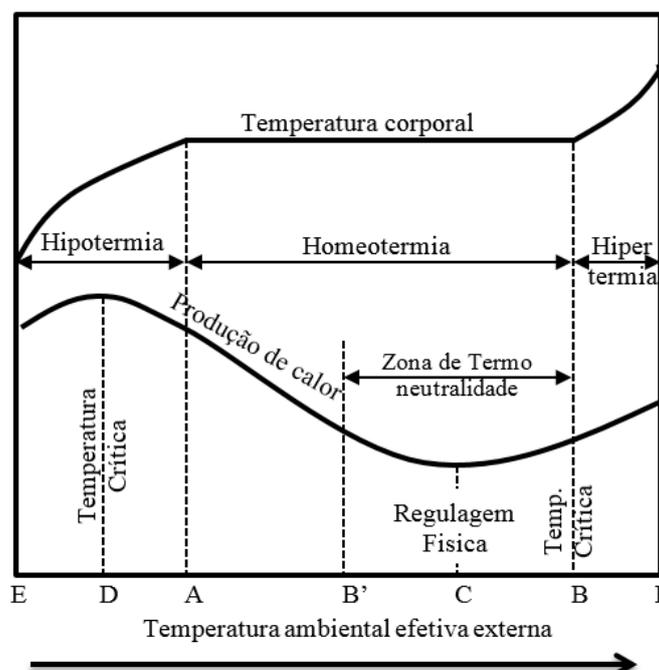
A produção de aves poedeiras em regiões de clima tropical está sujeita a altas temperaturas e altas umidades relativas do ar. Como as aves não têm glândulas sudoríparas e seu corpo é recoberto por penas, seu principal meio de resfriamento dos órgãos internos e

músculos é a respiração, que dissipa o calor corporal através do aumento da evaporação da umidade dos sacos aéreos. Assim, esses dois fatores ambientais afetam consideravelmente o conforto térmico das aves, sendo limitações para uma ótima produção (MORENG; AVENS, 1990; MACARI; FURLAN; SILVA, 2001).

As altas temperaturas são um forte agente de desconforto para aves causando hipertermia com elevação da temperatura corporal. A temperatura interna de uma ave adulta fica entre 40-41 °C e a elevação da temperatura corporal pode ser letal em casos extremos. Para uma melhor produção recomenda-se umidade relativa de 40 a 70% e a temperatura ambiente entre 18 e 28 °C, denominada zona de termoneutralidade, possibilitando máximo desempenho produtivo (FERREIRA, 2005; TINÔCO; SILVA, 2001).

As aves têm características que lhes permitem a manutenção constante da temperatura de todos os órgãos vitais. Para que o gasto energético para manter a temperatura corporal seja mínimo, o ideal é que o ambiente térmico esteja compreendido dentro de uma zona de termoneutralidade. A Figura 1 mostra a relação e variação das respostas fisiológicas das aves em função dos parâmetros ambientais (LOPES, 1986; MACARI; FURLAN; SILVA, 2001; MOURA, 2001; SILVA; SEVEGNANI, 2001).

Figura 1 - Produção de calor e temperatura corporal de uma ave adulta, em função da temperatura ambiental efetiva externa.



Fonte: Lopes (1986).

Segundo Costa et al. (2012), de toda energia ingerida pelas aves, apenas 20% é destinada a produção e 80% é canalizada para manutenção da homeotermia.

Diversos fatores podem contribuir para o estresse térmico em decorrência do aumento da temperatura, destacando-se, a atividade física, densidade populacional e dieta. O desconforto térmico pode ser aumentado também pelo incremento calórico em uma maior ingestão de alimento em razão da produção de calor corporal, decorrente da elevação da atividade metabólica, desencadeando processos associados à digestão e ao metabolismo dos nutrientes, gerando um incremento da termogênese induzida pela alimentação e consequentemente um desperdício energético (JULIAN, 2005; MACARI; FURLAN; SILVA, 2001).

Com temperatura ambiente até 21°C pode-se observar perdas de calor pela radiação, condução e convecção. Com temperaturas elevadas o principal mecanismo de dissipação do calor é por meio da respiração, essa perda de calor latente ocorre por meio do resfriamento evaporativo quando a ave encontra-se em hipertermia. A umidade relativa do ar interfere nessa troca de calor pela respiração, pois dificulta a sua dissipação (BALNAVE, 1998; SILVA, 2001b).

Os segmentos apresentados na Figura 1 do E ao F, definem as divisas das zonas térmicas teóricas que exemplificam os pontos em que as aves apresentam variação na máquina homeotérmica. O seguimento B'B define a zona de termoneutralidade onde a produção é considerada como sendo a zona de conforto da ave, expressa precisamente pelo ponto C (LOPES, 1986).

Conforme se distancia do B' em direção aos pontos A, D e E, ocorre aumento na produção de calor para compensar as perdas para temperatura ambiente. No seguimento B'A a ave torna-se mais ativa e consome mais alimentos, pois precisa de mais energia para produção de calor. No ponto D, a produção de calor atinge o seu ponto máximo se a temperatura ambiente cair ainda mais a ave não conseguirá mais balancear a temperatura com a produção de calor e a temperatura corporal cairá drasticamente, a ave torna-se hipotérmica e morrerá quando a temperatura atingir o ponto E (LOPES, 1986; SILVA; SEVEGNANI, 2001).

Acima do ponto B que é o limite superior da termoneutralidade, a rapidez com que a ave atinge o estresse térmico é bem maior com o aumento da temperatura ambiente. A ave usa seus meios para perda de calor, mas se a temperatura ambiente continuar a subir e chegar ao ponto F a ave entra em estado de hipertermia, seu organismo entra em colapso e consequentemente morrerá (LOPES, 1986; SILVA; SEVEGNANI; 2001).

Uma das consequências do estresse por calor é a mudança no equilíbrio ácido-base com a ocorrência da alcalose respiratória provocada pela ofegação. A aceleração na frequência respiratória causa o aumento do PH no sangue devido a grande expiração de dióxido de carbono e conseqüentemente a diminuição de ácido carbônico (H_2CO^3) e H^+ (TEETER et al., 1985; BORGES; MAIORKA; SILVA, 2003; SOUSA JÚNIOR, 2006).

O equilíbrio constante do pH no organismo das poedeiras é de suma importância fisiológica e bioquímica, toda a manutenção e absorção das proteínas pelo organismo, as atividades das enzimas celulares e as trocas eletrolíticas são diretamente afetadas por pequenas alterações no pH sanguíneo, concentração de íons hidrogênio no sangue. As consequências podem variar desde a má formação da carcaça a uma diminuição da imunidade favorecendo o aparecimento de novas doenças. O dióxido de carbono (CO_2) pode se combinar com ácidos ou bases e junto com os aminoácidos e proteínas circulantes são os principais responsáveis na manutenção do pH sanguíneo (MACARI; FURLAN; GONZALES, 1994; MORENG; AVENS, 1990; PIMENTEL; COOK, 1987; MATHER; BARNAS; BURGER, 1980).

Para regulação do calor corporal as aves dispõem de um termorregulador que está localizado no hipotálamo, sendo responsável pelos mecanismos fisiológicos e estímulos das respostas comportamentais para liberação e produção do calor. Além do aumento da frequência respiratória, outro mecanismo eficiente para perda de calor em situações de calor é a vasodilatação periférica, onde a ave aumenta a área superficial do seu corpo, mantendo as asas afastadas e eriçando as penas (MACARI; FURLAN; GONZALES, 1994).

O desconforto térmico em aves pode provocar ainda a queda no consumo de ração, menor taxa de crescimento, maior consumo de água, aceleração do ritmo cardíaco, alteração da conversão alimentar, queda na produção de ovos e maior incidência de ovos com casca mole. Ocorrerá também uma diminuição sensível nos padrões de qualidade, diminuição no tamanho dos ovos e redução da fertilidade e a eclodibilidade dos ovos (JÁCOME et al., 2007; TINÔCO, 2001; MORENG; AVENS, 1990).

A forma como as aves estão alojadas, os diferentes tipos de construções e materiais utilizados nos aviários podem influenciar diretamente no desempenho das aves influenciando não somente na mortalidade, mas também no ganho de peso médio diário (GMD) e no consumo médio de ração (CMD), algumas técnicas de construção, como ambientes climatizados podem reduzir o índice de mortalidade durante ondas de calor a 0% (ABDELQADER, FATAFTAH, 2014; CASTILHO et al., 2015).

A cobertura dos galpões também interfere significativamente no bem-estar térmico e na produtividade dos aviários. Galpões construídos com cobertura de fibrocimento apresentam um desempenho térmico abaixo do apresentado pela cobertura de telhas cerâmica. Além do tipo de telha utilizado outras técnicas e materiais de revestimento são utilizados para isolamento da cobertura dos aviários e melhoria na sua produtividade, como a construção de lanternim para renovação do ar por meio da exaustão do ar mais quente e da utilização de forros de polietileno, isolando termicamente o ambiente interno da radiação proveniente do telhado (ABREU et al., 2007; SILVA et al. 2013; VITORASSO; PEREIRA, 2009; JÁCOME et al., 2007).

O galpão com cobertura de telha cerâmica proporciona um melhor conforto térmico em horários de temperatura mais elevada, apresentando menores valores de índice de temperatura do globo negro e umidade. Destacam-se ainda alternativas para a melhoria do conforto térmico ambiental em climas quentes, como a climatização de aviários, que proporcionam um ambiente agradável as aves. A climatização é o processo de adaptação do ambiente interno para que esse tenha condições ideais de alojamento em relação ao ambiente externo, assim antes de ser implantada deve-se observar o tipo de clima onde o aviário está inserido, considerando umidade relativa e temperatura (NÄÄS et al., 2001).

A climatização pode ser feita por meio de ventiladores, aspersores ou equipamentos de resfriamento artificiais (exaustores e painéis evaporativos). Estes últimos sistemas utilizam as trocas térmicas entre uma massa de ar e a água nela contida ou em contato pela mudança de estado físico. Dentre os sistemas de resfriamento evaporativo, destacam-se, a ventilação associada à nebulização, o ventilador de alta rotação associado à nebulização, somente nebulização e a nebulização acoplada a ventiladores. Sistemas de climatização melhoram o bem-estar e a produtividade das aves, porém são mais custosos, pois aumentam o consumo de energia elétrica e exigem maiores investimentos em máquinas e componentes eletrônicos (JÁCOME et al., 2007; SARTOR et al., 2000; TINÔCO et al., 2004; KODAIRA, 2015).

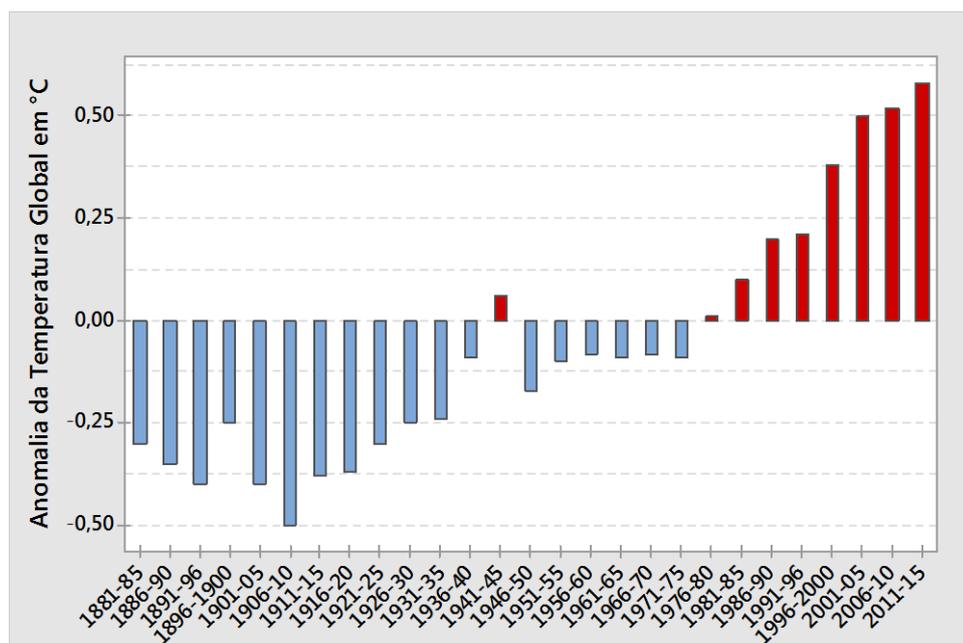
Um estudo realizado por De Pauli et al. (2008) mostra que os sistemas de resfriamento podem contar ainda com *software* para o dimensionamento completo para instalação em galpões. Pode-se ainda simular o comportamento das condições de conforto dentro das instalações, assim como a temperatura, umidade relativa e demais variáveis psicrométricas do ar no interior das instalações.

2.2 Ondas de calor e seus impactos na avicultura

A ação do homem tem potencializado cada vez mais o efeito devastador de fenômenos naturais. As taxas crescentes de dióxido de carbono na atmosfera têm ocasionado alterações climáticas de ordem mundial favorecendo a elevação da temperatura no planeta e a ocorrência cada vez maior de ondas de calor, resultando em sucessivas perdas no agronegócio (SILVEIRA; BONETTI; ROSSLER, 2015).

Segundo WMO - *World Meteorological Organization* (2016) no ano de 2015 houve o registro das maiores temperaturas já registradas a nível mundial. Pela primeira vez a temperatura global ficou 1°C acima da média histórica, sendo acompanhadas por muitos eventos climáticos extremos, como ondas de calor, inundações, secas severas e anomalias térmicas (Figura 2).

Figura 2- Anomalias de temperaturas globais. Série com médias registradas em períodos de cinco anos.



Fonte: Adaptado de WMO (2016).

O aumento nas temperaturas globais tem ocasionado períodos prolongados excessivamente quentes. Essa anomalia é conhecida como onda de calor e podem durar vários dias ou várias semanas (INMET, 2015).

Robinson (2001) considera o aparecimento de uma onda de calor quando as condições de índice de calor (Hi, índice de conforto para humanos adotado pelo *National Weather Service*, EUA) máximo diurno e mínimo noturno excedem, na mesma porcentagem, os limites de

conforto em um período de 48 horas. Uma onda de calor pode durar dois dias ou mais com registro de temperaturas maior ou igual a 32° C e, pelo menos, cinco graus acima do normal para aquela área (INMET, 2015).

Os estudos de Frich et al. (2002) e Tebaldi et al. (2006) culminaram na elaboração do Índice de Duração de Onda de Calor (HWDI - *Heat Wave Duration Index*) que foi adotado pela Organização Meteorológica Mundial para o monitoramento de mudanças climáticas extremas em todo o mundo. O índice é definido como o período de pelo menos 5 dias consecutivos, em que a temperatura diária é 5°C mais quente que o valor médio diário do período de referência.

Segundo Rossato et al. (2003) a classificação de uma onda de calor pode ser estabelecida considerando-se as temperaturas máximas e mínimas ocorridas em um dia. Quando a temperatura diária máxima for maior ou igual a 32°C e a mínima acima de 22°C, permanecendo nessas condições por no mínimo três dias consecutivos.

Uma das definições mais usuais para onda de calor é a consideração do limite de uma variável relativa à temperatura absoluta ou ao período de tempo em que a máxima diária da temperatura do ar excede este limite. Ondas de calor têm impactos diferentes nos organismos dos seres vivos, dependendo da capacidade de adaptação de cada organismo. Normalmente uma onda de calor é mais severa e mais sentida no início do verão, pois os organismos não estão totalmente adaptados aos períodos quentes (ABAURREA et al., 2006).

O final do inverno é período que costuma apresentar as maiores amplitudes térmicas. A amplitude térmica elevada é extremamente nociva às aves, pois exige que elas se adaptem às variações de temperatura em curto espaço de tempo, o que pode comprometer seu desempenho fisiológico (GUIMARÃES et al., 2014).

Na definição de ondas de calor deve-se levar em consideração fatores que muitas vezes envolvem uma combinação ambiental (tais como temperatura, umidade, radiação e velocidade do vento) e fatores sociais ou culturais (como a aclimação). Devido à termo regulação geral do corpo humano e adaptações locais de clima, pessoas que vivem em regiões de clima ameno têm percepções e suscetibilidade diferentes de calor de pessoas acostumadas a climas tradicionalmente quentes (ROBINSON, 2001; BOBB et al., 2011; MATZARAKIS; NASTOS, 2011).

Ondas de calor são perigosas por apresentarem a soma de altas temperaturas por vários dias consecutivos. Estudos demonstram que os eventos de ondas de calor serão cada vez mais severos. Prevê-se que até o ano de 2100 a temperatura efetiva global aumentará cerca de 5,8°C. A cada 1°C de aumento na temperatura global pode-se incrementar 1,4% o risco de

mortalidade até se extrapolar o limite térmico aceitável antes da hipertermia (ZUO et al., 2015; ZENG et al., 2014).

Um estudo realizado por Wang (2014) demonstra que a exposição de galos para reprodução ao estresse térmico agudo por calor provoca uma diminuição da fertilidade. A análise de amostras de tecidos retiradas dos testículos revelou que o estresse térmico agudo prejudica o processo de tradução, e a consequente degradação da proteína e, resultando em apoptose e interferindo na espermatogênese.

Segundo os estudos de Barbosa Filho (2004) o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) pode ser utilizado para caracterização de períodos de estresse por calor. O ITU é um indicador de conforto térmico. Ele foi projetado inicialmente para os seres humanos por THOM (1959) e posteriormente, adaptado para animais. Uma onda de calor pode se caracterizar pela ocorrência do valor da ITU maior ou igual a 84 ocorridos em no mínimo três dias consecutivos, no entanto para pequenos animais, ITUs maiores que 78 já podem ser considerados estressantes. Em poedeiras ITUs maiores ou iguais a 84 são letais. Neste trabalho será considerado ITU maior que 81 para caracterização da ocorrência de uma onda de calor (HAHN, 1985; ARMSTRONG, 1994; VALE et al., 2008; JÁCOME 2009).

É possível medir a intensidade de uma onda de calor, ou seja, sua magnitude. A Equação 1 descreve como obter seu resultado (LIMA et al., 2009).

$$\text{Magnitude} = \sum(\text{ITU} \geq 81) - 81 \times \sum(\text{número de horas}) \quad \text{Eq. (1)}$$

O ITU e outros indicadores foram usados por Vale et al. (2008) para estudar a mortalidade ocasionada por ondas de calor em frangos de corte. Suas pesquisas obtiveram uma precisão de 89,3% nos resultados e constatou que durante a ocorrência de uma onda de calor a mortalidade diária pode aumentar consideravelmente e variar de 0,6% a 3,3% contra uma média de 0,09% em dias normais.

Segundo Biaggioni et al. (2008) a zona termoneutralidade aceitável para poedeiras apresenta ITU até 78. O estudo revela que densidade das aves e a umidade relativa apresenta forte interferência na elevação do ITU e que em certos horários do dia quando ocorre a redução nas temperaturas e o ITU volta a estar abaixo de 78 e as aves se recuperam do estresse por calor. A Equação 2 mostra o cálculo do ITU utilizado para poedeiras (SANTOS et al., 2014).

$$ITU = 0,8T_{bs} + U_r (T_{bs}-14,3) /100 + 46,3 \quad Eq. (2)$$

Onde: T_{bs} – temperatura de bulbo seco (°C),

U_r – umidade relativa do ar (%).

A mortalidade de frangos em ondas de calor pode chegar a 34% das aves alojadas. Quando há o aumento na temperatura ambiente ocorre a aproximação com a temperatura interna do corpo e isso dificulta a perda de calor pelo corpo ou a troca de temperatura com o ambiente, elevando ainda mais a temperatura interna. Os pontos do corpo onde há possibilidades de perda de calor nas aves são extremamente pequenos tornando-as extremamente vulneráveis ao calor (AZOULAY et al., 2011).

As consequências do estresse térmico agudo em poedeiras foram levantadas no estudo bibliográfico de Abidin e Khatoon (2013). Segundo esses autores entre as principais consequências do estresse térmico destacam-se a diminuição da concentração de ácido ascórbico adrenal (vitamina C) que é responsável pela síntese e produção de hormônios envolvidos na resistência ao estresse, aumento desnecessário da produção de anticorpos, menor consumo de ração a fim de reduzir o efeito termogênico, diminuição da absorção de nutrientes, aumento da mortalidade, redução da qualidade e produção de ovos e deficiências na formação carcaça. O consumo de ração é reduzido para limitar a produção de calor metabólico essencial para o desenvolvimento e produção (GOUS, 2010).

Um estudo norte americano sobre a influência de onda de calor na comunidade global de aves mostra que o aumento severo das temperaturas tem diminuído a biodiversidade aviária em grande escala, sendo que algumas espécies apresentaram baixas de 19% na abundância de seus grupos (ALBRIGHT et al., 2011).

Como defesa aos efeitos devastadores sofridos na ocorrência das ondas de calor, as aves apresentam respostas fisiológicas como a aclimatação térmica, que pode proteger as aves da mortalidade pelo estresse por calor. Por meio de melhoramentos genéticos e técnicas de condicionamento precoce tem se buscado aumentar a termotolerância das aves tornando a resposta das poedeiras, que é em média de sete dias após o início do estresse térmico, mais rápida sem afetar a produção (TONA et al., 2008; PIESTUN et al., 2013; ABDELQADER; FATAFTAH, 2014).

2.3 Sistemas tecnológicos no auxílio da produção

É cada vez maior a adoção e utilização de tecnologias de informação e comunicação na agricultura. Estudos realizados neste setor têm demonstrado que os empresários agrícolas, especialmente os de menor idade, tem procurado explorar os benefícios que os meios tecnológicos proporcionam, seja na sua orientação ou instrução ou como meio de competitividade (PUTLER; ZILBERMAN, 1988; FERNANDEZ; CERDA, 1998; WARREN, 2000).

Segundo Suarez e Suarez (2013) o impacto sofrido pelos agricultores com a implantação de novas tecnologias foi mais econômico. Seu uso permitiu a redução dos custos de produção, diminuição da perda na colheita e diminuição de viagens para descobrir a variação dos preços, gerando significativo incremento no lucro dos agricultores e auxiliando na produção. Normalmente baseados em programas computacionais, os sistemas de informação gerenciais podem auxiliar no gerenciamento do processo produtivo (FIALHO, 1999).

O uso de modernas tecnologias tem sido cada vez mais frequente no campo. Um estudo realizado nos Estados Unidos utilizou abordagem de modelagem baseada em sistema de informação geográfica com a detecção de alterações do uso do solo por meio de imagens para quantificar a influência da mudança de uso da terra em risco de erosão. Seus resultados possibilitaram criar um modelo para um sistema de monitoramento que identifica áreas que apresentam riscos futuros (LEH; BAJWA; CHAUBEY, 2013).

Modelos matemáticos estão sendo utilizados em várias áreas da ciência para resolução de problemas complexos. No entanto avicultura brasileira ainda não adotou completamente esses modelos e por esse motivo pode estar perdendo lucratividade. Os modelos matemáticos, aliados as programas de computadores podem direcionar o produtor para maximização da competitividade (PENZ JR., 2002).

De Pauli et al. (2008) utilizaram-se de um modelo matemático que considerava uma série de variáveis como as possíveis fontes de calor sensíveis, características do clima e do galpão para desenvolver um *software* que dimensiona completamente os sistemas de resfriamento evaporativo, e também o balanço de energia dentro de instalações avícolas, simulando situações de conforto térmico. FROST et al. (1997) a partir da utilização de modelos matemáticos, argumentaram que é necessário buscar a integração dos processos envolvidos na produção (climatização, manejo, sanidade e nutrição entre outros) apesar deles acontecerem separadamente. Todas as informações foram medidas continuamente e passaram a integrar um banco dedados de retorno para o sistema controlador.

O estudo de Abreu Severo et al. (2003) mostrou que o uso de modelos matemáticos juntamente com programas computacionais e sensores, permite redução no tempo e nos custos de desenvolvimento de novos projetos, pois monitoraram bioprocessos, sendo a solução para problemas ambientais ou de produção. Aerts et al. (2003) desenvolveram um *software* que calcula com facilidade o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e informa a partir das condições de clima e do galpão se as aves estão enfrentando estresse por calor. Assim como o sistema criado por De Pauli et al. (2008) a entrada dos dados das variáveis para cálculo do sistema é manual.

A eficácia e o impacto econômico de medidas diversas de controle e de ações preventivas podem ser facilmente simulados por meio de modelos matemáticos. Baseados nesses, os sistemas de apoio à decisão podem apresentar modelos gráficos probabilísticos que integram conhecimento e apresentação intuitiva para lidar com a incerteza. A constatação de provas referentes a dados qualitativos e quantitativos que antes eram probabilidades podem ser usados para inferir as probabilidades de outras variáveis ou situações que não são conhecidos (probabilidades posteriores) pelos produtores de aves, a fim de selecionar as melhores decisões em relação aos controles de custo-eficiente (GARCIA; MADSEN; VIGRE, 2013).

Na busca por melhorias tecnológicas para produção de aves os dispositivos móveis podem oferecer grandes vantagens. Os *smartphones* e *tablets* podem agilizar o processo de coleta de dados pelos técnicos nos galpões eliminando retrabalhos e erros ocasionados com redigitação de informações. A transcrição de informações leva considerável tempo e pode trazer atrasos para a produção na empresa avícola e problemas como manejo inadequado de ração, mortalidade, medicamentos aplicados de forma incorreta e problemas com agenda de procedimentos como carregamento e limpeza do aviário (PRETTO, 2014).

Os recursos de *software* e modelagem computacional têm sido cada vez mais utilizados na busca de soluções mitigatórias para as aves na indústria avícola. Devido à complexidade do problema, estudos de modelagem juntamente com métodos analíticos ou semi-empíricos são aplicados no desenvolvimento de novos procedimentos e métodos para dissipação do calor (NAM; HAN, 2016; LEE et al., 2012; GENDEBIEN; BERTAGNOLIO; LEMORT, 2013).

2.4 Mineração e análise de Banco de Dados computacionais

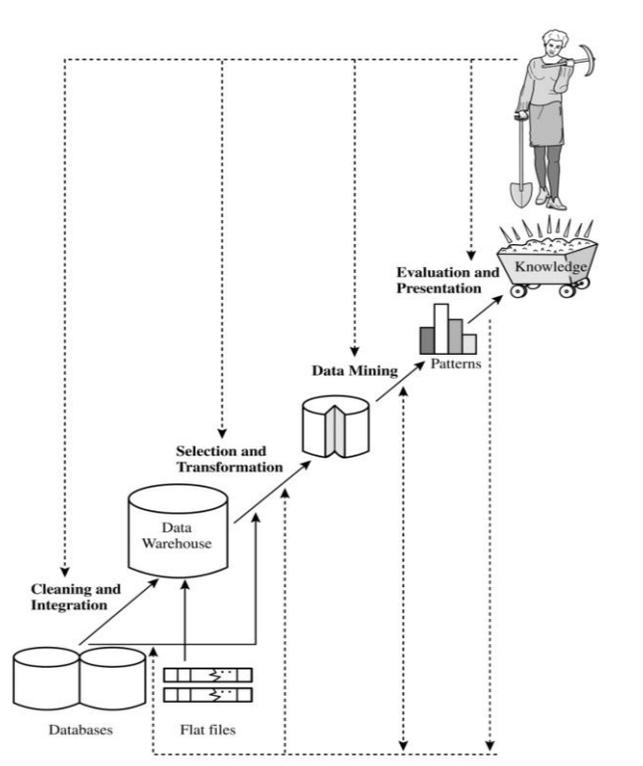
Com a evolução tecnológica dos computadores e dos meios digitais de armazenamento houve a redução nos preços tornando-se possível o armazenamento de um grande volume de

dados. O volume de dados digitais armazenados ao redor do mundo quase que triplica a cada ano. Esse grande volume de dados exige meios computacionais e técnicas específicas para interpreta-los (ANID, 2015).

Em 1995 durante Primeira Conferência Internacional sobre Descoberta de Conhecimento e Mineração de Dados foram estabelecidos os primeiros esforços para a geração de conhecimento a partir da aplicação de um algoritmo para extrair padrões de bancos de dados (BRITANICA, 2015).

A Mineração de Dados é o processo tecnológico que atua combinando a inteligência artificial, a ciência computacional, o aprendizado de máquina, o gerenciamento e a visualização de dados, os algoritmos matemáticos e a estatística. As metodologias podem ser empregadas em processos de tomada de decisão, solução de problemas, análises, planejamento, diagnóstico, detecção, integração, prevenção, aprendizado e inovação. Assim, essa técnica consiste em analisar grandes quantidades de dados de diferentes fontes, armazená-las com um propósito específico ou orientado por assunto, analisando-os e expondo-os de maneira que possa extrair conhecimento. A Figura 3 exemplifica as fases desse processo (LIAO, 2003; HAN; KAMBER, 2006).

Figura 3- Mineração de dados e as etapas no processo de descoberta de conhecimento.



Fonte: HAN e KAMBER (2006).

Em cada etapa do processo ocorre a avaliação do desempenho tanto das técnicas quanto dos resultados, em sistemas cíclicos uma avaliação preliminar permite retornar aos passos anteriores do processo para um eventual reajuste ou reprocesso (VALE et al., 2008).

As técnicas de mineração podem ser divididas em modelagem preditiva, modelagem descritiva, padrão de mineração e detecção de anomalias. As atividades preditivas são tarefas de classificação e regressão, que consistem em identificar dados a partir de outros dados, apresentando modelos capazes de reconhecer os padrões generalizados em um novo exemplo. As atividades descritivas separam os dados em grupos a partir da análise de seus padrões, podendo ser expressas na forma de regras de associação, sumarização ou descrição. Padrão de mineração foca-se na identificação de regras que descrevem padrões específicos dentro dos dados. Detecção de anomalias pode ser visto como o outro lado do agrupamento e consiste em encontrar instâncias de dados que são incomuns e não cabe qualquer padrão estabelecido. (BRITANICA, 2015; REZENDE et al., 2005).

Para cada tarefa podem ser utilizados diferentes tipos de algoritmos, cada um deles pautado em uma forma de geração de conhecimento diferente, como a construção de árvore de decisão ou as redes neurais, que podem ser utilizadas na execução de tarefas de Mineração de Dados (REZENDE et. al., 2005).

As arvores de decisões classificam casos por meio das suas regras com base nos valores de cada dado determinante. Cada nó em uma árvore de decisão representa uma regra em uma instância de classificação, e cada ramo representa um valor que o nó pode assumir. Uma arvore de decisão começa no nó raiz que são atributos de maior relevância e são ordenados com base em seus valores até os nós folhas. (WITTEN; FRANK; HALL, 2011).

Um dos algoritmos mais utilizados na mineração de dados para a classificação é o C4.5, sua saída se reflete em objetos conhecidos como árvores de decisão. Uma árvore de decisão é a representação gráfica de padrões reconhecíveis que permitem descrever um grande número dos elementos contidos em um banco de dados. O C4.5 pode ser encontrado na implementação do algoritmo J48 do programa computacional Weka[®] utilizado na geração dessas árvores (QUINLAN, 1996; HAN; KAMBER, 2006; QUINLAN, 2014).

O algoritmo J48 foi usado em muitos estudos na área avícola. Cordeiro et al. (2012) utilizaram-se de uma árvore de decisão para analisar quais das variáveis tinha mais influência sobre o grau de ferimentos nas pernas de frangos de corte. Lima e Rodrigues (2010) estudaram as matrizes para a avicultura de postura em fase de incubação e mostraram por meio de árvore de decisão quais eram os melhores padrões e piores apresentados nessa fase da criação, considerando variáveis como: idade do ovo, quantidade de ovos e luz (minutos por

dia). Ferreira et al. 2013 utilizaram o J48 juntamente com ferramentas de mineração de dados para identificação do impacto de fatores ambientais climáticos no desempenho produtivo de diferentes raças de galinhas poedeiras para a identificação de pontos críticos de seleção genética.

Após o filtro, limpeza e a classificação os dados podem ser analisados estatisticamente, especialmente os dados numéricos, podendo passar por análises regressivas, modelos de efeitos mistos e análise de séries temporais. Além da árvore de decisão os dados podem ser expostos visualmente em *boxplots*, cubos 3-D, gráficos de distribuição de dados e curvas (HAN; KAMBER, 2006).

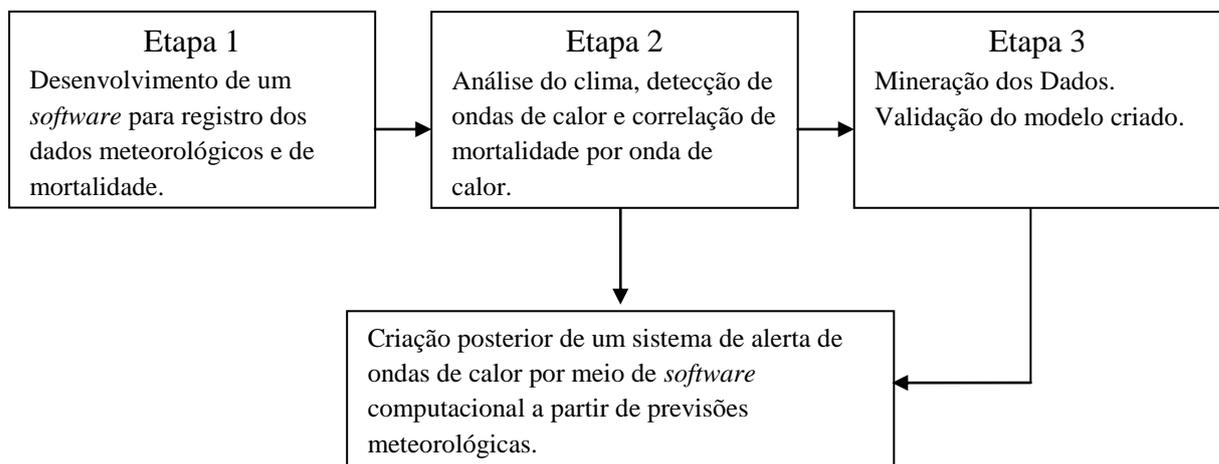
A modelagem é uma tarefa de mineração que pode ter função preditiva, sendo empregada para prever futuros conjuntos de dados. A predição pode tratar valores indisponíveis ou classes pré-classificadas. Esta última está ligada a tarefa de classificação, cujos elementos de um banco de dados são agrupados por classe de acordo com atributos numéricos. Assim, cada classe detém um conjunto de atributos que pode ser usado pelo classificador em futuros elementos. A regressão é outra tarefa da modelagem preditiva, na qual se obtém fórmulas capazes de fornecer pontos intermediários, anteriores ou posteriores (POLITI, 2006; FREITAS, 2002; ALVARES, 2004).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi dividido em três etapas que estão ilustradas na Figura 4, compreendendo:

1. Desenvolvimento de um *software* no pacote tecnológico para registro dos dados meteorológicos e de mortalidade;
2. Análise dos registros e caracterização de mortalidade por onda de calor por meio de Mineração de Dados;
3. Validação do modelo criado.

Figura 4- Diagrama de desenvolvimento do projeto.



3.1 Desenvolvimento do *software* Poecontrol para registro dos dados

A primeira parte do pacote tecnológico objetivou a coleta e o registro diário da mortalidade na granja e dos dados meteorológicos da região onde a granja estava localizada. A criação do *software* Poecontrol ajudou a padronizar a coleta de informações no aviário, evitando erros de transcrições e aumentando a precisão das informações coletadas. O *software* também possibilita a criação de uma base de dados com informações regionais com dados de vários aviários e vários produtores.

O *software* Poecontrol de coleta dos dados na granja possibilita aos produtores a coleta informatizada dos dados, onde os mesmos informam as quantidades de aves mortas no dia em cada aviário. Inicialmente foram incorporados os registros já existentes nas bases de dados computacionais do produtor e posteriormente o produtor utilizou o *software* Poecontrol para digitação das informações por meio de computadores pessoais e *smartphone*¹ para testes e validação de usabilidade.

Os dados meteorológicos registrados nas estações meteorológicas foram disponibilizados pelo CIIAGRO. O CIIAGRO faz o uso da base de dados climáticos nacional de uma forma integrada (de todas as estações e postos climatológicos) para gerar informações para dar suporte as atividades de planejamento agrícola e prognóstico climático (CIIAGRO, 2015).

Para o desenvolvimento do *software* Poecontrol, a pesquisa norteou-se na produção de um *Website Responsive Design*². A linguagem de programação escolhida para o desenvolvimento foi o PHP na versão PHP 7.0.0 RC 3 (NIEDERAUER, 2011). O ambiente de desenvolvimento escolhido foi o NetBeans 8.0.2, que é um ambiente de desenvolvimento integrado gratuito e de código aberto que permite o desenvolvimento de *softwares desktop*, móveis e WebPHP (BOUDREAU; TULACH; WIELENGA, 2007).

O método utilizado para o desenvolvimento foi o WSDM (*Web Site Design Method*) que divide o processo em quatro etapas: 1) Definição da missão, 2) modelagem, 3) *design* conceitual e 4) implementação (DE TROYER; LEUNE, 1998). Na definição da missão foi elaborado o propósito do *site*, considerando tanto os objetivos dos pesquisadores quanto a necessidade dos produtores, a missão deve estar clara e documentada antes de qualquer outro

¹ O *smartphone* é um celular com tecnologias avançadas, o que inclui programas executados sobre um sistema operacional, equivalente aos computadores. Permitindo a realização de transações bancárias, o acesso a informações confidenciais ou sensíveis, como dados corporativos, e-mail. (JAIN; KANHANGAD, 2015).

² O *Web site Responsive Design* é utilizado para fazer referência a uma página ou a um agrupamento de páginas relacionadas entre si, acessíveis na internet através de um determinado endereço e que atendam às necessidades de todos os usuários, independente do tipo de aparelho que ele esteja utilizando (*smartphones*, *tablets*, computadores, notebooks, consoles de jogos ou TVs) (GIBBS; GRETZEL, 2015).

passo. Na modelagem concentrou-se nos potenciais usuários do *Website* e seu nível de familiaridade com uso de aplicativos da *internet*, as perguntas foram feitas aos produtores e estes questionaram seus funcionários para que cada informação solicitada e informada pelo *site* fosse de perfeita compreensão. O *design* seguiu as especificações do *Responsive Design* que foca em um desenvolvimento para múltiplos dispositivos sem que haja a necessidade de um novo *design* para cada tamanho da tela, a *interface* se adapta automaticamente a tela sem que haja perda de funcionalidades ou conteúdo. Por fim, a implementação seguiu especificações de desenvolvimentos que pode atender os requisitos necessários.

A Figura 5 apresenta a tela de identificação do usuário e o menu principal da *software* Poecontrol. De acordo com as permissões o usuário poderá cadastrar novos usuários, granjas, aviários, lotes, apontar novas ocorrências de mortalidade e acompanhar a mortalidade do aviário e regional. Para novos usuários é informado uma senha, um *e-mail* e seu respectivo cargo. Para cadastrar uma nova granja é informado uma descrição e o respectivo proprietário. No cadastro de lotes é informado o aviário a linhagem a data de entrada e quantidade de animais.

Figura 5 – Tela inicial e menu principal do *software* Poecontrol de registro dos dados.



No cadastro de aviários o usuário informa a descrição, largura, comprimento, pé direito, tipo de telha, tipo de gaiola, se possui lanternim, forro, cortina, piso elevado e climatização. Para realizar o apontamento das mortalidades o usuário escolhe o aviário clicando-o e digita o número de aves mortas na data. A Figura 6 apresenta a tela do cadastro de aviário e de apontamento de mortalidades respectivamente.

Figura 6– Cadastro de aviários e apontamento de mortalidade.

The image displays two screenshots of the Poecontrol web application interface. The top screenshot shows the 'Incluir' (Add) form for a birdhouse, with fields for description, dimensions, and various features. The bottom screenshot shows the 'Incluir' form for recording mortality, with a grid of birdhouse icons (B-1, G-2, G-3, M-4, M-5) and a date field.

Top Screenshot: 'Incluir' Form

- Header:** Poecontrol, Acompanhamento - Tempo Real, admin
- Menu Iniciar:** Usuarios, Granjas, Ranchos, Lotes, Apontar Mortalidade, Acompanhar
- Form Fields:**
 - Descrição:
 - Largura:
 - Comprimento:
 - Pé Direito:
 - Granja: Seleccione
 - Tipo Telha: Seleccione
 - Tipo Gaiola: Seleccione
 - Lanternim: Sim Não
 - Forro: Sim Não
 - Cortina: Sim Não
 - Climatizado: Sim Não
 - Piso Elevado: Sim Não
 - Status: Ativo Inativo
- Buttons:** Salvar

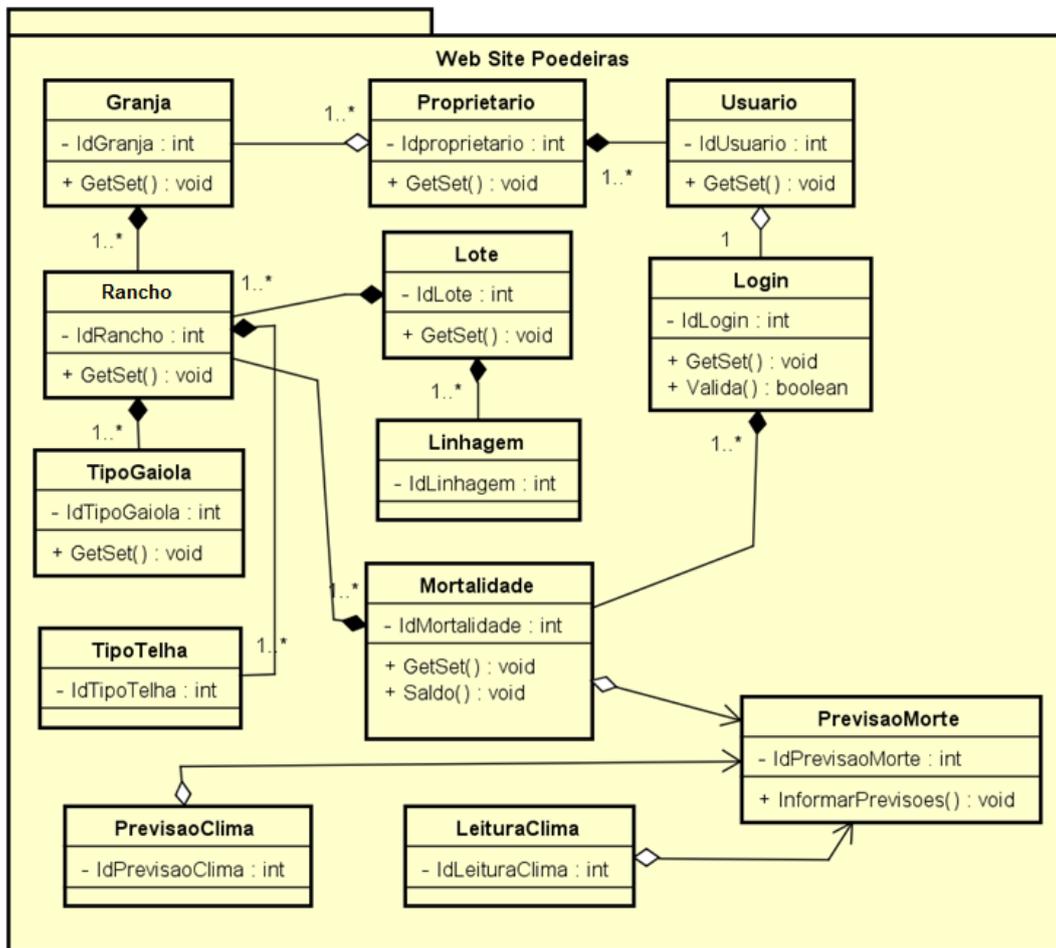
Bottom Screenshot: 'Incluir' Form (Mortality)

- Header:** Poecontrol, Acompanhamento - Tempo Real, admin
- Menu Iniciar:** Usuarios, Granjas, Ranchos, Lotes, Apontar Mortalidade, Acompanhar
- Form Fields:**
 - Grid of birdhouse icons: B-1, G-2, G-3, M-4, M-5. Each icon has a red notification bubble with a number (6, 6, 5, 10, 11).
 - Each icon has a text input field with the value '0'.
 - Data: 21/01/2017
 - Status: Ativo Inativo
 - Validation: Data(tipo:'obrigatório',min:1,max:80)
- Buttons:** Salvar

© Rodrigo Riquena - UNESP 2015

A Figura 7 apresenta um diagrama contendo as classes do *software* Poecontrol com suas relações. A ferramenta utilizada para modelagem do digrama foi Astah Professional®.

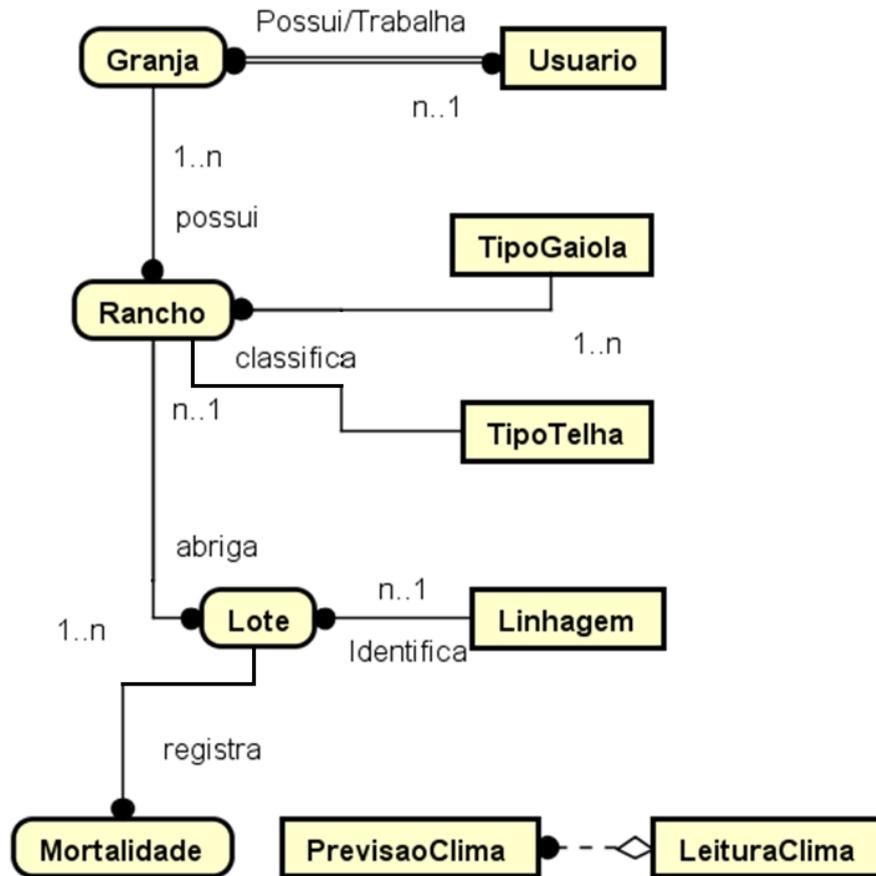
Figura 7- Diagrama de classes do *web site*.



Os dados provenientes da ferramenta foram armazenados no banco de dados relacional MySQL. (MySQL, 2015).

A modelagem do banco de dados seguiu o modelo apresentado por Mariano et al. (2010), que propõe uma estrutura de tabelas para armazenamento de informações agroclimáticas. O processo de modelagem foi dividido em quatro etapas: 1) Levantamento e análise de requisitos, 2) modelo conceitual, 3) modelo lógico e 4) modelo físico. No levantamento de requisitos foram especificadas as necessidades do *software* Poecontrol em termos de funções e de desempenho, estabeleceram-se as *interfaces* do *software* Poecontrol com os demais elementos do sistema e especificaram-se as restrições de projeto, nas demais fases foram definidas as entidades seus relacionamentos e por fim os atributos para composição da base de dados. Estas tabelas e seus relacionamentos são mostrados na Figura 8, que representa o Modelo Entidade Relacionamento (MER) (MELLO, 2014).

Figura 8- MER do banco de dados do *Web site*.



O aplicativo, bem como seu banco de dados, está hospedado em servidores *Web* da empresa Locaweb[®] e é acessível a todos os produtores e usuários previamente cadastrados por meio do domínio www.poedeiras.com.br. Cada usuário cadastrado recebe para o acesso um usuário e uma senha que lhes possibilitam de acordo com suas permissões cadastrar e dar manutenção nos lotes, aviários e mortalidades apresentadas, e também a recuperação dessas informações por meio de gráficos e relatórios.

Para verificação dos dados coletados foram executados testes não paramétricos de normalidade nos dados de mortalidade e produção dos aviários.

A caracterização das ondas foi estabelecida pela análise de variância (testes não paramétricos de Shapiro-Wilk/Mann-Whitney) entre as médias de temperatura e a umidade relativa nos critérios adotados. Para análises relacionadas à produção das aves foram utilizados os testes Qui-Quadrado e o teste t de student.

Para as análises de variância e testes de média foi utilizado o programa computacional MINITAB[®] na sua versão 17. As médias diárias e a descrição do comportamento horário das

variáveis do clima assim como a determinação de onda de calor para o período foram processadas utilizando-se o programa computacional Microsoft SQL Server 2008® considerando o comportamento das variáveis ao longo de 24 horas.

3.2 Registro e análise dos dados de mortalidade e clima

A pesquisa foi realizada em uma granja produtora de ovos, localizada em Bastos, município do estado de São Paulo, Brasil, a 445 de altitude metros. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é definido como Cwa, caracterizado por clima temperado úmido, com inverno seco e verão quente. Os experimentos foram realizados em dois aviários da mesma granja. O produtor forneceu os dados de produção dos aviários por meio de planilhas eletrônicas. As planilhas continham todos os dados de produção, idade e mortalidade de cada lote estudado. Estes dados serviram de base para as análises estatísticas e para construção do modelo para previsão da mortalidade de poedeiras.

No primeiro aviário denominado B1 (mesma denominação adotada pela granja), foram alojadas 12.100 aves da linhagem *Hisex White*. O galpão possuía 130 m de comprimento, 4 m de largura e 3,5 m de pé direito, com orientação Leste-Oeste. Sua estrutura era constituída de paredes de alvenaria nas laterais Leste-Oeste, tela sombrites com 70% de sombreamento na face norte-sul, telhado sem lanternim de telha cerâmica do tipo francesa pintada com tinta térmica na cor branca. O aviário não possuía nenhum sistema de climatização, forro, cortina ou piso elevado. O sistema de gaiolas é do tipo vertical, com três andares em ambos os lados. As gaiolas são compostas por laterais de polietileno e frente de arame. Em cada gaiola, cujas dimensões eram de 60 cm de largura, 63 cm de profundidade e 50 cm de altura, foram dispostas 11 aves, caracterizando uma densidade de 343,64cm²/ave/gaiola.

As Figuras 9 e 10 trazem as imagens do aviário B1 cujas instalações sofreram alterações na tentativa de amenizar os efeitos da incidência da radiação solar e das altas temperaturas.

Figura 9- Instalações internas do aviário B1, aviário com distribuição de ração automatizada e gaiola verticais com corredores laterais.



Figura 10- Instalações externas do aviário B1, com sombrites, telhados pintados e pé direito mais alto.



O segundo aviário do tipo de construção californiano denominado G2 (mesma denominação adotada pela granja), também não tinha sistema de climatização e as dimensões eram de 130m de comprimento, 4 m de largura e 2 m de pé direito. Neste aviário foram alojadas 5.309 aves, de mesmas linhagem e idade das aves do primeiro aviário. A estrutura era constituída de madeira sem laterais Leste-Oeste sem cortinas nas faces norte-sul e telha cerâmica do tipo francesa sem pintura, sem lanternim e sem forro. Possuía duas baterias

piramidais de dois andares e gaiolas em ambos os lados com um corredor central. As dimensões de cada gaiola eram de 60 cm de largura, 53 cm de profundidade e 45 cm de altura. Foram dispostas 10 aves (densidade de 318 cm²/ave/gaiola). As Figuras 11 e 12 trazem as imagens do aviário G2.

Figura 11- Instalações internas do aviário G2, duas baterias de gaiolas com um corredor central.



Figura 12- Instalações externas do aviário G2, aviário do tipo californiano sem lanternim e pé direito baixo.



As aves receberam as mesmas rações, denominadas Postura 1, de 22 a 60 semanas de idade e Postura 2, de 60 até o final do monitoramento, com 74 semanas de idade. A Tabela 1 apresenta os níveis nutricionais das rações fornecidas.

Tabela 1 – Tabela nutricional das rações oferecidas.

Item	Postura 1	Postura 2
En.metabolizável (kcal)	2800,00	2600,00
Proteína (%)	18,50	17,50
Metionina (%)	0,44	0,36
Met. Digestível (%)	0,36	0,30
Metionina / Cistina (%)	0,80	0,67
Met. / Cist. Digestível (%)	0,66	0,55
Lisina (%)	0,85	0,78
Lisina Digestível (%)	0,71	0,64
Valina (%)	0,69	0,64
Valina Digestível (%)	0,59	0,55
Triptofano (%)	0,21	0,19
Triptofano Digestível (%)	0,17	0,15
Treonina (%)	0,64	0,55
Treonina Digestível (%)	0,52	0,45
Isoleucina (%)	0,66	0,61
Isoleucina Digestível (%)	0,55	0,51
Cálcio (%)	4,10	4,50
Fósforo Total * (%)	0,60	0,47
Fósforo Disponível (%)	0,40	0,35
Cloro (%)	0,17	0,17
Sódio (%)	0,17	0,17
Ácido Linoléico (%)	2,00	1,30

3.2.1 Análise dos dados do ambiente e caracterização de onda de calor na região do aviário

Para verificação da frequência de ocorrência de ondas de calor na região do estudo foram analisados dados climáticos que consistem em temperaturas diárias (temperatura de bulbo seco) máximas e mínimas e umidade relativa do ar. De acordo com disponibilidade, foram analisados os dados registrados nos municípios vizinhos ao município de Bastos – SP, localidade dos aviários, pois o município não conta com nenhuma estação meteorológica. Acidade de Tupã está distante 21,95 km, e a cidade de Rancharia 38,22 km. Os municípios

foram escolhidos de acordo com a disponibilidade e com a sua proximidade dos aviários onde foram realizados os experimentos. Os dados meteorológicos foram obtidos junto ao Centro Integrado de Informações Agrometeorologias – CIIAGRO para um período de seis anos de 01 de Janeiro de 2010 a 31 de dezembro 2015. Foi consultada também a base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET para um período de quatro anos de 01 de Janeiro de 2012 a 31 de dezembro de 2015.

A caracterização de onda de calor tem diferentes critérios de acordo com cada agência ou instituto meteorológico. Este trabalho adotou quatro diferentes definições para a busca de uma melhor associação do evento climático extremo com a mortalidade das aves. Foi elaborada uma nova variável de classificação binária para cada diferente caracterização, quando as variáveis do clima determinarem uma onda de calor de acordo com a respectiva definição atribui-se para nova variável o valor “um” (1) caso contrário, quando o estudo das variáveis determinantes não indicarem, atribuiu-se o valor zero (0). As definições adotadas estão descritas na Tabela 2 (FIRPO; SANSIGOLO; ASSIS, 2012).

Tabela 2 – Critérios para variáveis determinantes de onda de calor.

Referência	Descrição	Critério
HWDI – (<i>Heat Wave Duration Index</i>)	5 dias consecutivos e temperatura máxima > 5°C que o valor médio máximo diário do período.	C1
ITU- (Índice de Temperatura e Umidade)	ITU > a 81 por pelo menos 3 dias consecutivos.	C2
INMET – Classificação Nacional	Temperatura máxima $\geq 32^{\circ}$ C e 5°C acima da média em partes daquela área por pelo menos 2 dias.	C3
ROSSATO et al. (2003)	Temperatura mínima $>22^{\circ}$ e máxima $\geq 32^{\circ}$ por no mínimo 3 dias consecutivos.	C4

Para o cálculo da temperatura de bulbo úmido (TBU), os dados dos bancos de dados meteorológicos foram submetidos à fórmula desenvolvida por STULL (2011). Calculando essa variável a partir da temperatura do ar e umidade relativa. A temperatura média diária foi calculada somando todas as temperaturas ocorridas durante o dia para dados coletados durante

24 horas do dia, conforme Equação 3. Para os dados que não apresentaram 24 horas de coleta foi utilizada a média entre a temperatura máxima e mínima (OMM, 1990).

$$TPMD = \frac{T1 + T2 + T3 \dots T24}{24} \quad Eq. (3)$$

Onde: TPMD – Temperatura média diária.

As elevações térmicas são calculadas subtraindo os valores diários de temperatura máxima do valor médio climatológico das séries registradas em cada estação. Consideração assim, tanto a temperatura máxima, quanto a temperatura mínima, do valor normal climatológico esperado para cada dia do ano em questão e para a região (FIRPO; SANSIGOLO; DE ASSIS, 2012).

O enfoque nas várias caracterizações de onda de calor permite apontar qual dos critérios determina uma melhor análise da ocorrência de ondas para o local do estudo. Correlacionada com a mortalidade, a aderência dos critérios com os dados de produção e mortalidade foram analisadas com uma curva ROC por meio do *Software IBM SPSS Statistics 23* (MARGOTTO, 2010).

A Curva ROC é uma ferramenta para avaliação, organização e seleção de sistemas de predição. É capaz de especificar problemas em diagnósticos de acordo com a variação da sensibilidade e especificidade dos diferentes valores apresentados. Cada problema é dividido em classes especiais cujos valores se referem à classificação verdadeira ou falsa dos casos. Gráficos ROC foram criadas na área de comunicações para avaliar a qualidade de transmissão, avaliando um sinal e seu ruído separando-os em classes positivas (sensibilidade) e negativas (especificidade) (PRATI; BATISTA; MONARD, 2008).

Foi criado um comando na linguagem de consulta estruturada (SQL - *Strutured Query Language*) para cada um dos quatro critérios de onda de calor descrita na literatura e adotada como determinante conforme em cada uma das cidades analisadas.

Esse trabalho propôs uma nova abordagem de verificação de intensidade correlacionada ao estudo e a criação de poedeiras, baseado na proposição de Lima et al. (2009) para cálculo de magnitude e intensidade de ondas de calor.

Complementarmente ao ITU e a análise de horas utilizadas por Lima et al. (2009) este trabalho também considerou variáveis eleitas pelos zootecnistas do aviário, testes estatísticos e literatura como decisivas para os efeitos nocivos desencadeados pelo estresse térmico em uma onda de calor. Procurou-se considerar a frequência da onda em relação ao tempo, a

duração da onda em dias e a amplitude térmica ocorrida dentro de cada dia de duração da onda. Assim, a fórmula de magnitude foi adotada conforme Equação 4:

$$\text{Magnitude} = (\sum(\text{ITU} \geq 81) - 81) \times \sum(\text{número de dias}) \times \text{FOC} \times \text{APT} / \sum(\text{dias}) \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde a amplitude total (APT) foi obtida por meio da soma das amplitudes dividido pelo número de dias em que a amplitude for maior que 12°C conforme Equação 5. A frequência das ondas de calor (FOC) foi registrada de forma acumulada conforme Equação 6, considerando quando a onda ocorre com precedência de outra e quando o número de dias entre o término da onda anterior e o início da atual for menor que oito dias, que é o tempo necessário para recuperação da ave (ABDELQADER; FATAFTAH, 2014).

$$\text{APT} = \sum(\text{AP} > 12^\circ\text{C}) / (\sum(\text{ND})) \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde: APT – Amplitude total,

AP – Amplitude diária,

ND – Número de dias.

$$\text{FOC} = \sum(9 - ((\text{DIOAt} - \text{DIOAn}) < 8)) \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde: FOC – Frequência da onda de calor,

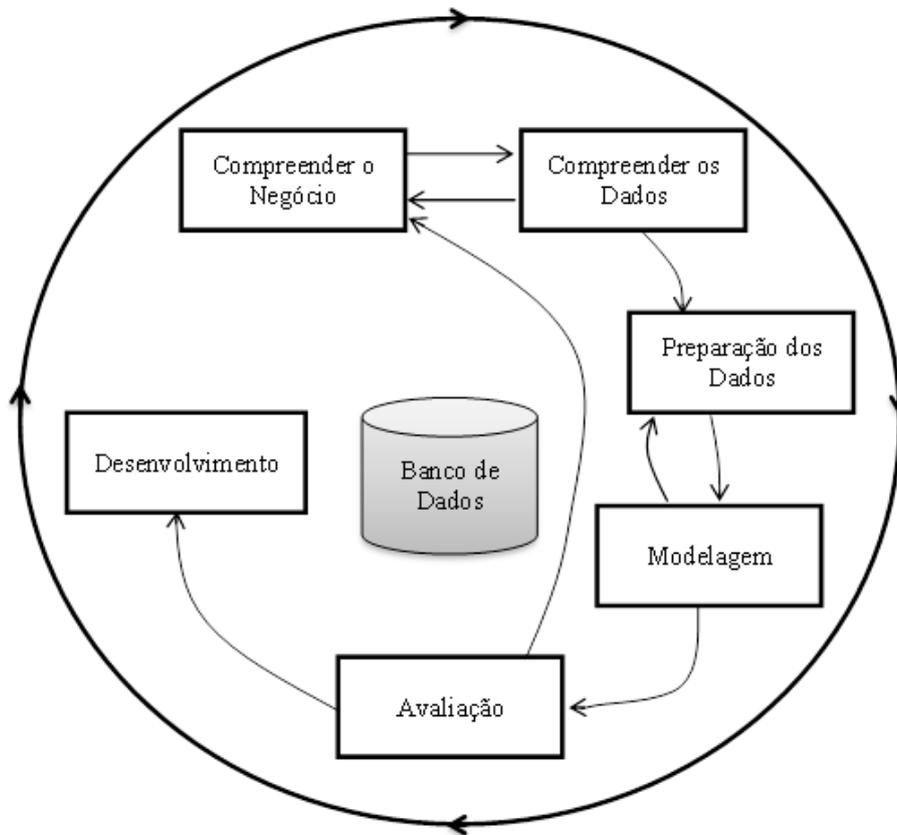
DIOAt – Dia início onda atual,

DIOAn – Dia início onda anterior.

3.3 Mineração dos dados registrados

A pesquisa analisou os dados coletados durante o período de um ano. A técnica utilizada para mineração dos dados foi a CRISP-DM (*Cross Industry Standard Process for Data Mining*). Conforme essa metodologia a análise foi dividida em cinco fases distintas e cíclicas permitindo reconsiderações e reavaliações. O projeto de mineração nas seguintes fases: 1) Entendimento do domínio de conhecimento ao que o estudo se refere; 2) Conhecimento e entendimento do banco de dados referente a este domínio; 3) Preparação dos dados (limpeza, construção, seleção, integração e formatação); 4) Modelagem; 5) Avaliação dos resultados (CHAPMAN et al., 2000). Os processos do método estão exemplificados na Figura 13.

Figura 13- Esquema de desenvolvimento de projeto de mineração de dados CRISP-DM.



Fonte: Adaptado de WIRTH, HIPPE (2000).

Após análise estatística dos dados e o emprego da técnica de mineração de dados foi verificado o padrão de mortalidade de aves em função do ambiente e das condições meteorológicas.

3.3.1 Entendimento do domínio, conhecimento e preparação dos dados.

O entendimento do domínio ou dos conjuntos de valores que podem aparecer na base de dados foi obtido por meio do conhecimento adquirido durante as visitas aos aviários e revisão de literatura. Esta fase pode indicar por meio do conhecimento do negócio quais dados deveriam ser coletados para serem levados à próxima fase.

Os dados foram examinados em relação ao conteúdo e qualidade, foram examinados e tratados todos os casos de valores atípicos (*outlier*) de cada atributo. Antes de serem levados à mineração passaram por teste estatísticos de normalidade (Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk) e foram examinados com teste t de student e Qui-Quadrado. Os arquivos preparados no

programa Microsoft Excel[®] onde cada coluna continha um atributo, posteriormente foram levados ao programa Weka[®] para tarefa de classificação.

A classificação pode ser usada para entendimento dos dados ou para explicar possíveis comportamentos. Foi mapeada uma classe com as características conhecidas do fenômeno de acordo com o manual da linhagem. Essa classe serviu de classificador para os dados e para que os modelos fossem usados na predição de dados não mapeados (PHYU, 2009; SOUNDARYA; BALAKRISHNAN, 2014).

A fase de preparação dos dados foi dividida em ações ordenadas que resultaram na elaboração do conjunto final dos dados processados e modelados. As ações para a preparação dos dados foram:

- Seleção – os dados brutos foram selecionados considerando como importância para a análise as características do aviário, do clima, das aves e o registro de mortalidade;
- Limpeza – os atributos mais importantes e potencialmente preditores foram selecionados e excluídos os de menor importância. Para seleção de atributos foram utilizadas as técnicas: Análise de Componentes Principais, combinações lineares (componentes principais) formando subconjunto dos atributos, preservando ao máximo as informações originais por meio do programa MINITAB[®] na sua versão 17; e CorrelationAttributeEval, GainRatioAttributeEval, GainRatioAttributeEval, todos eles métodos de seleção de atributo do próprio programa Weka[®].
- Construção – os bancos de dados foram reformulados com a inclusão de atributos derivados formados pelo cálculo entre atributos, e por atributos simples;
- Integração – os bancos de dados meteorológicos e de mortalidade por galpão foram unificados em uma única base de dados relacional;
- Formatação – os arquivos foram salvos no formato em que são utilizados para o processo de modelagem.

Na fase de construção, foram utilizados os dados meteorológicos processados na etapa de caracterização de onda de calor. Os atributos selecionados após a fase de preparação dos dados foram escolhidos de acordo com o grau de correlação com o classificador e houve também o julgamento de atributos por parte de especialistas. São considerados como especialistas as pessoas que estão envolvidas em alguma fase do domínio, como os produtores e outros agentes da cadeia produtiva.

Os algoritmos de seleção de atributos estão disponíveis no programa computacional Weka[®] (WITTEN; FRANK; HALL, 2011). O Weka[®] é um ambiente de *software* escrito na linguagem de programação Java, que contém um conjunto de algoritmos de aprendizado de

máquina. É um *software* livre e o programa está disponível por meio de licença (GNU - *General Public License*). Ele possibilita a obtenção de conhecimento a partir de uma massa de dados fornecendo suporte extensivo para todo o processo de mineração de dados. Pode ser usado em qualquer fase da mineração, incluindo a preparação dos dados de entrada, criação e avaliação de esquemas estatísticos, e visualizar graficamente o resultado do aprendizado (PATIL; SHEREKAR, 2013).

3.3.2 Modelagem dos dados.

Os dados foram computacionalmente processados no programa Weka[®]. A tarefa de mineração utilizada no processo de análise foi a de classificação, com a construção de árvores de decisão. O algoritmo utilizado para construção da árvore de decisão foi o J48 por ser o mais utilizado em conjunto de dados agropecuários (MOI et al., 2014; GIASSON, et al., 2013)

3.3.3 Mineração dos dados e Previsão de mortalidade.

O banco de dados final para análise foi composto pela integração dos dados de mortalidade e dos dados meteorológicos e integrados em uma única planilha, os dados da estação meteorológica foram organizados de forma cronológica da 18^a até as 78^a semana de idade das aves de ambos aviários.

O conjunto de dados destinado à análise continha 22 atributos e foi constituído por três atributos oriundos dos dados originais dos aviários; 9 atributos dos dados originais da estação meteorológica; 6 atributos derivados dos dados originais da estação meteorológica; um original que identifica os galpões; e um atributo classificador, separado em duas categorias: mortalidade alta (MA) e mortalidade normal (MN). Na Tabela 3 são apresentados todos os atributos usados no processo de mineração de dados.

Tabela 3 – Lista de atributos utilizados para a formação do banco de dados final.

Atributo	Tipo	Atributo	Tipo
Classificador Mortalidade	0	Velocidade do vento máximo	3
Mês do experimento	1	Amplitude da UR	3
Idade, dias	1	Amplitude da Temperatura	3
Idade, semanas	1	ITU médio (SANTOS et al., 2014)	3
Temperatura média	2	ITU máximo (SANTOS et al., 2014)	3
Temperatura absoluta máxima	2	ITU mínimo (SANTOS et al., 2014).	3
Hora da T absoluta máxima	2	Tipo Aviário	4
Temperatura absoluta mínima	2		
Hora da T absoluta mínima	2		
Umidade relativa média	2		
Umidade relativa máxima	2		
Umidade relativa mínima	2		
Velocidade mín. do vento	2		

Onde: 0 – Atributo classificador, formado pelo cálculo da mortalidade; 1 – Atributos obtidos no galpão e com produtor; 2 – Atributos das estações meteorológicas, dados fornecidos; 3 – atributos derivados da estação meteorológica, calculados; 4 - Atributos originais dos galpões.

O atributo classificador foi elaborado em função dos dados diários de mortalidade registrados pela granja. A partir do cálculo da mortalidade diária e semanal, foram categorizadas as duas classes, MA ou MN, que consideraram a mortalidade diária e semanal em porcentagem frente à diária esperada para a genética utilizada segundo o manual de manejo da linhagem.

Os resultados dessa mineração e a classificação gerada foram utilizados como modelo para previsão da mortalidade de poedeiras.

3.4 Criação do sistema de alerta no pacote tecnológico

Com posse dos dados registrados e analisados, o modelo gerado no capítulo anterior foi usado como base para criação do segundo *software* do pacote tecnológico. Este foi

construído com as mesmas especificações técnicas do primeiro *software*, porém sua utilização se deu principalmente para geração de alertas sobre perigo do aumento de mortes em decorrência a ondas de calor a partir de previsões meteorológicas.

A previsão meteorológica é obtida por meio de uma parceria com a UFSM (Universidade Federal de Santa Maria). As previsões são fornecidas e inseridas no *software* por meio de arquivos texto estruturado. Neles são disponibilizados a umidade relativa do ar em percentual, a temperatura em graus Celsius, temperatura do ponto de orvalho em graus Celsius e da previsão com seu respectivo horário.

Nesse sentido, o aplicativo contará com uma área específica para emissão de alertas ao produtor. O sistema de alertas funciona de forma intuitiva e conta com imagens de luzes indicativas para evidenciar o “*status*” do risco momentâneo de mortalidade e são exibidas em forma de painel ao entrar no *site*.

O aumento nos índices de mortalidade aliados a fatores climáticos favoráveis ao evento configurará um possível alerta a ser exibido, evidenciado pelo sistema de acordo com a árvore de decisão gerada na mineração dos dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Verificação da frequência e caracterização de onda de calor.

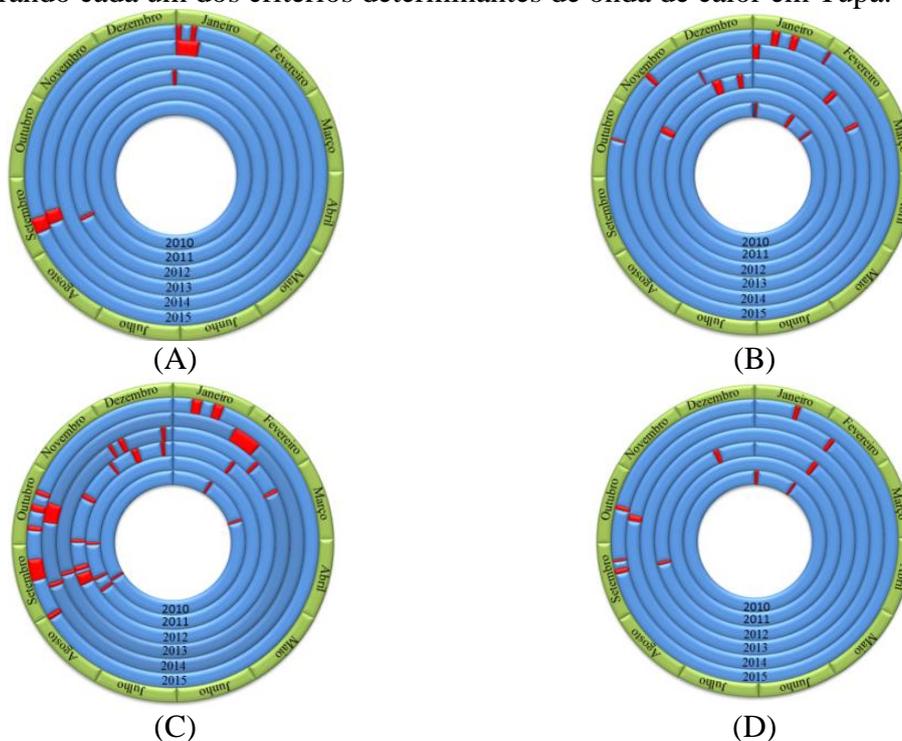
Os resultados da análise dos dados de acordo com os critérios de definição de ondas de calor (C1, C2, C3 e C4) estão apresentados na Tabela 4. A análise se refere aos dados para estações meteorológicas localizadas no município de Tupã entre os anos de 2010 a 2015 e no município de Rancharia de 2012 a 2015.

Tabela 4 – Número de ondas de calor classificadas em cada critério.

Ano	C1 (critério 1)		C2 (critério 2)		C3 (critério 3)		C4 (critério 4)	
	Tupã	Rancharia	Tupã	Rancharia	Tupã	Rancharia	Tupã	Rancharia
2010	0	-	3	-	6	-	2	-
2011	0	-	0	-	3	-	0	-
2012	2	1	3	11	7	14	3	0
2013	0	0	2	7	6	6	0	0
2014	2	3	1	12	3	9	2	0
2015	3	2	5	11	6	9	4	1

Onde: C1 – Classificador formado pelo cálculo com atributos da estação meteorológica conforme primeiro critério da Tabela 2; C2 – Classificador formado pelo cálculo com atributos da estação meteorológica conforme segundo critério da Tabela 2; C3 – Classificador formado pelo cálculo com atributos da estação meteorológica conforme terceiro critério da Tabela 2; C4 – Classificador formado pelo cálculo com atributos da estação meteorológica conforme quarto critério da Tabela 2.

A Figura 14 ilustra a distribuição das ondas em cada mês durante os anos de análise para Tupã de acordo com cada critério de definição de onda de calor.

Figura 14–Número e duração em dias das ondas de calor em cada ano estudado, considerando cada um dos critérios determinantes de onda de calor em Tupã.

Onde: (A) C1, (B) C2, (C) C3, (D) C4– Os períodos do ano destacados em vermelho representam a ocorrência de onda de calor e os períodos destacados em azul representam a não ocorrência de onda de calor.

O maior número de ondas de calor, independente do critério, ocorre no período do ano de registro das maiores temperaturas diárias, ou seja, no verão e no início da primavera, quando a atmosfera está mais sujeita a mudanças de temperatura. Os meses de janeiro, fevereiro, setembro e outubro se enquadram neste período apresentando o maior número de ondas de calor, bem como as de maior intensidade. Seguindo a mesma metodologia de classificação do trabalho de Cunha e Martins (2009), o mês mais quente do ano é fevereiro, ficando janeiro em segundo lugar, pois estão inseridos no verão apresentando pouca amplitude térmica e temperaturas mínimas elevadas. Os meses de setembro e outubro apresentam temperaturas mínimas mais amenas e picos de temperaturas máximas diárias incorrendo em grandes amplitudes térmicas, grandes amplitudes térmicas combinadas a períodos caracterizados por ondas de calor são prejudiciais por não possibilitarem que em um curto espaço de tempo os organismos das aves se recuperem da grande variação de temperatura incorrida. Segundo Abreu et al. (2007) uma menor amplitude térmica proporciona um melhor desempenho das aves colaborando no ganho de peso e no consumo de ração.

As Figuras 15 e 16 mostram o comportamento anual das ondas de calor nas duas cidades. Nota-se o comportamento homogêneo dessas ondas segundo cada critério, configurando-se um comportamento senoidal das linhas. Segundo os estudos de Firpo, Sansigolo e Assis (2012) esse comportamento está correlacionado ao evento climático El Niño, aumento a ocorrência de ondas de calor nos anos em que ocorre o evento. O evento El Niño é um evento interanual de variações nos padrões atmosféricos relacionada aos oceanos tropicais e ocasionado pelo aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial e que tem consequências no tempo e no clima em todo o planeta determinando mudanças nos padrões de transporte de umidade, e, portanto variações na distribuição das chuvas, aumento ou queda de temperatura. No estudo realizado os anos em que ocorreu o fenômeno houve uma maior ocorrência de ondas de calor (INPE, 2016).

Figura 15- Frequência anual de ondas de calor em Tupã (2010-2015).

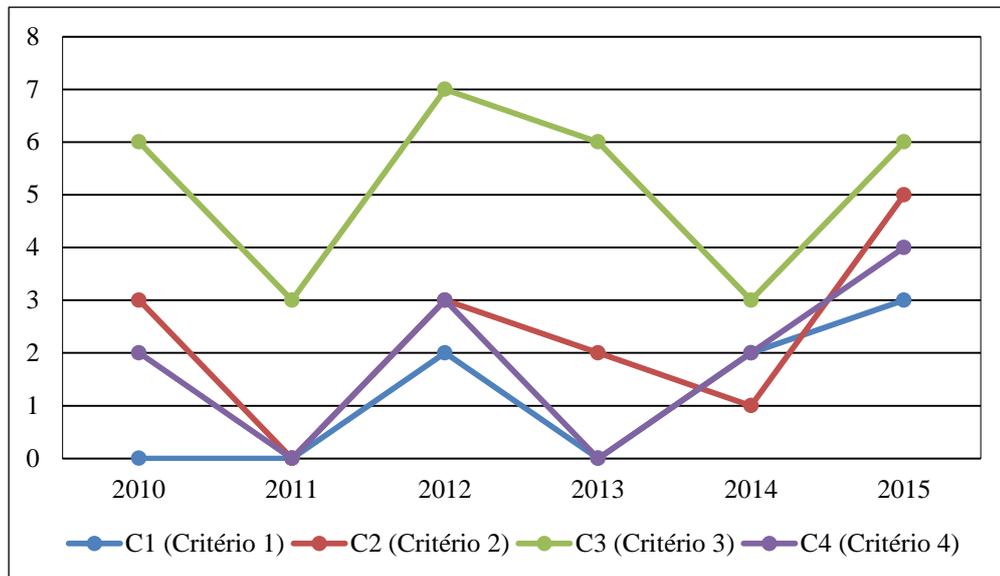
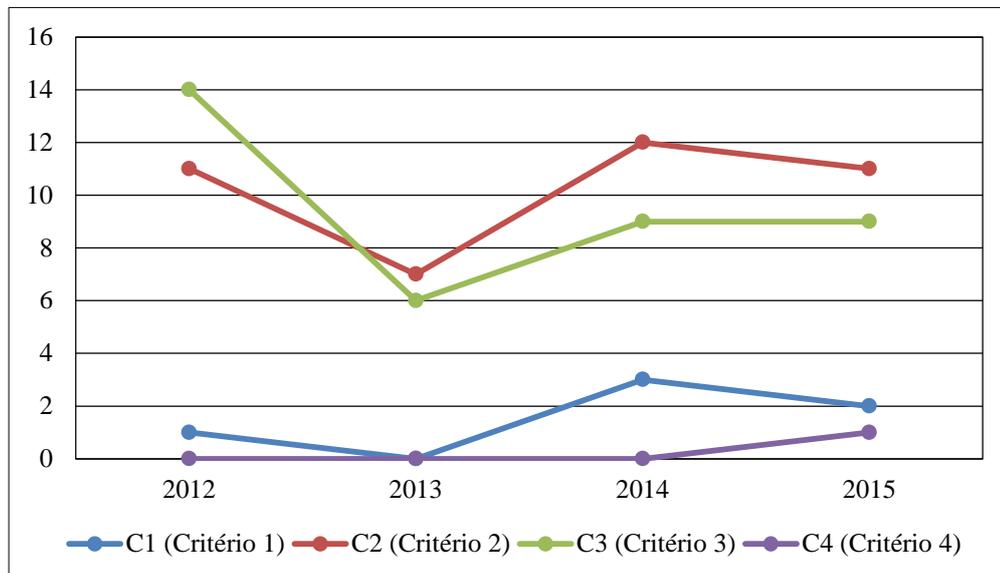
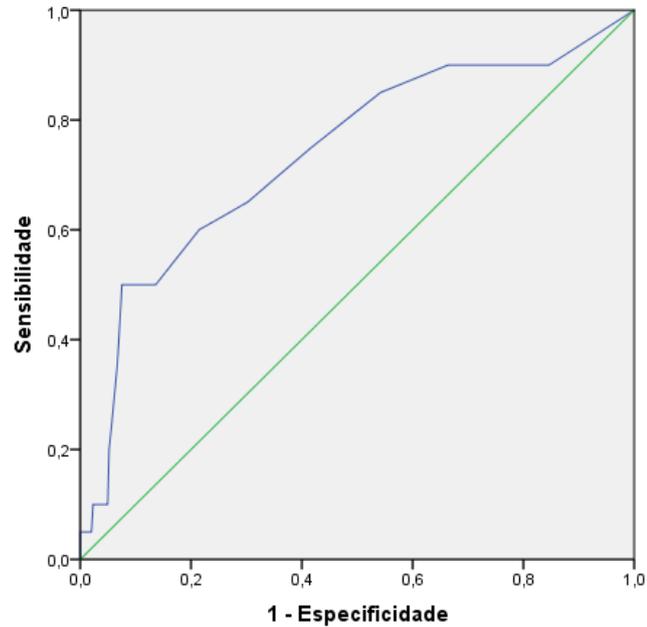


Figura 16- Frequência anual de ondas de calor em Rancharia (2012-2015).



Os critérios 3 e 2 mostraram-se mais específicos do que os demais critérios em ambas as estações meteorológicas localizadas nessas cidades, em todos os anos do estudo o número de ocorrência de ondas de calor ficou acima dos demais critérios. Isso se dá pelo fato delas serem mais abrangentes na determinação de uma onda de calor, considerando valores menos elevados das variáveis e uma menor frequência de dias consecutivos. Os valores diários do índice de temperatura e umidade (ITU) para as cidades estão apresentados no critério 2. A Figura 17 mostra a análise ROC do primeiro critério.

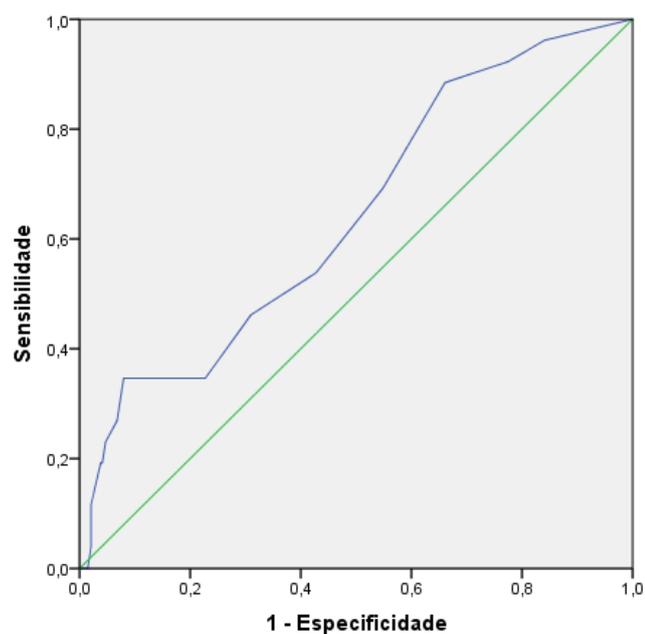
Figura 17– Análise ROC para critério 1.



Os segmentos diagonais são produzidos por empates.

O critério 1 apresentou uma área da curva de 0,737 e os valores de 0,75 de sensibilidade e 0,417 de especificidade para uma mortalidade classificada como padrão para linhagem conforme atributo classificador MN. A Figura 18 a seguir apresenta a análise ROC do segundo critério.

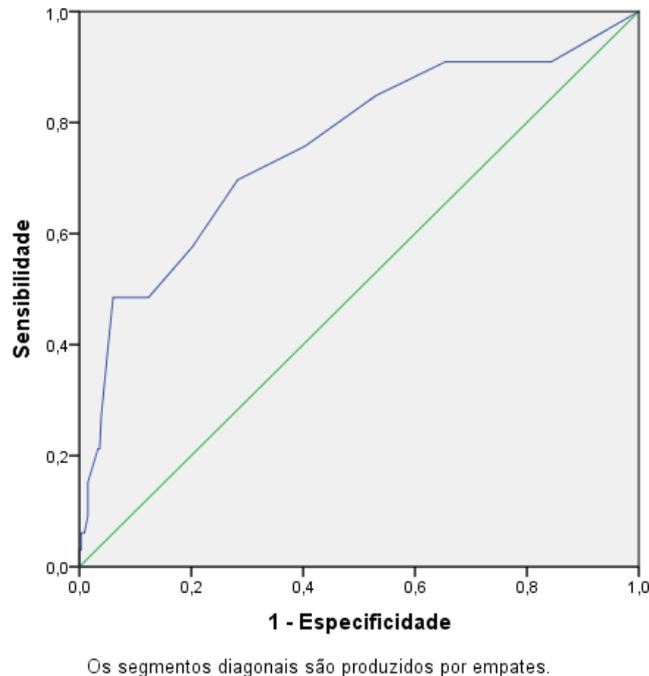
Figura 18– Análise ROC para critério 2.



Os segmentos diagonais são produzidos por empates.

O critério 2 apresentou uma área da curva de 0,641 e os valores de 0,538 de sensibilidade e 0,428 de especificidade para uma mortalidade classificada como padrão para linhagem conforme atributo classificador MN. A Figura 19 a seguir apresenta a análise ROC o terceiro critério.

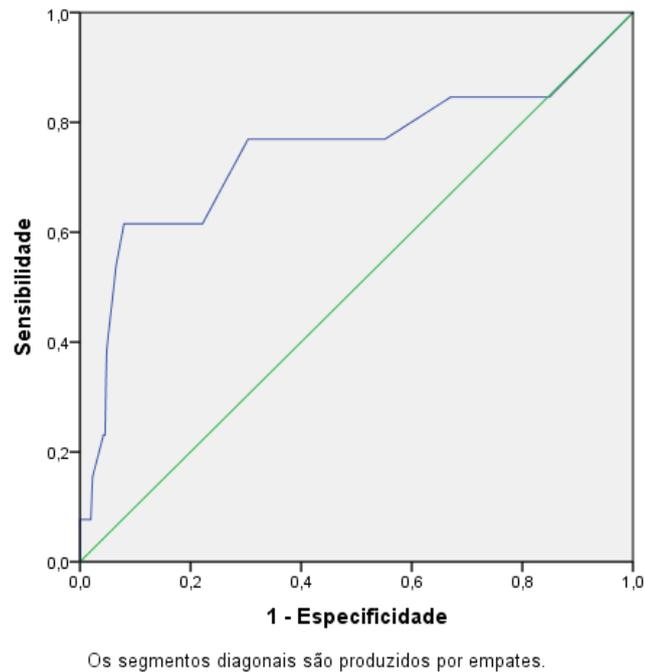
Figura 19– Análise ROC para critério 3.



O critério 3 apresentou uma área da curva de 0,757 e os valores de 0,758 de sensibilidade e 0,404 de especificidade para uma mortalidade classificada como padrão para linhagem conforme atributo classificador MN. A Figura 20 a seguir apresenta a análise ROC o quarto critério.

Assim como os resultados apontados por Vanderhasselt et al. (2013) é preciso que seja encontrado na análise ROC, um ponto de corte que represente o equilíbrio ideal entre a sensibilidade e a especificidade. Segundo os autores em sistemas voltados a promoção e avaliação do bem-estar animal o mais importante é tentar diminuir o número de falsos positivos, pois estes levam os produtores a se proteger de um possível problema que na realidade não existe, como por exemplo a ocorrência de uma onda de calor.

Figura 20– Análise ROC para critério 4.



O critério 4 apresentou uma área da curva de 0,745 e os valores de 0,769 de sensibilidade e 0,423 de especificidade para uma mortalidade classificada como padrão para linhagem conforme atributo classificador MN.

Com um nível de confiança de 95% de confiança e significância menor que 0,01 a análise ROC dos critérios determinou com que com exceção do critério 2 todos os outros apresentaram desempenho satisfatório para determinação de uma onda de calor segundo os dados de mortalidade (Área > 0,70).

Na curva ROC quanto maior o número de aves mortas em um dia maior a possibilidade de o critério estar correto na sua indicação de onda de calor. Para um nível de confiança de 95%, verificou-se que os critérios C1, C3 e C4 foi possível associar a onda de calor ao aumento da mortalidade do lote, todas com significância $p < 0,01$. Considerando todos os pontos de corte o Critério 3 apresenta maior VPP, conforme constata-se na Tabela 5.

Assim como destacou Nascimento et al. (2011) o valor preditivo deve receber maior importância pois mede a probabilidade de se classificar positivamente (VPP) a ocorrência de uma onda de calor, e o resultado real de perigo coincidir com o classificado pelo modelo.

Tabela 5 – Resultado do teste VPP para cada critério e seus respectivos valores de sensibilidade e especificidade.

Critério	Valor da Área da Curva ROC	Valor Preditivo Positivo em %	Valor de Sensibilidade	Valor de Especificidade
C1	0,737	79,850	0,750	0,417
C2	0,641	25,700	0,538	0,428
C3	0,757	87,620	0,758	0,404
C4	0,745	81,790	0,769	0,423

A partir dos valores diários do ITU, pode-se observar que, a estação meteorológica na cidade de rancharia apresenta maiores valores consecutivos dessa variável. Isso ocorre devido os dados meteorológicos estarem resumidos de forma diária considerando o valor máximo para a variável umidade relativa e não horário como estão disponíveis os dados de Tupã, tornando esse critério mais determinante no primeiro município. Os demais critérios classificaram as ondas de calor de modo semelhante em ambas às cidades.

Considerou-se os dados meteorológicos da cidade de Tupã para as demais análises, devido os registros obtidos estarem armazenados por hora e também pelo município estar mais próximo do aviário em estudo.

Durante o período estudado foram observadas no município de Tupã as ondas de calor duraram em média 4,88 dias, variando de dois até quatorze dias consecutivos.

A Tabela 6 apresenta as ondas de calor ocorridas em 2015 com sua respectiva classificação de magnitude ocorrida em cada uma. As ondas sem classificação (S/C) não atingiram os requisitos mínimos.

Tabela 6 – Ondas ocorridas na estação meteorológica de Tupã no ano de 2015 e suas magnitudes.

C1 (Critério 1)			C2 (Critério 2)		
Onda	Duração (Dias)	Magnitude	Onda	Duração (Dias)	Magnitude
09/01/2015	5	45040,28	09/01/2015	14	119507,38
17/01/2015	5	198711,07	01/02/2015	5	21960,79
16/09/2015	9	59473,05	15/10/2015	5	1210,29
			12/11/2015	3	25754,13
			23/12/2015	3	1534,75

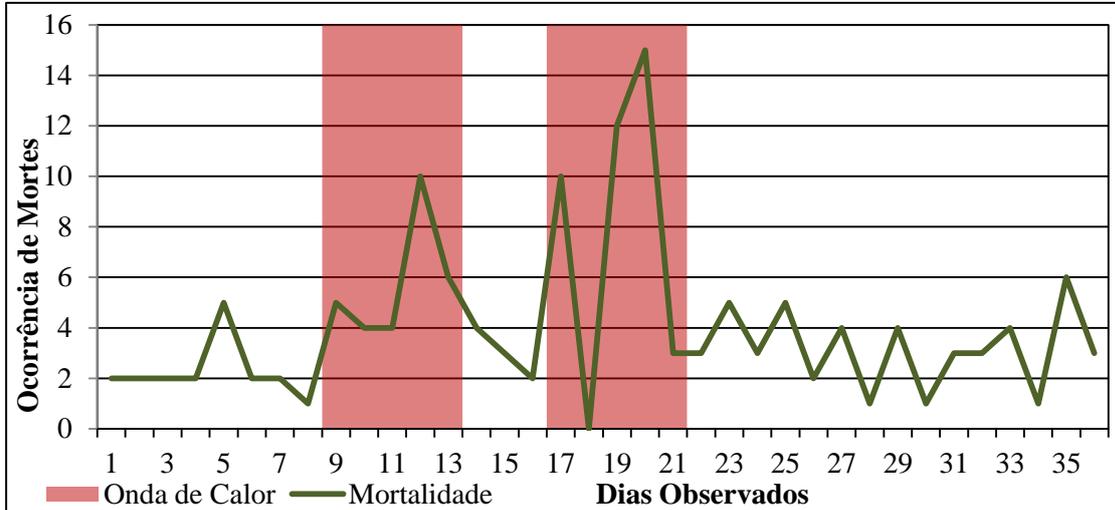
C3 (Critério 3)			C4 (Critério 4)		
Onda	Duração (Dias)	Magnitude	Onda	Duração (Dias)	Magnitude
09/01/2015	5	45040,28	17/01/2015	3	32058,14
17/01/2015	5	198711,07	17/09/2015	3	17697,97
16/09/2015	10	59473,05	22/09/2015	2	24981,16
07/10/2015	2	724,77	14/10/2015	3	807,66
14/10/2015	4	7291,02			
21/10/2015	2	1643,60			

Conforme os estudos de Dole et al. (2011) quanto maior a magnitude da onda, maior é a intensidade do seu impacto prejudicial na vida e na economia. Avaliando o número de aves mortas em cada onda de calor e comparando com suas respectivas magnitudes é possível observar que nas ondas de maior magnitude o número de mortes chega a ser em média 5 vezes maior do que em ondas de menor magnitude. Porém há ondas com magnitudes elevadas que não desencadeiam alta mortalidade, isso pode estar relacionado com a resistência da ave naquele período.

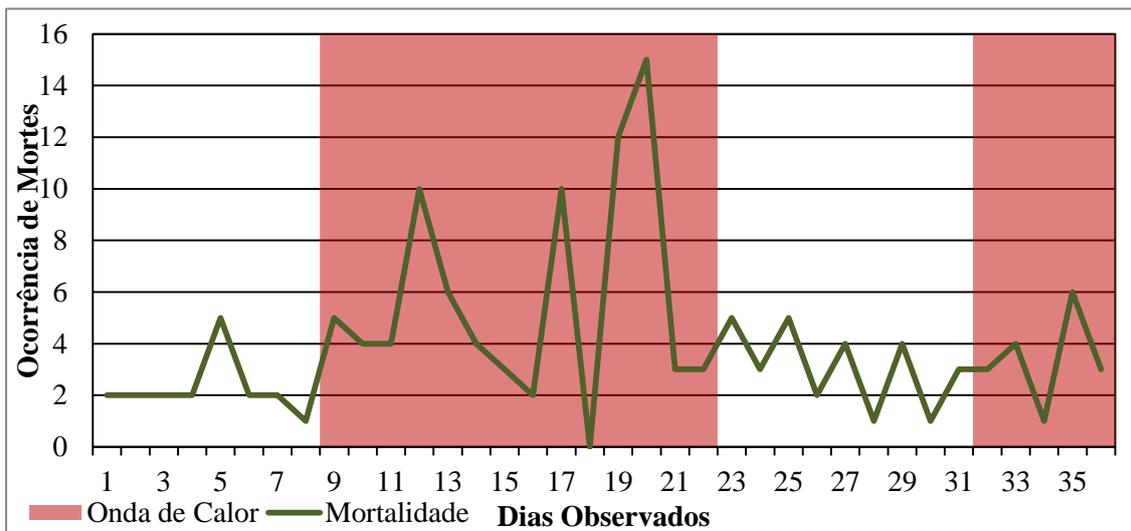
4.2 Análise preliminar a mineração dos dados.

De acordo com o estudo inicial dos dados de mortalidade foi possível obter a relação dos dados históricos de mortalidade com o período apontado por onda de calor de acordo com cada critério. A análise foi feita com dados de mortalidade dos dois aviários em estudo considerando que as aves alojadas pertencem a um mesmo lote, tem a mesma idade e foram alojadas ao mesmo tempo. A Figura 21 representa uma amostra de cada critério para o galpão B1 durante os 36 primeiros dias de 2015, período de estudo que se registrou a ocorrência de uma a três ondas de calor. O registro de mortalidade foi feito diariamente e o eixo “y” dos gráficos representa o número de aves mortas e o eixo “x” o número de dias sequencial.

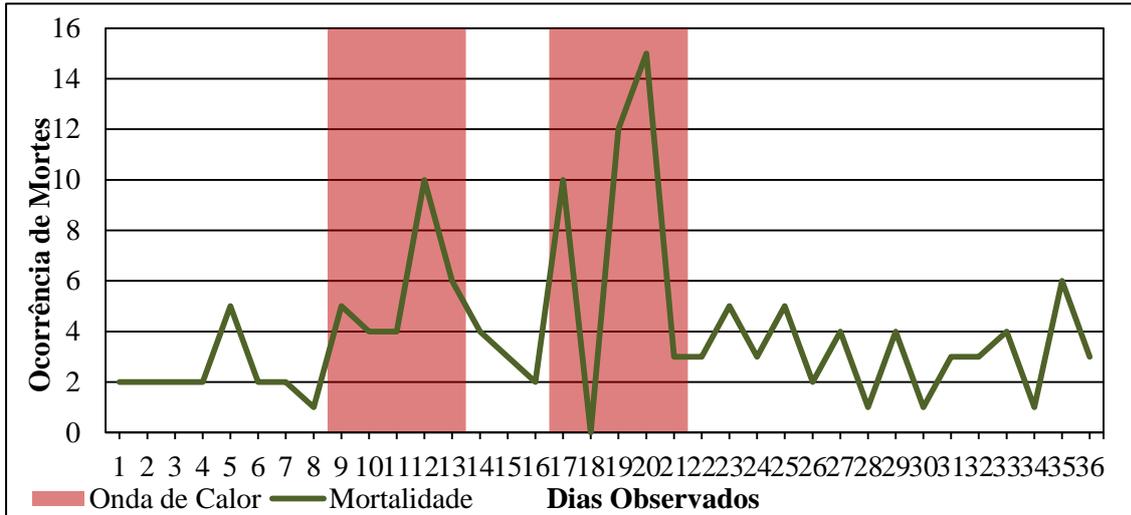
Figura 21- Ocorrência de onda de calor e mortalidade registrada no primeiro aviário (B1) durante os 36 primeiros dias de 2015 - (A) Critério 1, (B) Critério 2, (C) Critério 3 e (D) Critério 4.



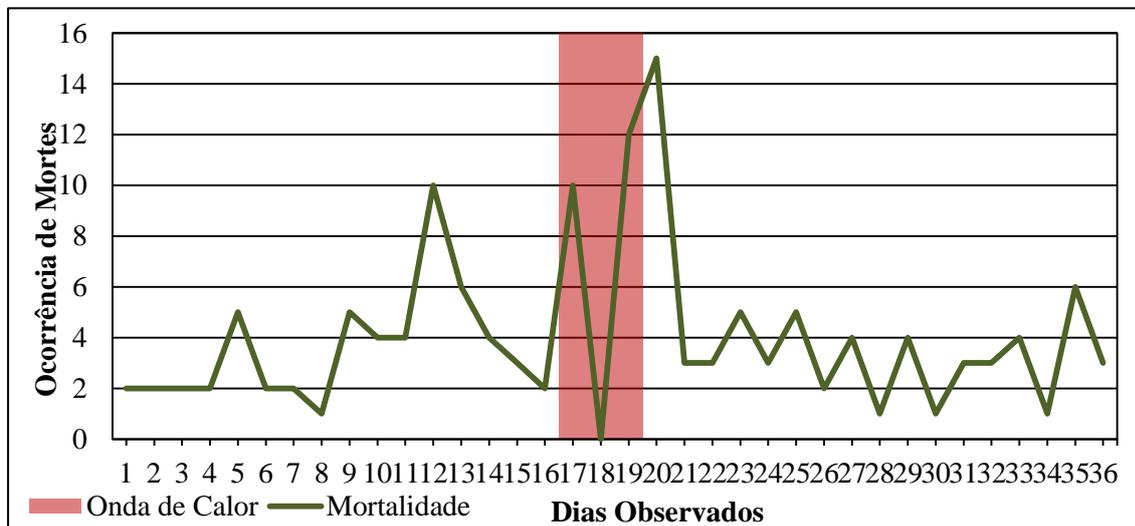
(A)



(B)



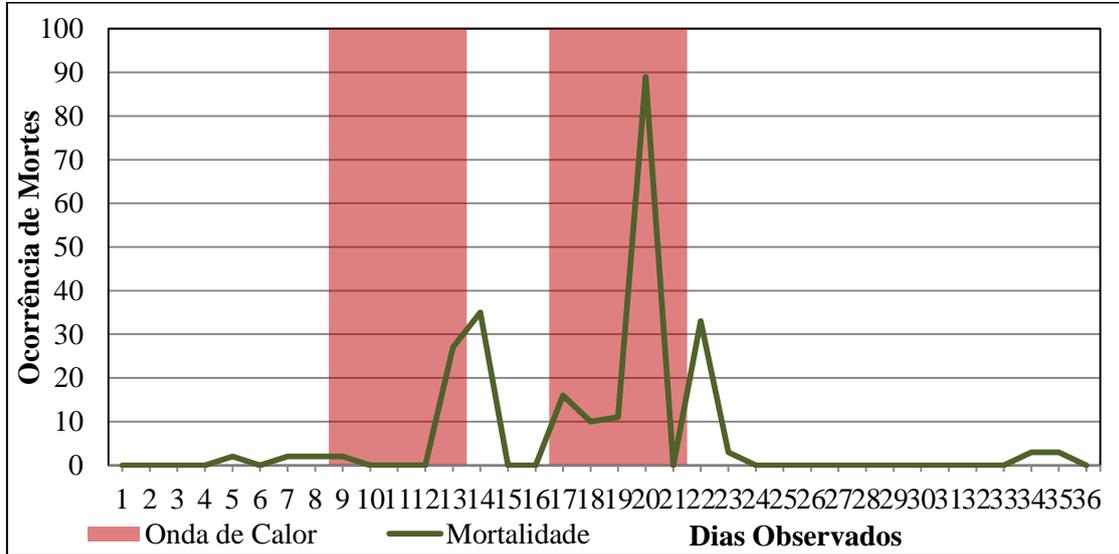
(C)



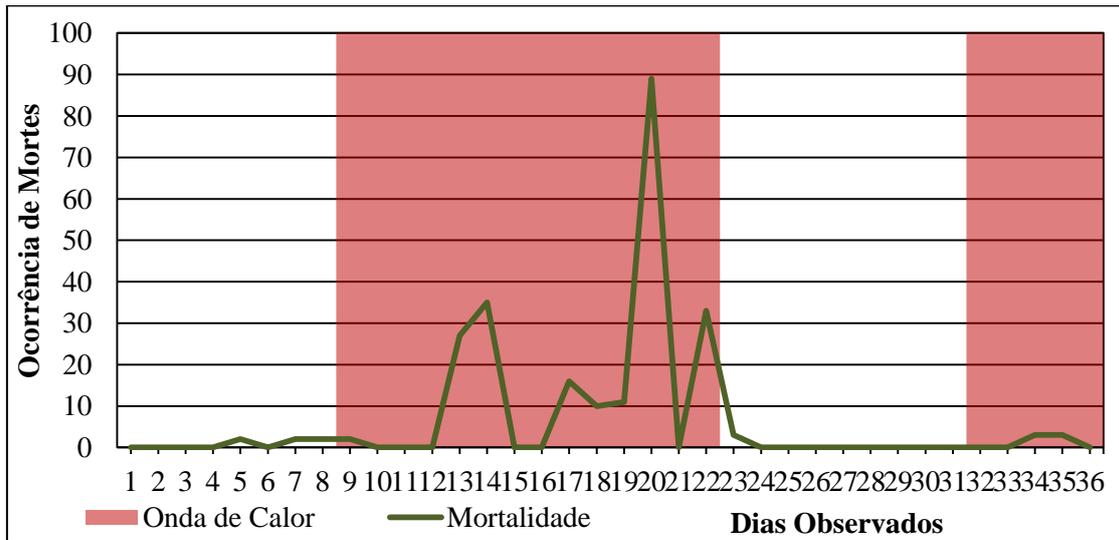
(D)

Os dados do segundo aviário denominado G2 foram alisados com os mesmos critérios do primeiro aviário e a Figura 22 apresenta os resultados da relação da ocorrência de onda de calor com os registros de mortalidade. O segundo aviário tem tipologia predominante no município de Bastos e foram umas das primeiras modalidades arquitetônicas da região.

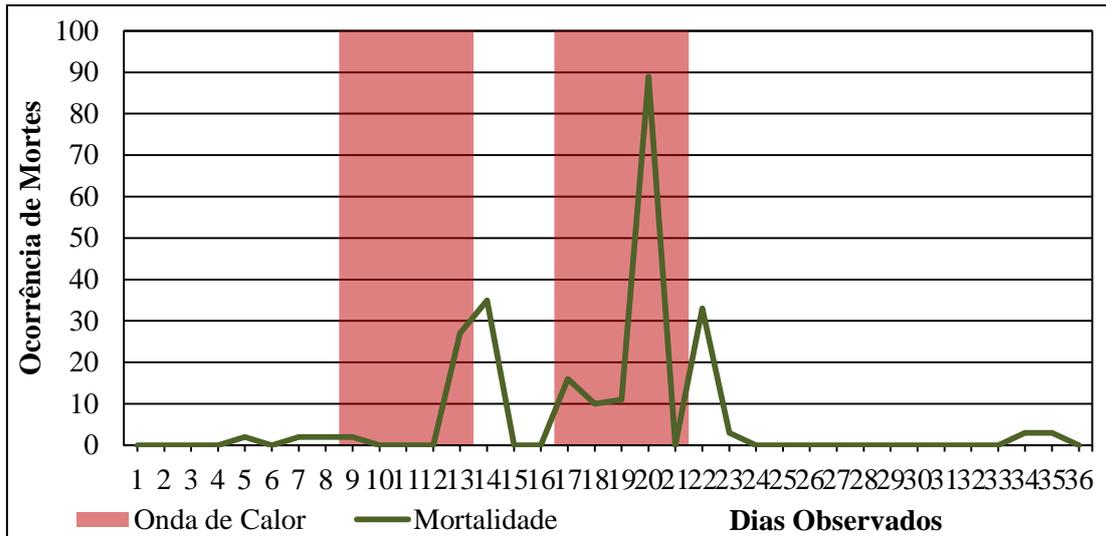
Figura 22- Ocorrência de onda de calor e mortalidade registrada no segundo aviário (G2) durante os 36 primeiros dias de 2015 - (A) Critério 1, (B) Critério 2, (C) Critério 3 e (D) Critério 4.



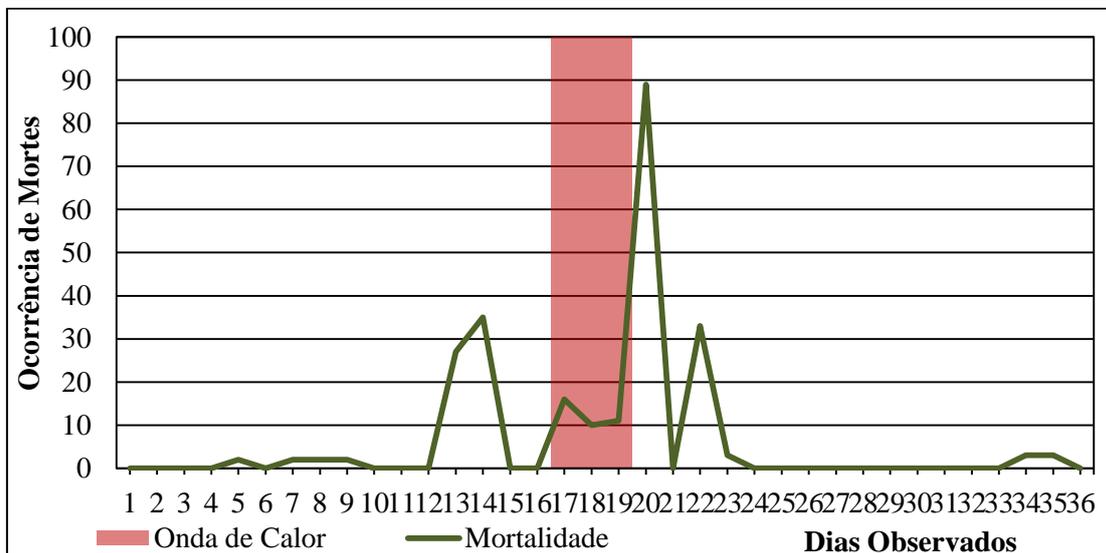
(A)



(B)



(C)



(D)

Assim como nos dados demonstrado na Figura 21, nota-se em todos os registros de elevação de mortalidade em decorrência de uma onda de calor um intervalo entre o início da onda de calor e o pico de mortes em todo período estudado. Este intervalo dura em média 3,1 dias entre o primeiro dia de uma onda de calor e o dia de maior mortalidade. O teste estatístico Qui-quadrado aplicados nos dados de mortalidade dos dois aviários demonstram com significância ($p < 0,0001$) que a possibilidade do pico de mortalidade ser maior no terceiro e quarto dias é três vezes maior que no primeiro e segundo dias de ocorrência de onda de calor.

Apesar dos estudos de Vale et al. (2008) indicarem que apenas um dia de calor extremo é suficiente para desencadear alta mortalidade, nota-se que quando a ocorrência de

uma onda de calor o pico de mortes ocorre entre o segundo e o quarto dia diminuindo gradativamente após esse tempo. As primeiras alterações fisiológicas das aves incluem vasodilatação periférica das áreas desprovidas de penas e vascularizadas como cristas, mais eficientes para a dissipação do calor (MACARI; FURLAN; GONZALES, 1994).

Após certo período os ajustes fisiológicos, morfológicos e comportamentais das poedeiras não são suficientes para manutenção da homeotermia. Os mecanismos responsáveis pela estabilização da temperatura corporal perdem sua eficiência enfraquecida pelas sucessivas perdas enérgicas e pelo colapso causado por sucessivas reações químicas promovidas pela alcalose sanguínea, a desestabilização química do PH sanguíneo ocorre aproximadamente quatro horas depois o início do estresse por calor e atinge seu ápice de dois a cinco dias depois de sucessivas exposições (SILVA; SEVEGNANI, 2001; SILVA, 2001a; MATHER; BARNAS; BURGER, 1980, GABRIEL et al., 1996).

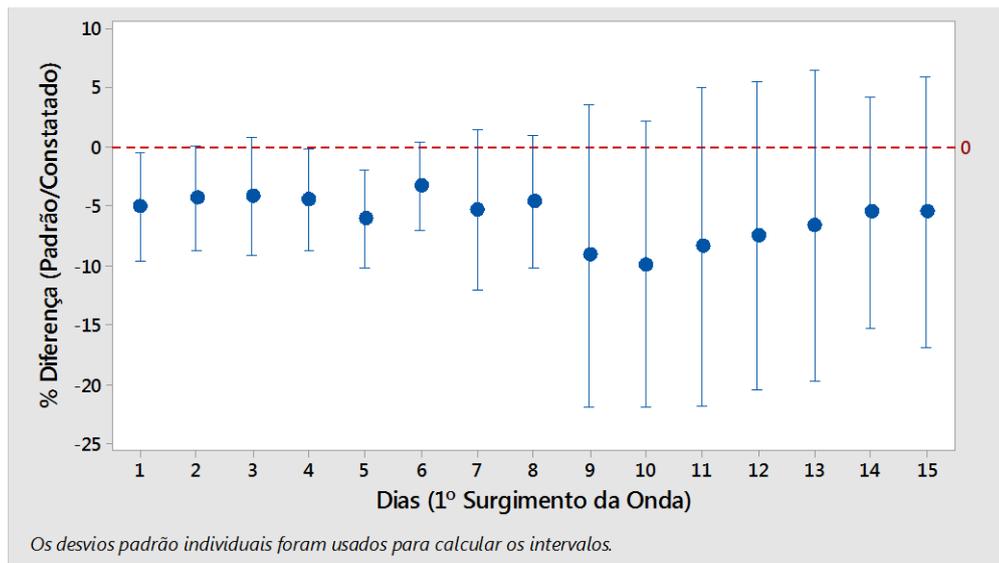
Os estudos Tao et al. (2006) demonstram que uma exposição ao calor extremo acarreta o descontrole na produção dos hormônios Tri-iodotironina (T3), Tiroxina (T4) responsáveis pela termogênese das poedeiras entre o primeiro e o segundo dia da onda de calor. A síntese de anticorpos pelas aves também é afetada no quarto dia de estresse por calor. Verificou-se que ao final da primeira semana após o início da exposição ao calor, as aves apresentam anticorpos significativamente mais baixos causando inibição de respostas imunitárias (MASHALY, et al., 2004).

Concordando com os estudos de Mahmoud, Yaseen (2005) e Renaudeau (2012) a análise dos dados revelou que após o quarto dia do desafio extremo de calor as aves iniciam um processo de aclimatação igualando os níveis de mortalidade como aqueles considerados normais para a linhagem apresentados durante o primeiro e segundo dia de onda de calor, comprovado com teste t ($p=0.1762$). Quando as galinhas poedeiras são expostas a uma onda de calor primeiro apresentam uma fase de aumento na temperatura corporal recuando logo em seguida entrando em um estado de equilíbrio dinâmico que corresponde à aclimatação. A aclimatação traz consequências negativas às aves e a sua produção, pois é obtida por meio redução da ingestão de alimentos e por esforços fisiológicos (RENAUDEAU, 2012).

A diminuição no consumo de alimento pode influenciar diretamente na produtividade das poedeiras, a análise dos dados mostrou que entre o 9º e o 13º dias após o primeiro dia de calor extremo enfrentado em uma onda de calor a porcentagem de postura caiu em média 5,37% nesse período. A Figura 23 apresenta o gráfico de intervalo com um acumulado médio da diferença da taxa de postura de ovos por 100 aves nos 15 primeiros dias de todas as ondas de calor observadas no período de estudo. O tempo de resposta pode estar relacionado com

magnitude e a intensidade da onda de calor; no presente estudo a produção volta a se estabilizar entre o 14º e o 24º dia após a ocorrência da onda de calor. Para as análises de produção a seguir foram consideradas as ondas de calor apontadas apenas no Critério 3.

Figura 23- Diferença média na produção de ovos entre o observado e o esperado entre o surgimento da onda e o 15º dia.



Estes resultados concordam com Vercese et al. (2012) e Oliveira et al. (2014) que evidenciaram o decréscimo no consumo de ração e o aumento da ingestão de água como uma das primeiras respostas das aves ao estresse por calor. Por consequência a uma diminuição dos nutrientes necessários para a produção. Segundo os autores períodos de tempo com temperatura acima de 32°C causam reduções no ganho de peso da ave, tal como no peso do ovo, na espessura da casca além de gravidade específica do ovo.

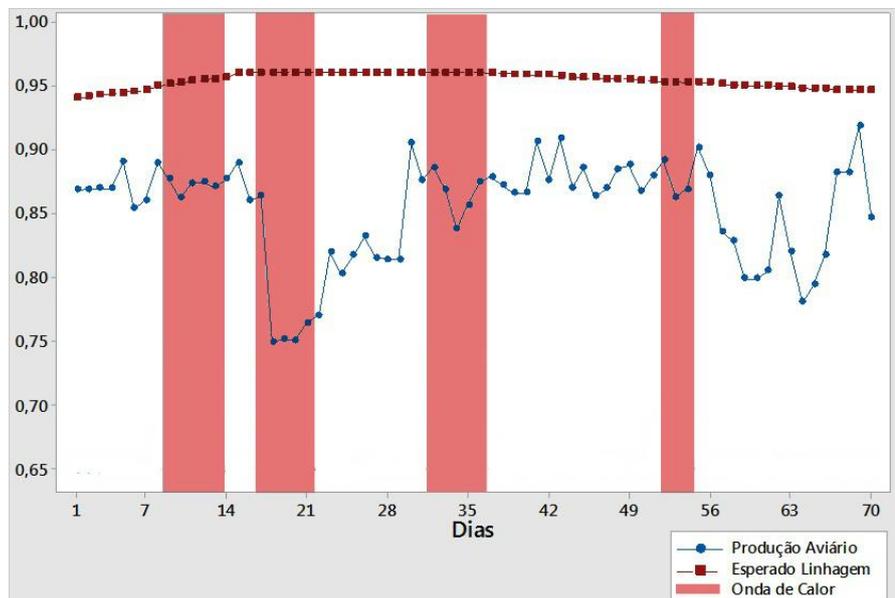
A Figura 23 apresenta a diferença para as médias diárias de postura entre o primeiro dia de onda de calor e o décimo quinto dia após a ocorrência da onda (95% de confiança). Os valores mostram a diferença do que foi observado na granja e o que é esperado de acordo com o manual da linhagem. Por serem disponibilizados semanalmente os valores esperados de postura foram ajustados por meio de interpolação linear. A linha tracejada central representa um resultado produtivo igual ao esperado no manual da linhagem.

Na Figura 24 observa-se que a granja apresenta uma média produtiva abaixo do esperado. Durante todo período de análise a produção dos aviários foi em média 3,70% abaixo do esperado no manual da linhagem ($p=0,000$), no entanto é possível observar na

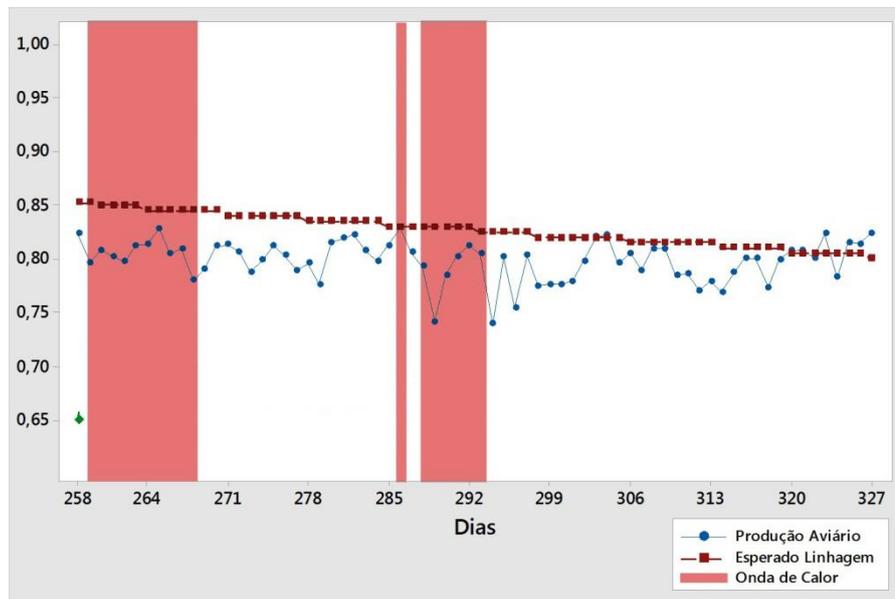
Figura 23 que a partir do 9º dia após o estresse térmico por calor esse decréscimo produtivo é em média de 10% em relação ao esperado para linhagem considerando a idade das aves no momento da ocorrência do fenômeno.

Nota-se também que as barras dos intervalos são maiores a partir do 9º dia, isso ocorre devido a grande variabilidade de decréscimo na produção em cada onda. Na primeira onda enfrentada durante o ciclo produtivo constata-se a maior baixa produtiva de postura, conforme as ondas de calor vão se tornando recorrentes, os percentuais de perda produtiva, após uma onda de calor, se tornam cada vez mais próximo ao comum ao aviário. A Figura 24 mostra a produção diária em percentual comparado com recomendado, evidenciando também o período de ocorrência da onda de calor em duas séries temporais.

Figura 24- Séries temporais contemplando o esperado produtivo para a linhagem a produção da granja e a ocorrência de onda de calor, (A) primeiro recorte temporal (B) segundo recorte temporal de ocorrências de onda.



(A)



(B)

Este comportamento pode estar associado à aclimatação que as aves desenvolveram ao superarem os períodos de estresse. Segundo Mahmoud, Yaseen (2005) aves que enfrentam sucessivos períodos de temperaturas elevadas desenvolvem uma maior tolerância a esses eventos climáticos, conseqüentemente o esforço do sistema imunológico e o gasto energético da ave é menor resultando em uma economia de nutrientes utilizados na produção. A aclimatação pode ser uma grande aliada na tentativa de ampliar a produção de aves independente das interferências ao ambiente que as mesmas estão inseridas.

Esses resultados também concordam com Horowitz (2001) que sugere a adaptação e a elevação da resistência térmica pode ser resultado de uma regulação genética e fisiológica que os animais adquirem com passar do tempo.

4.2.1 Análise comparativas entre os aviários.

A mortalidade diária de galinhas poedeiras em ondas de calor no galpão B1 foi em média 0,0398% por dia. Essa mortalidade foi menor quando comparado com a média diária do galpão G2, que foi de 0,0560%, conforme resultado do teste t-student pareado ($p=0,004$). Esse resultado evidencia que a tipologia interfere na ambiência térmica e, portanto, interfere na mortalidade das aves. Observa-se que houve uma mortalidade diária média de 0,0161 pontos percentuais maior que no aviário G2 somando todos os períodos em que ocorreram ondas de calor. A distribuição comparativa do percentual de mortalidade entre os dois aviários

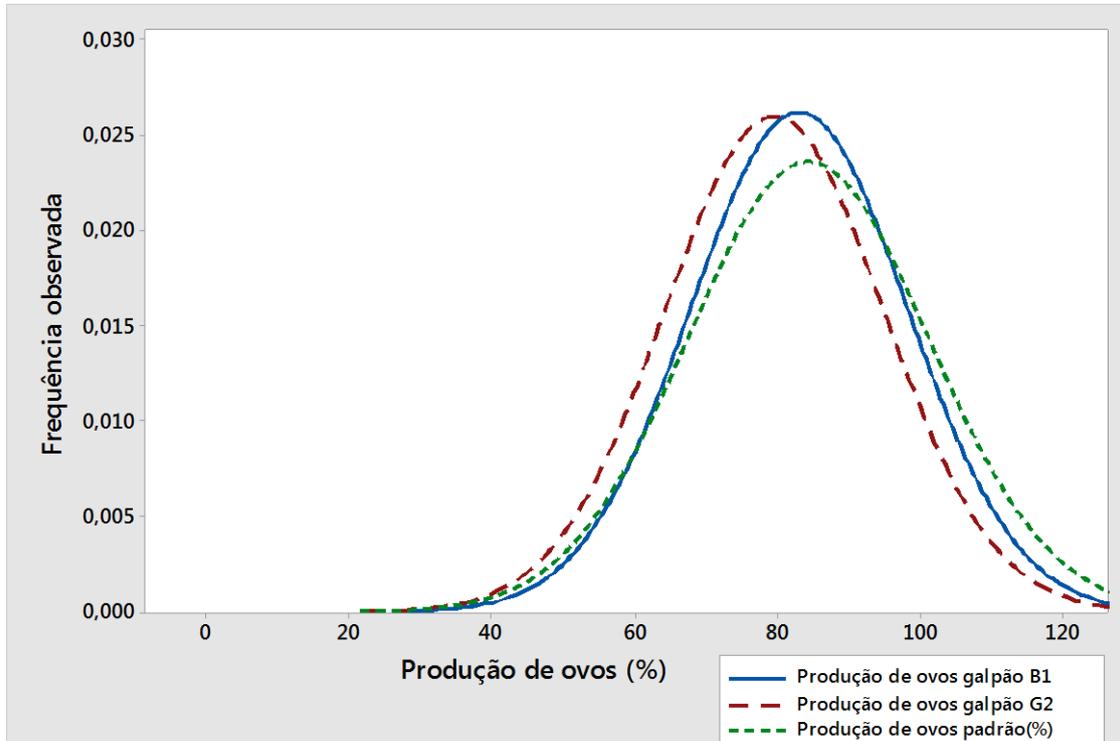
está representada na Tabela 7, na qual as cinco ondas de calor ocorridas no período são demonstradas.

Tabela 7 – Percentual de mortalidade observada em cada aviário nas ocorrências de onda de calor.

Onda de calor	Número de dias de duração	Mortalidade observada (%)	
		B1	G2
1	6	0,2767	1,2106
2	7	0,4039	3,1232
3	13	1,4531	1,9155
4	7	0,6896	0,5957
5	3	0,3132	0,7328
6	3	0,0025	0,0033
Média	6,5	0,0804	0,1943
Desvio padrão	3,7	0,5064	1,1137

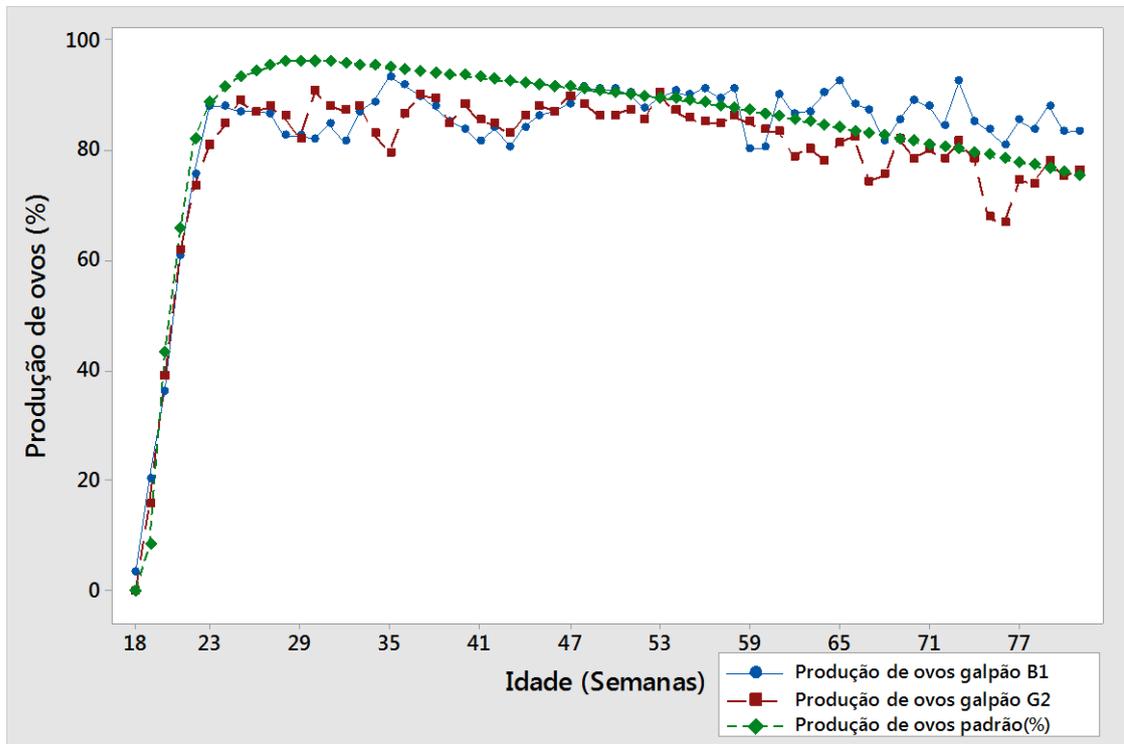
Comparado a produção de ovos dos aviários, observou-se uma curva de produção melhor no aviário B1 que no G2 (Figura 25). Esse ganho produtivo sugere que em condições relativamente iguais das variáveis externas ao aviário, o B1 proporciona melhores condições para a produção das aves. Esses resultados podem indicar um estresse térmico mais elevado no aviário G2. Segundo Kodaira (2015) o ambiente térmico interno observado em diferentes galpões pode influenciar diretamente na produção de ovos, suas observações em um ambiente térmico controlado constataram produção superior do que em galpões não climatizados. Mack et al. (2013) verificaram que as poedeiras mantidas na zona de termoneutralidade tiveram produção cerca de 30% maior do que aquelas que enfrentaram estresse térmico.

Figura 25- Histograma da produção de ovos nos diferentes galpões e o padrão da linhagem.



Comparando a produção e ambos os galpões com o padrão estabelecido para linhagem (Figura 26) é possível observar que até a 50 semanas de vida das aves a produção se mantém com diferença média não significativa ($p=0,540$) embora, a produção em ambos os galpões foi inferior à curva padrão indicando que as aves não expressaram todo o seu potencial genético. Após esse período é possível observar que o galpão B1 tem produção superior ao galpão G2 e média 3,25% superior do que o esperado para linhagem ($p=0,000$). Produções acima do esperado para linhagem são encontradas com mais frequência em ambientes controlados com ajuda de algum tipo de climatização, como os resultados encontrados por Silva et al. (2013) e Deng et al. (2012) onde a produção pode ser até 15% superior ao esperado.

Figura 26- Produção nos aviários e a padrão da linhagem.

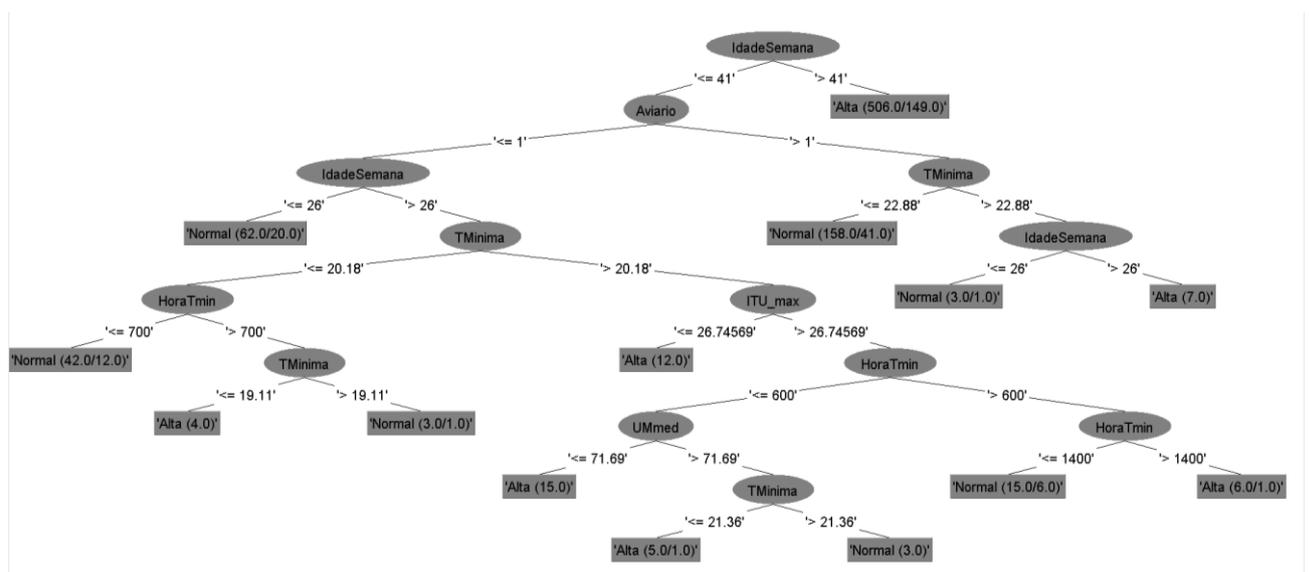


Estudos realizados por Kamanli et al. (2015) demonstraram que o estresse térmico pode influenciar nos resultados de produção desde a fase de incubação até na fase de postura, sendo que as aves alojadas acima de 32°C apresentaram menor produção, menor consumo de ração e maior perda de peso.

4.3 Mineração dos dados de mortalidade

Inicialmente a modelagem por Mineração de Dados gerou duas abordagens distintas que de acordo com a técnica de avaliação cíclica CRISP-DM e permitiu o refinamento do critério de seleção de atributos. A primeira abordagem utilizou a união de todos os dados disponíveis para a modelagem sem que houvesse a seleção de atributos e gerou modelos de baixa precisão e pouco compreensíveis (Figura 27). Esse resultado foi justificado pela presença de atributos interpretados como ruídos, distorcendo o resultado final da análise. A árvore gerada no modelo sem seleção de atributos e balanceamento das classes revelou como nó raiz a idade das aves alojadas em semanas (Figura 27).

Figura 27- Árvore de decisão gerada a partir dos dados sem seleção de atributo (Precisão Total = 66,46%).



Esses resultados concordam com Lima e Rodrigues (2010) que revelaram por meio de árvores de decisão em seu experimento de incubação de matrizes de postura que, a idade do lote é um dos atributos com maior impacto nos resultados (menos e mais favoráveis) em todo ciclo de incubação. Em alguns casos desse estudo o atributo de idade do lote chegou a ser quatro vezes mais importante que o atributo subsequente, evidenciando todo seu potencial.

Por apresentar forte impacto nos resultados, a idade das aves foi o primeiro atributo a ser avaliado. Verificou-se que estava fortemente correlacionado com a mortalidade alta, então baseado nos estudos de Fleming (2008) e Hansen et al. (2003) que apontam uma maior debilidade em aves com mais de 40 semanas (no final do ciclo produtivo) atribuída a deficiência na absorção de nutrientes e minerais e alteração dos perfis hormonais, procurou-se ajustar o padrão de mortalidade estabelecido no manual da linhagem proporcionalmente ao aumento na mortalidade após as 40 semanas do lote. Mignon-Grasteau et al. (2015) em seu estudo apontam que mesmo com uma maior distância entre aves, galinhas mais velhas levam desvantagem produtivas comparadas a galinhas mais novas quando submetidas a estresse térmico por calor.

Após o acerto do atributo classificador de MN e MA foram utilizadas duas técnicas de seleção de atributos para melhorar a precisão dos modelos. A primeira foi a utilização de balanceamento das classes, técnica de amostragem com reposição (BREIMAN, 1996), aplicando os filtros disponíveis em *Selectattributes* seleção de atributos e balanceamento das classes do programa Weka® (WITTEN e FRANK, 2005). O segundo foi uma abordagem

segundo a escolha de especialistas, excluindo da análise os atributos julgados como não relacionados com a mortalidade.

Essas técnicas permitiram a obtenção de dois modelos (árvores de decisão), o primeiro com precisão de 70,58%, e o segundo, após retirar os atributos redundantes e de excluir informações que gerem redundância de árvore, com precisão de 71,58% conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Porcentagem de precisão dos modelos seleção de atributos.

Modelo	Precisão Total (%)	Precisão MA (%)	Kappa statistic (%)
Mod1	70,58	59,70	22,34
Mod2	71,58	68,60	21,52

O primeiro modelo (Figura 28) apresentou uma complexidade superior ao segundo modelo (Figura 29) que apresentou um melhor potencial de compreensão. Mesmo assim esses e todos os demais modelos gerados pelas outras abordagens de seleção (Pearson, InfoGain, GainRation) foram descartados devido à baixa precisão e ao reduzido potencial de compreensão segundo o julgamento dos especialistas.

Figura 28- Árvore de decisão gerada a partir da seleção de atributos.

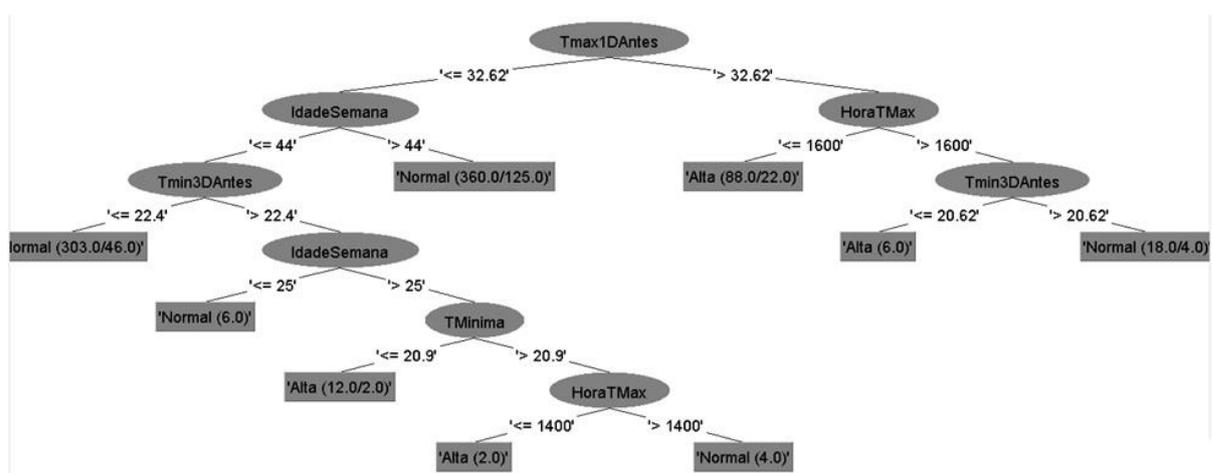
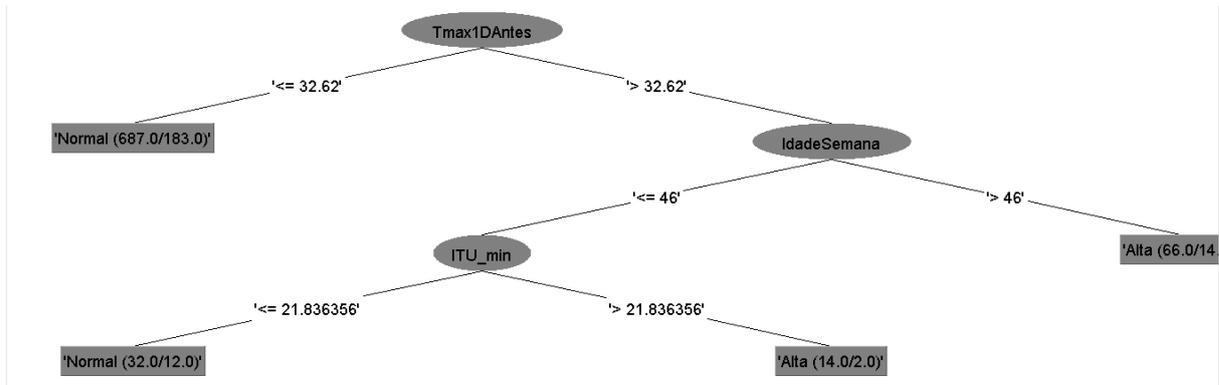


Figura 29- Árvore de decisão gerada após retirar os atributos redundantes.



Conforme apontado por Amaral (2016) os atributos que trazem a mesma informação de uma forma diferente ou interpretada devem ser descartados, pois influenciam na geração de modelos menos compreensíveis e menos importantes. Segundo o autor anterior deve-se procurar remodelar o banco por abordagens como a derivação de atributos e/ou seleção.

A seleção de atributos permitiu o refinamento dos modelos gerados e foi fundamental para identificar os atributos mais importantes na busca do melhor modelo. A diminuição da complexidade dos modelos (simplificação) e o aumento do percentual preditivo só se tornam possível a partir de uma eficiente seleção de atributos (AMARAL, 2016).

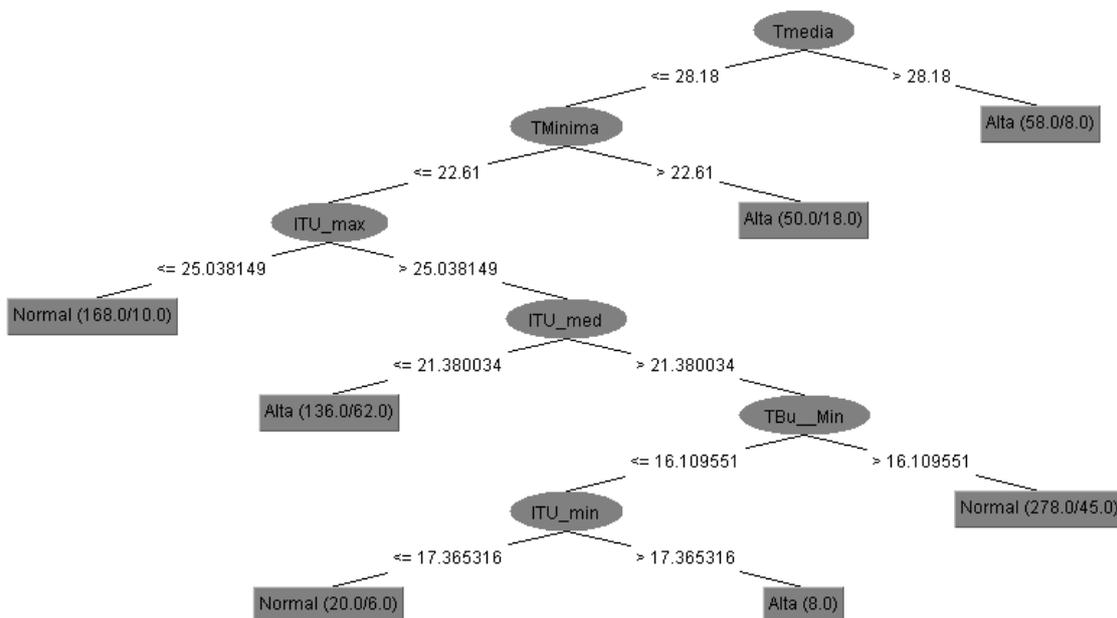
Em virtude dos acertos no classificador em ambos os modelos a idade do lote já não se mostrou tão importante, apesar de aparecer logo abaixo do nó raiz, que para os modelos foi a temperatura máxima de um dia antes. No segundo modelo também apareceu o ITU mínimo como atributo decisivo. No segundo modelo, a mineração já começa a revelar as variáveis de clima apontadas como decisivas para o bem-estar das aves como temperatura e umidade, que quando apresentam valores fora da zona de termoneutralidade são extremamente prejudiciais às poedeiras (MACARI; FURLAN; SILVA, 2001; MA et al. 2014).

O estresse por calor pode ocorrer independente da idade da ave e em galinhas poedeiras pode ser observado assim que a temperatura ultrapassa o limite máximo de 22°C (PAWAR, et al., 2016).

Os dois modelos apresentaram variáveis interessantes, porém devido à baixa assertividade da mortalidade alta adotou-se o critério retirar da base de dados todos os dados de mortalidade alta que não tinham qualquer relação com ambiente térmico buscando considerar apenas a mortalidade em função do ambiente, mortalidades por outros motivos atrapalham a construção do modelo.

Foram adotados dois métodos para exclusão dos registros classificados como alta mortalidade incorretamente. Primeiramente excluíram-se todos os registros classificados com mortalidade alta, mas que não apresentavam as condições climáticas apontadas como sendo de risco por especialistas para aquele dia como: ITU máximo maior que 25°C, temperatura máxima maior que 24°C e temperatura máxima de 1 dia antes maior que 32°C. Essa abordagem resultou no modelo apresentado na Figura 30. A assertividade total desse modelo foi de 76,46% com precisão da classe MA igual a 62% e com 45,89% de estatística Kappa.

Figura 30- Árvore de decisão gerada após retirar registros com MA sem alterações climáticas.



Nesse modelo a temperatura média diária é apontada como decisiva para desencadeamento da alta mortalidade seguida da temperatura mínima e novamente aparecem nos nós mais elevados o ITU. A utilização de índices como o ITU na construção do modelo permite a utilização de mais que um atributo em um mesmo nó (tanto da temperatura quanto a umidade relativa do ar) garantindo mais efetividade no modelo criado.

Para as poedeiras, valores de referência do ITU relacionados à mortalidade não aparecem em muitos trabalhos. Barbosa Filho (2004) apresenta em seus resultados uma situação de risco para poedeira ITU entre 76 a 84, valores acima de 85 começam a ser insuportáveis. Segundo Moraes e Oliveira (2007) valores de ITU acima de 72 já expõem as

poedeiras a uma situação de desconforto térmico e inviabilizam a obtenção de bons resultados de produção.

Apesar desses valores não serem apresentados há muito tempo o investimento em melhoramento genético para aumentar a resistência das aves tem sido constantes e as poedeiras estão se tornando mais tolerantes as situações extremas a cada ciclo elevando também o ITU (LAMONT; DEKKERS; BURNSIDE, 2008).

O segundo método utilizado para exclusão dos registros foi retirar todos que apresentavam mortalidade alta e não estavam classificados como uma onda de calor por nenhum dos critérios utilizados neste trabalho para determinação de uma onda de calor, pois são mortalidades decorrentes de outros fatores não monitorados. Todavia, foram mantidas as mortalidades normais mesmo quando houve onda de calor. Este método diminuiu o número de registros classificados com MA, porém aumentou consideravelmente o percentual de assertividade do modelo. Os dados de percentuais com resultados desse modelo estão na Tabela 9.

Tabela 9 – Porcentagem de precisão dos modelos com MA sem onda de calor.

Modelo	Precisão Total	Precisão MN	Precisão MA	Kappa
ModMASO	95,5%	98,0%	71,4%	0,7237

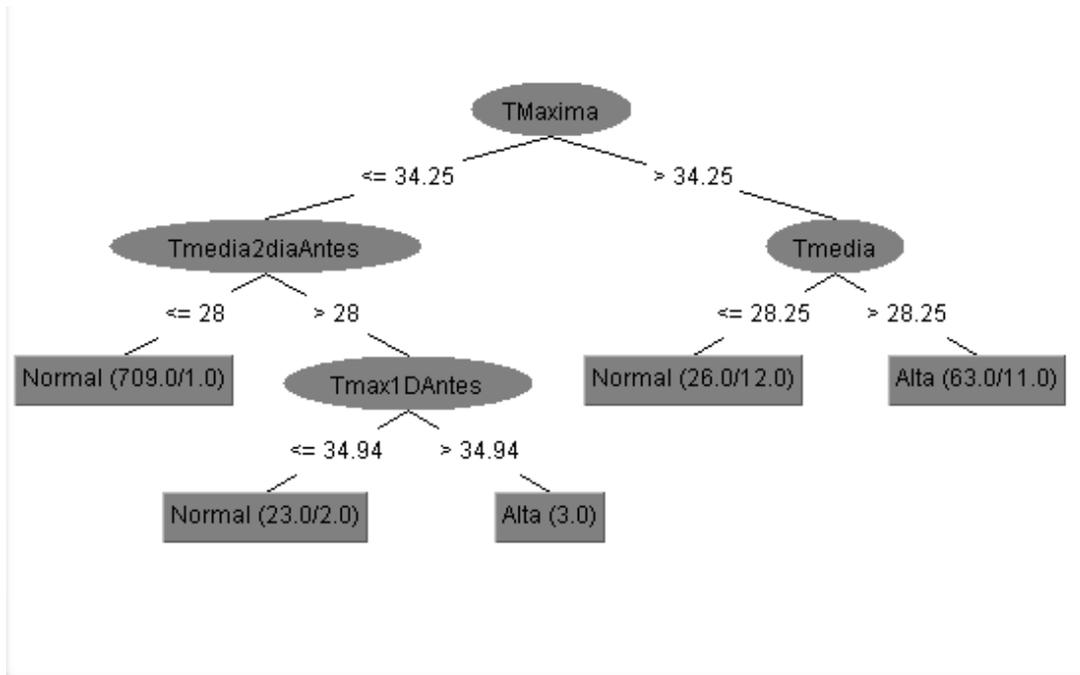
A construção da árvore de decisão a partir desse método de seleção (Figura 31) utilizou seis atributos, apresentando boa inteligibilidade e confirmando valores parecidos com os que já vinham aparecendo nos modelos anteriores.

Os critérios utilizados para apontamento de onda de calor se mostraram eficientes para determinação de ondas de calor aplicadas a poedeiras. Nos atributos apareceram temperaturas máximas e mínimas (Temperatura Média) e os valores aferidos nos dois dias anteriores. Assim como destacou Yahav et al. (1995) e Baêta e Souza (2010) além da temperatura a umidade é decisiva em trocas térmicas com o ambiente contribuindo nos processos de perda de calor latente, se tornando atributo decisivo na predição da mortalidade de poedeiras. Nas condições desse estudo a velocidade do vento mostrou-se pouco correlacionada com a MA e não apareceu em nenhum dos modelos.

Sem considerar o galpão de alojamento e a idade das aves, variáveis já apontadas nesse estudo como determinantes em períodos de estresse térmico. Nas condições deste estudo, temperatura máxima do dia anterior de 34,94° C, média de 28,25° C, máxima diária

maior que 34,25° C e média de dois dias atrás maior que 28 foram os limites desencadeadores da alta mortalidade.

Figura 31- Árvore de decisão gerada depois de retirada dos registros com MA sem que estivessem sido apontados como dia de onda de calor por nenhum dos critérios.



O modelo ModMASO gerado nessa abordagem gerou as seguintes regras para predição de alta mortalidade:

SE Temperatura Máxima > 34,25° C E (Temperatura Média > 28,25° C) ENTÃO MA (Figura 31) ou;

SE Temperatura Máxima ≤ 34,25° C E Temperatura Média de dois dias atrás > 28° C E Temperatura Máxima de um dia atrás > 34,94° C ENTÃO MA (Figura 31);

A temperatura média foi decisiva para períodos em que a máxima foi superior ou inferior 34,25° C. Temperaturas médias elevadas implicam em dias com temperaturas mínimas, normalmente noturnas, muito próximas as temperaturas máximas. A falta de temperaturas amenas noturnas agrava o problema das aves, pois não permite a amenização dos efeitos do estresse por calor gerado durante o dia, assim, acabam agravando o quadro hipertérmico levando a alta mortalidade (HAHN, 1999).

Assim como para outros animais o resfriamento noturno pode ajudar as poedeiras no equilíbrio corporal podendo ser efetivo na melhoria do bem-estar das aves (SPIERS et al., 2001; HONIG, et al., 2012).

Os resultados obtidos com o modelo ModMASO pressupõem que é possível modelar a mortalidade de galinhas poedeiras ocorridas em ondas de calor, por intermédio de dados oriundos de estações meteorológicas.

Os modelos gerados nesse estudo utilizaram dados de estação meteorológica localizada em cidade vizinha, indicando que o tipo de galpão se emparelha aos eventos climáticos ocorridos externamente a ele indicando uma forte correlação.

É possível obter previsões de forma quase precisa com até uma semana de antecedência, isto permite ao produtor realizar ações mitigadoras preventivas que minimizem a mortalidade e as consequentes perdas produtivas.

As técnicas de Mineração de Dados adotadas em bancos de dados zootécnicos e meteorológicos indicaram que é o possível descobrir novos conhecimentos gerando modelos de alta compreensividade.

4.4 Usabilidade do *software* Poecontrol.

Os bancos de dados dos produtores assim como as informações inseridas neles, com algumas exceções, se mostraram falhos em alguns aspectos, apresentando dificuldade de processamento e na sua organização.

A forma como a informação é coletada e posteriormente transcrita leva a falhas nos valores, encontra-se registros com valores faltantes, discrepantes, ou ainda não refletem o real período de ocorrência dos fatos.

A falta de normalização e estrutura das bases de dados também levam a redundâncias e divergências dificultando a extração de novos conhecimentos e novas informações.

Uma melhoria na qualidade desses bancos de dados permitiria ampliar a usabilidade de novas aplicações futuras que servem de base para sistemas de apoio à decisão.

Os resultados desse trabalho levam a crer que a Mineração de Dados, aplicadas na descoberta de conhecimento em bancos de dados meteorológicos e na produção animal, podem ser aplicadas com êxito.

O *software* Poecontrol poderia ajudar a coletar os dados de mortalidade de clima, relacioná-los e deixá-los disponíveis para se construir modelos de previsão de mortalidade para regiões, e não apenas para uma determinada granja, melhorando o processo produtivo.

A criação de uma base de dados integrada entre vários produtores poderia levar a sistemas de maior precisão preditiva. Além de permitir outros tipos de alerta, como um surto regional de alguma doença.

Essa é uma situação que requer maior reflexão dos produtores em relação a disponibilidade dos seus dados. É possível constatar que muitos não estão aptos a colaborar com esse tipo de pesquisa dificultando o acesso a suas informações.

Outro ponto a ser observado é a disponibilidade dos dados climáticos. É preciso ampliar a malha de estações meteorológicas automatizadas e facilitar o acesso a essas informações. Os dados históricos de clima são disponibilizados apenas por meio de requerimentos e os dados de previsão não são fornecidos com agilidade. Não é possível obtê-los de forma prática e estruturada sem que haja alguma intervenção manual.

4.5 Previsão da mortalidade de poedeiras com 3 dias de antecedência e implementação do *software* PoecontrolPrev.

A construção de modelos por meio da tarefa de classificação se mostrou eficiente frente à complexidade do problema enfrentado.

A complexidade das variáveis de ambiente e do clima exigiu um grande trabalho de pré-processamento e análise dos dados, apesar do trabalho ter sido mais meticuloso, esta etapa foi fundamental para o alcance de um resultado satisfatório na tarefa de mineração.

Sem os métodos de seleção de atributos apresentadas nos recursos computacionais do programa Weka®, e da limpeza dos dados por meio dos critérios apresentados e utilizados como filtro, os resultados apontam sempre para modelos complexos, de baixa precisão e ineficazes na resolução do problema.

Os modelos relevantes obtidos no final processo foram possíveis somente após a retirada dos registros onde não havia extremo de calor no dia da mortalidade alta, esta poderia então ser gerada por problemas de sanidade ou por qualquer outro motivo.

A Mineração dos Dados de mortalidade dos aviários para a previsão da mortalidade de poedeiras de 18 a 70 semanas, gerou uma árvore de decisão com precisão de classificação para o modelo ModMASO de 95,51% e precisão das classes.

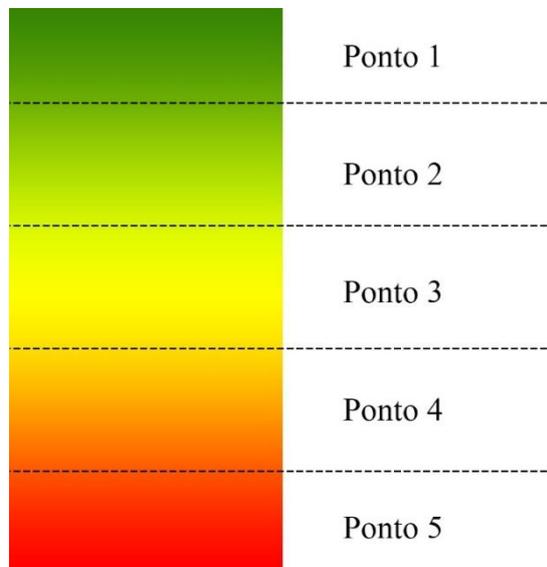
Para a predição da mortalidade com 3 dias de antecedência, o modelo ModMASO utilizou os atributos listados na Tabela 10. Foram utilizados os dados das estações meteorológicas de Tupã, SP e os respectivos valores retroativos de até 3 dias, para cada atributo.

Tabela 10 – Porcentagem de precisão dos modelos com MA sem onda de calor.

Atributo	Descrição
TMaxima	Temperatura máxima do ar
Tmax1DAntes	Temperatura máxima do ar do dia anterior
Tmax2DAntes	Temperatura máxima do ar de 2 dias anteriores
Tmax3DAntes	Temperatura máxima do ar de 3 dias anteriores
TMinima	Temperatura mínima do ar
Tmin1DAntes	Temperatura mínima do ar do dia anterior
Tmin2DAntes	Temperatura mínima do ar de 2 dias anteriores
Tmin3DAntes	Temperatura mínima do ar de 3 dias anteriores
Tmedia	Temperatura média do ar
Tmedia1diaAntes	Temperatura média do ar do dia anterior
Tmedia2diaAntes	Temperatura média do ar de 2 dias anteriores
Tmedia3diaAntes	Temperatura média do ar de 3 dias anteriores
UMmax	Umidade Relativa máxima do ar
UMmax1DAntes	Umidade Relativa máxima do ar do dia anterior
UMmax2DAntes	Umidade Relativa máxima do ar do dia de 2 dias anteriores
UMmax3DAntes	Umidade Relativa máxima do ar do dia de 3 dias anteriores
UMmin	Umidade Relativa mínima do ar
UMmin1DAntes	Umidade Relativa mínima do ar do dia anterior
UMmin2DAntes	Umidade Relativa mínima do ar de 2 dias anteriores
UMmin3DAntes	Umidade Relativa mínima do ar de 3 dias anteriores
UMmed	Umidade Relativa média do ar
ITU_med	ITU médio
ITU_min	ITU mínimo
ITU_max	ITU máximo
Classificador	Classificador da MN e MA

A implementação do modelo ModMASO para previsão de mortalidade alta em ondas de calor no *software* se deu por meio de um painel de aviso de risco mortalidade alta (Figura 32) denominado PoecontrolPrev. Por meio das previsões do clima pré-cadastradas no banco de dados, o painel expõem o risco de mortalidade de acordo com as regras do modelo. No painel a cor verde significa uma situação normal de clima para os próximos 3 dias, a cor amarela indica que o produtor deve ficar em estado de alerta pois os riscos de uma onda de calor acometer o aviário está grande e a cor vermelha indica que provavelmente o aviário passará por uma onda de calor e o risco de uma mortalidade alta é grande se nada for feito.

Figura 32- Painel de previsão.



A Figura 32 foi dividida de acordo com a assertividade do modelo somado a assertividade da previsão meteorológica fornecida. Quanto mais próxima estiver a previsão de se confirmar e o modelo estiver indicando uma possível ocorrência de onda de calor baseado nesta previsão mais próxima do Ponto 5 o painel estará.

4.6 Trabalhos futuros.

É possível observar a partir desse trabalho várias oportunidades em vários campos interdisciplinares envolvendo a zootecnia, inteligência artificial, redes neurais artificiais e meteorologia.

Melhorias nesse trabalho contribuem para o bem estar animal, produção alimentícia e otimização das rotinas financeiras administrativas. Os *softwares* propostos neste trabalho podem ser integrados aos sistemas gerenciais dos produtores, trabalhando em conjunto como os mesmo. Complementando as ferramentas de apoio as decisões fornecidas aos produtores.

Algumas Implementações no *software* Poecontrol são necessárias para que se possa refinar ainda mais os seus recursos como a implementação de um motivo aparente para as mortes, que pode ser informada juntamente com a mortalidade; o *download* automático das previsões para a base de dados do *software* sem haja intervenção manual.

O *software* PoecontrolPrev poderia contar também com a geração de gráficos e relatórios para o produtor que informaria de forma estruturada o número de aves mortas por

dia e por aviário de acordo com filtros pré-estabelecidos pelo produtor. Os gráficos disponibilizam a análise regional da temperatura e o índice da granja atual.

A metodologia desse trabalho ainda poderia ser estendida a outras áreas e aplicada em outras espécies de animais em outras formas patológicas ajudando profissionais da veterinária e bioprodução.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os critérios analisados para determinação da ocorrência de uma onda de calor a que mais se adequa a região de Bastos é a classificação do INMET utilizada em âmbito nacional.

Os dados foram analisados com auxílio de ferramentas computacionais e verificou-se a associação da mortalidade alta com a ocorrência de ondas de calor, o pico de maior mortalidade ocorre aproximadamente 3,1 dias após o primeiro dia de estresse térmico.

Além de estar associado ao aumento na mortalidade das aves o estresse térmico enfrentado pelas aves em uma onda de calor também gera outras perdas produtivas, como a redução na taxa de postura. O maior índice de decréscimo produtivo foi verificado entre o 9º e o 13º dia após o primeiro dia de onda de calor. Porém no final do ciclo produtivo a queda na produção vai se atenuando sugerindo uma possível aclimatação da ave.

Este estudo encontrou diferenças significativas tanto na mortalidade quanto na produção em aviários com diferentes tipos construção e materiais, sendo que o aviário com telhados pintados, sombrites e pé direito mais alto apresentou melhor desempenho que a arquitetura californiana padrão, confirmando que as diferentes tipologias envolvidas na construção dos aviários influenciam positivamente ou negativamente na produção.

É possível modelar a mortalidade alta de galinhas poedeiras em função de ondas de calor a uma precisão total de 95,5% a partir de atributos dos aviários e do clima. Permitindo a implementação de sistemas de alerta ao produtor por meio de previsões climáticas.

Foi possível desenvolver um *software* que ajude na coleta dos dados diretamente nos aviários evitando inconsistências nos valores e aumentando a qualidade das informações.

REFERÊNCIAS

- ABAURREA, J.; ASIN, J.; CEBRIAN, A. C.; CENTELLES, A. On the need of a changing threshold in heat wave definition. **Geophysical Research Abstract**, v. 8, Abs.: 09142, 2006.
- ABDELQADER, A.; AL-FATAFTAH, A.-R. Thermal acclimation of broiler birds by intermittent heat exposure. **Journal of Thermal Biology**, v. 39, p. 1-5, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456513001204>>. Acesso em 02 Out. 2015.
- ABIDIN, Z.; KHATOON, A. Heat stress in poultry and the beneficial effects of ascorbic acid (vitamin C) supplementation during periods of heat stress. **World's Poultry Science Journal**, v. 69, n. 01, p. 135-152, 2013.
- ABREU SEVERO, J. C.; JUNIOR, T. Y.; DOS SANTOS, S. D. N. M.; DA SILVA, J. P.; BORGES, G.; TEIXEIRA, V. H. Desenvolvimento de um software para predição do ambiente térmico no interior de galpões agropecuários. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 5, n. 2, p. 59-72, 2003.
- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; JAENISCH, F. R. F.; PAIVA, D. P. Condições térmicas ambientais e desempenho de aves criadas em aviários com e sem o uso do forro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1014-1020, 2007.
- AERTS, J. M.; WATHES, C. M.; BERCKMANS, D. Dynamic data-based modeling of heat production and growth of broiler chickens: development of an integrated management system. **Biosystems Engineering**, v. 84, n. 3, p. 257-266, 2003.
- ALBRIGHT, T. P.; PIDGEON, A. M.; RITTENHOUSE, C. D.; CLAYTON, M. K.; FLATHER, C. H.; CULBERT, P. D.; RADELOFF, V. C. Heat waves measured with MODIS land surface temperature data predict changes in avian community structure. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 1, p. 245-254, 2011.
- ALBUQUERQUE, R. Tópicos importantes na produção de poedeiras comerciais. **Avicultura Industrial**, v. 1121, n. 95, 2004.
- ALVARES, Reinaldo Viana. Mineração de Dados: Introdução e Aplicações. **Revista SQL Magazine**. Rio de Janeiro, v. 10, n. 10, p. 16-25, jun. 2004.
- AMARAL, Fernando. **Aprenda Mineração de Dados: Teoria e prática**. Vol. 1. Alta Books Editora, 2016.
- ANID, Associação Nacional Para Inclusão, 2015. Disponível em: <<http://www.anid.com.br/site/>>. Acesso em 06 Out. 2015.
- ARMSTRONG, DV_. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of dairy science**, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.
- AZOULAY, Y.; DRUYAN, S.; YADGARY, L.; HADAD, Y.; CAHANER, A. The viability and performance under hot conditions of featherless broilers versus fully feathered broilers. **Poultry science**, v. 90, n. 1, p. 19-29, 2011.

BALNAVE, W.L. Increase utilization of sensible heat loss mechanisms in high temperature, high humidity conditions. **Word's Poultry Science Journal**, v. 54, p. 69-72, 1998.

BAÊTA, Fernando da Costa; SOUZA, Cecília de Fátima. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Ed. UFV, 2010.

BARBOSA FILHO, J. A. D. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BIAGGIONI, M. A. M.; DE MATTOS, J. M.; JASPER, S. P.; TARGA, L. A. Thermal performance in layer hen house with natural acclimatization/ Desempenho térmico de aviário de postura acondicionado naturalmente. **Semina: Ciências Agrárias**, 2008.

BOBB, Jennifer F.; DOMINICI, Francesca; PENG, Roger D. A Bayesian model averaging approach for estimating the relative risk of mortality associated with heat waves in 105 US cities. **Biometrics**, v. 67, n. 4, p. 1605-1616, 2011.

BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.33, n. 5, p. 975-981, set-out. 2003.

BOUDREAU, Tim; TULACH, Jaroslav; WIELENGA, Geertjan. **Rich client programming: plugging into the netbeans™ platform**. Prentice Hall Press, 2007.

BREIMAN, L. Bagging predictors. **Machine Learning**, v. 26, p. 123-140, 1996.

BRITANICA, A. **Data Mining**, 2015. Disponível em: < <http://academic-eb-britannica.ez87.periodicos.capes.gov.br/EBchecked/topic/1056150/data-mining>>. Acesso em 06 Out. 2015.

CALADO, R., NOGUEIRA, P. J., CATARINO, J., PAIXÃO, E. D. J., BOTELHO, J. A. I. M. E., CARREIRA, M. Á. R. I. O., FALCÃO, J. M. A onda de calor de Agosto de 2003 e os seus efeitos sobre a mortalidade da população portuguesa. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, v. 22, n. 2, p. 7-20, 2004.

CASTILHO, V. A. R.; GARCIA, R. G.; LIMA, N. D. S.; NUNES, K. C.; CALDARA, F. R.; NÄÄS, I. A.; BARRETO B.; JACOB, F. G. Bem-estar de galinhas poedeiras em diferentes densidades de alojamento/welfare of laying hens in different densities of housing. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 2, p. 122-131, 2015.

CHAPMAN, P.; CLINTON, J.; KERBER, R.; KHABAZA, T.; REINARTZ, T.; SHEARER, C. CRISP-DM 1.0 Step-by-step data mining guide.2000.

CIIAGRO, BR. Centro integrado de informações agrometeorológicas: **Glossário**. Disponível em:< <http://www.ciiagro.sp.gov.br/>>. Acesso em 19 Out. 2015.

CLAYBOURNE, A. **100 coisas mais perigosas do planeta: O que fazer se uma delas acontecer com você**. 1. ed. São Paulo: Zastras, 2009.

- COMPEAN, L. G.; ORTIZ, M. I.; UGALDE, J. R.; GARCIA, J. S.; DE LA ROSA, B. O.; ZAMORA-BUSTILLOS, R.; REYES RAMIREZ A.; MAGANA-SEVILLA, H. Escherichia coli Vaccine and Laying Hens Mortality After A Heat Stress Challenge in Tropical Climate. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 10, n. 1, p. 96-99, 2011.
- CORDEIRO, A. F. D. S.; BARACHO, M. D. S.; NÄÄS, I. D. A.; NASCIMENTO, G. R. D. Using data mining to identify factors that influence the degree of leg injuries in broilers. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 4, p. 642-649, 2012.
- COSTA, E.M.S.; DOURADO, L.R.B.; MERVAL, R.R. Medidas para avaliar o conforto térmico em aves. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 31, Ed. 218, Art. 1452, 2012.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, v. 14, n. 1, p. 01, 2009.
- DE PAULI, D. G.; SILVA, J. N.; VIGODERIS, R. B.; TINOCO, I. F. F.; DE IORIO, V. O.;; GALVARRO, S. F. S. Desenvolvimento de um software para o dimensionamento de sistemas de ventilação e resfriamento evaporativo em instalações avícolas climatizadas. **Revista Engenharia na Agricultura**, p. 167-179, 2008.
- DE TROYER, O. M. F.; LEUNE, C. J..WSDM: a user centered design method for Web sites. **Computer Networks and ISDN systems**, v. 30, n. 1, p. 85-94, 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169755298000427>>. Acesso em 02 Out. 2015.
- DENG, W.; DONG, X. F.; TONG, J. M.; ZHANG, Q. The probiotic *Bacillus licheniformis* ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 91, p. 575-582, 2012.
- DOLE, R., HOERLING, M., PERLWITZ, J., EISCHEID, J., PEGION, P., ZHANG, T., QUAN X.W., XU T., MURRAY, D. Was there a basis for anticipating the 2010 Russian heat wave?. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 6, 2011.
- FERNANDEZ, G. L.; FLORES-CERDA, R. Individual and Organizational Factors Associated with the Adoption and Use of Computers in Mexican Agribusiness. In: **Proceedings of 7th International Conference Computers in Agriculture**. 1998.
- FERREIRA, P. B., DO VALE, M. M., MACEDO, A., BOEMO, L. S., RORATO, P. R. N., BECK, T. B. Classificação de características produtivas fenotípicas de diferentes raças de poedeiras através da mineração de dados. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, p. 164-171, 2013.
- FERREIRA, R. A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa: **Aprenda Fácil**, 2005. 371p.
- FIALHO, F. B. Sistemas de apoio à decisão na produção de suínos e aves. In: XXXVI reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. 36. 1999. Porto Alegre-RS. **Anais**.

FIRPO, M. A. F.; SANSIGOLO, Clóvis Angeli; ASSIS, S.V de. Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no Rio Grande do Sul associadas ao enos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 1, p. 95-106, 2012.

FLEMING, Robert H. Nutritional factors affecting poultry bone health. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 67, n. 02, p. 177-183, 2008.

FREITAS, Alex. **Data Mining and Knowledge Discovery with Evolutionary Algorithms**. Berlin: Springer Verlag, 2002.

FRICH, P.; ALEXANDER, L. V.; DELLA-MARTA, P.; GLEASON, B.; HAYLOCK, M.; TANK, A. K.; PETERSON, T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. **Climate Research**, v. 19, n. 3, p. 193-212, 2002.

FROST, A. R.; SCHOFIELD, C. P.; BEAULAH, S. A.; MOTTRAM, J. A.; LINES, J. A. WATHES, C. M. A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 17, p. 139-159, 1997.

GABRIEL, J. E., FERRO, J. A., STEFANI, R. M. P., FERRO, M. I. T., GOMES, S. L., & MACARI, M. Effect of acute heat stress on heat shock protein 70 messenger RNA and on heat shock protein expression in the liver of broilers. **British poultry science**, v. 37, n. 2, p. 443-449, 1996.

GARCIA, A. B.; MADSEN, A. L.; VIGRE, H. Integration of epidemiological evidence in a decision support model for the control of *Campylobacter* in poultry production. **Agriculture**, v. 3, n. 3, p. 516-535, 2013.

GENDEBIEN, S.; BERTAGNOLIO, S.; LEMORT, V. Investigation on a ventilation heat recovery exchanger: Modeling and experimental validation in dry and partially wet conditions. **Energy and buildings**, v. 62, p. 176-189, 2013.

GIASSON, E., HARTEMINK, A. E., TORNQUIST, C. G., TESKE, R., BAGATINI, T. Avaliação de cinco algoritmos de árvores de decisão e três tipos de modelos digitais de elevação para mapeamento digital de solos a nível semi detalhado na Bacia do Lageado Grande, RS, Brasil. **Ciência rural**. Santa Maria. Vol. 43, n. 11 (nov. 2013), p. 1967-1973.

GIBBS, C.; GRETZEL, U. Drivers of responsive website design innovation by destination marketing organizations. In: *Information and Communication Technologies in Tourism 2015*. **Springer International Publishing**, 2015. p. 581-592.

GOUS, R. M. Nutritional limitations on growth and development in poultry. **Livestock Science**, v. 130, n. 1, p. 25-32, 2010.

GUIMARÃES, M. C. D. C.; FURTADO, D. A.; DO NASCIMENTO, J. W.; TOTA, L. D. C.; SILVA, C. M. D.; LOPES, K. B. D. P.. Efeito da estação do ano sobre o desempenho produtivo de codornas no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 231-237, 2014.

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

Hahn, G. L. et al. Management and housing of farm animals in hot environments. **Stress physiology in livestock. Volume II. Ungulates.**, p. 151-174, 1985.

HAN, J.; KAMBER, M. **Data mining**: concepts and techniques. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2nd Edition, 2006, 770 p.

HANSEN, K. K., KITTOK, R. J., SARATH, G., TOOMBS, C. F., CACERES, N., BECK, M. M. (2003). Estrogen receptor-alpha populations change with age in commercial laying hens. **Poultry science**, v. 82, n. 10, p. 1624-1629, 2003.

HONIG, H., MIRON, J., LEHRER, H., JACKOBY, S., ZACHUT, M., ZINOUE, A., MOALLEM, U. Performance and welfare of high-yielding dairy cows subjected to 5 or 8 cooling sessions daily under hot and humid climate. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 7, p. 3736-3742, 2012.

HOROWITZ, Michal. Heat acclimation: phenotypic plasticity and cues to the underlying molecular mechanisms. **Journal of Thermal Biology**, v. 26, n. 4, p. 357-363, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=26>. Acesso em 06 Out. 2015.

IEA. Instituto de Economia Agrícola, 2015. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1>. Acesso em 06 Out. 2015.

INMET, BR. Instituto Nacional de Meteorologia: **Glossário**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/informacoes/glossario/glossario.html>>. Acesso em 04 Out. 2015.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: **El Niño**. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/el_nino/pt>. Acesso em 05 Mai. 2016.

INTERAVES. Produção e comercialização de poedeiras comerciais. **Programação de produção Hisex White**, Cascavel-PR, 2016.

JÁCOME, I. M. T. D. **Diferentes sistemas de iluminação artificial usados no alojamento de poedeiras leves**. 2009. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

JÁCOME, I. M.; FURTADO, D. A.; LEAL, A. F.; SILVA, J. H.; MOURA, J. F. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 527-531, set./out. 2007.

JAIN, Ankita; KANHANGAD, Vivek. Exploring orientation and accelerometer sensor data for personal authentication in smartphones using touchscreen gestures. **Pattern Recognition Letters**, v. 68, p. 351-360, 2015.

JULIAN, R. J. Production and growth related disorders and other metabolic diseases of poultry – a review. **The Veterinary Journal**. 2005. v. 169, n.3, p. 350-369.

KAMANLI, S.; DURMUŞ, I.; YALÇIN, S.; YILDIRIM, U.; MERAL, Ö. Effect of prenatal temperature conditioning of laying hen embryos: Hatching, live performance and response to heat and cold stress during laying period. **Journal of thermal biology**, v. 51, p. 96-104, 2015.

KODAIRA, Vanessa. **Avaliação de sistema de climatização em Poedeiras comerciais**. 2015. 97 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/126407>>. Acesso em 06 Out. 2015.

LAMONT, S. J., DEKKERS, J. C., BURNSIDE, J. Immunogenetics and mapping immunological functions. **Avian Immunology**, 223, 2008.

LEE, E. J., LEE, J. P., SIM, H. M., & KIM, N. H. Modeling and verification of heat and moisture transfer in an enthalpy exchanger made of paper membrane. **International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration**, v. 20, n. 03, p. 1250015, 2012.

LEH, M.; BAJWA, S.; CHAUBEY, I. Impact of land use change on erosion risk: an integrated remote sensing, geographic information system and modeling methodology. **Land Degradation & Development**, v. 24, n. 5, p. 409-421, 2013.

LIAO, S.H. Knowledge management technologies and applications – literature review from 1995 to 2002. **Expert Systems with Applications**, v. 25, p. 155-164, 2003.

LIMA, K. A., MOURA, D. J., NÄÄS, I. A., PERISSINOTO, M. Estudo da influência de ondas de calor sobre a produção de leite no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas/Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 1, n. 1, p. 70-81, 2009.

LIMA, M. G. F.; RODRIGUES, L. H. A. Árvore de decisão aplicada em dados de incubação de matrizes de postura Hy-Line w36. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 1550-1556, 2010.

LOPES, S. P. **Estudo de galpões para a criação de frangos de corte, do ponto de vista higrotérmico, nas condições climáticas brasileiras**. 1986. 155f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986.

LOURENÇONI, D., JUNIOR, T. Y., CAMPOS, A. T., OLIVEIRA, D. D., DE LIMA, R. R. Ambiente acústico e aéreo em galpão comercial para poedeiras Dekalb Brown cercados por tela PEAD. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 19, n. 9, p. 882-886, 2015.

MA, W.; ZENG, W.; ZHOU, M.; WANG, L.; RUTHERFORD, S.; LIN, H.; CHU, C. **The short-term effect of heat waves on mortality and its modifiers in China: An analysis from 66 communities**. *Environment international*, v. 75, p. 103-109, 2015.

MA, X., LIN, Y., ZHANG, H., CHEN, W., WANG, S., RUAN, D., JIANG, Z. Heat stress impairs the nutritional metabolism and reduces the productivity of egg-laying ducks. **Animal reproduction science**, v. 145, n. 3, p. 182-190, 2014.

- MACARI, M.; FURLAN, R. L.; SILVA, I. J. O. **Ambiência na produção de aves em clima tropical. *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, v. 1, p. 31-87, 2001.**
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal : FUNEP/UNESP. 246p, 1994.**
- MACK, L. A.; FELVER-GANT, J. N.; DENNIS, R. L.; CHENG, H. W. **Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in two strains of laying hens. *Poultry Science*, Champaign, v. 92, p.285-294, 2013.**
- MAHMOUD, K. Z.; YASEEN, A. M. **Effect of feed withdrawal and heat acclimatization on stress responses of male broiler and layer-type chickens (*Gallus gallus domesticus*). *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 18, n. 10, p. 1445, 2005.**
- MARGOTTO, Paulo R. **Curva ROC como fazer e interpretar no SPSS. *Escola Superior de Ciências da Saúde, Distrito Federal*, 2010.**
- MARIANO, J., HERNANDEZ, F., MOREIRA, G., TEIXEIRA, A. D. C. **Modelagem de banco de dados para o monitoramento agroclimático da região do noroeste paulista, sp1. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM,. 20., 2010, Uberaba. Oportunidades e desafios para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil e no mundo. Uberaba: ABID, 2010, 2010.**
- MASHALY, M. M., HENDRICKS, G. L., KALAMA, M. A., GEHAD, A. E., ABBAS, A. O., PATTERSON, P. H. **Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poultry Science*, v. 83, n. 6, p. 889-894, 2004**
- MATHER, F. B.; BARNAS, G. M.; BURGER, R. E. **The influence of alkalosis on panting. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, v. 67, n. 2, p. 265-268, 1980. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030096298090273X>>. Acesso em 06 Out. 2015.**
- MATZARAKIS, A.; NASTOS, P. T. **Human-biometeorological assessment of heat waves in Athens. *Theoretical and applied climatology*, v. 105, n. 1-2, p. 99-106, 2011.**
- MELLO, M.; 2014. **O Modelo Entidade-Relacionamento (MER).** Disponível em: <<http://www.las.pucpr.br/mcfmello/BD/BD-Aula02-MER.pdf>>. Acesso em: 01 Jun. 2014.
- MIGNON-GRASTEAU, S., MORERI, U., NARCY, A., ROUSSEAU, X., RODENBURG, T. B., TIXIER-BOICHARD, M., & ZERJAL, T. **Robustness to chronic heat stress in laying hens: a meta-analysis. *Poultry science*, v. 94, n. 4, p. 586-600, 2015.**
- MOI, M., NÄÄS, I. D. A., CALDARA, F. R., PAZ, I. C. D. L., GARCIA, R. G., CORDEIRO, A. F. **Vocalization data mining for estimating swine stress conditions. *Engenharia Agrícola*, v. 34, n. 3, p. 445-450, 2014.**

MORAES, S.R.P., OLIVEIRA, A.L.R. Classificação das faixas do índice de temperatura e umidade (ITU), aptidão da região e condições de conforto para frangos de corte e poedeiras, no Brasil. In: **Anais do XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Aracaju: CBAGRO, 2007.

MORENG, R. E; AVENS, . **Ciência e produção de aves**. Livraria Roca, 1990.

MOURA, D. J. Ambiência na produção de aves de corte. In: SILVA, I. J. O. (Ed.) **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba – SP, v.2. 2001. p. 75-149.

MYSQL,2015. O que é e como usar o MySQL? Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/04/o-que-e-e-como-usar-o-mysql.html/>>. Acesso em 06 Out. 2015.

NÄÄS, I. A.; MIRAGLIOTTA, M. Y.; ARADAS, M.E.C.; SILVA I.J.O.; BARACHO M.S. Controle e sistematização em ambientes de produção. In: DA SILVA, I. J. O. (Ed.) **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba – SP, Vol.1. 2001. p. 165-200.

NAM, Sang-Hoon; HAN, Hwataik. Computational modeling and experimental validation of heat recovery ventilator under partially wet conditions. **Applied Thermal Engineering**, v. 95, p. 229-235, 2016.

NASCIMENTO, G. R. D., PEREIRA, D. F., NÄÄS, I. D. A., RODRIGUES, L. H. Índice fuzzy de conforto térmico para frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, p. 219-229, 2011.

NIEDERAUER. **Desenvolvendo Websites com PHP**. Disponível em: <<http://www.novatec.net.br/livros/php2ed/capitulo9788575222348.pdf>>. Acesso em 06 Out. 2015.

NIENABER, J. A.; HAHN, G. L. Engineering and management practices to ameliorate livestock heat stress. In: **Proceedings, International Symposium of The CIGR. New Trends In Farm Buildings, Lecture**. 2004. p. 1-18.

NORTE, FEDERICO AUGUSTO et al. Análisis de una Ola de Calor Extrema em la Región Subtropical de América del Sur. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 373-386, 2007.

OLIVEIRA, D. L., DO NASCIMENTO, J. W., CAMERINI, N. L., SILVA, R. C., FURTADO, D. A., ARAUJO, T. G. Desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 1186-1191, 2014.

OMM, **Guia de Practicas Climatologicas**, Traducción de la 2a Ed de la versión original inglesa(1983), OMM-No 100, 1990

PATIL, Tina R.; SHEREKAR, S. S. Performance analysis of Naive Bayes and J48 classification algorithm for data classification. **International Journal of Computer Science and Applications**, v. 6, n. 2, p. 256-261, 2013.

- PAVAN, A. C., GARCIA, E. A., MÓRI, C., PIZZOLANTE, C. C., PICCININ, A. **Efeito da densidade na gaiola sobre o desempenho de poedeiras comerciais nas fases de cria, recria e produção.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, n. 4, p. 1320-1328, 2005.
- PAWAR, S. S., SAJJANAR, B., LONKAR, V. D., NITIN, K. P., KADAM, A. S., NIRMAL, A. V., BAL, S. K. Assessing and mitigating the impact of heat stress in poultry. **Adv. Anim. Vet. Sci**, v. 4, n. 6, p. 332-341, 2016.
- PENZ JR., A. M. Você acredita em modelos? **Ave News: Boletim Técnico Para Funcionários e Clientes da Nutron Alimentos**. N. 11, p. 1-2, 2002.
- PEREIRA, D. F., BATISTA, E. D. S., SANCHES, F. T., GABRIEL FILHO, L. R. A., & BUENO, L. G. D. F.. **Comportamento de poedeiras criadas a diferentes densidades e tamanhos de grupo em ambiente enriquecido.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 48, n. 6, p. 682-688, 2013.
- PEREIRA, D. F., DO VALE, M. M., ZEVOLLI, B. R., & SALGADO, D. D. Estimating mortality in laying hens as the environment al temperature increases. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 12, n. 4, p. 265-271, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-635X2010000400008&script=sci_arttext>. Acesso em 06 Out. 2015.
- PHYU, Thair Nu. Survey of classification techniques in data mining. In: **Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists**. 2009. p. 18-20.
- PIESTUN, Y., DRUYAN, S., BRAKE, J., YAHAV, S., 2013. Thermal manipulations during broiler incubation alter performance of broilers to 70 days of age. **Poultry science**, v. 92, n. 5, p. 1155-1163, 2013.
- PIMENTEL, J. L.; COOK, M. E. Suppressed humoral immunity in chicks fed diets deficient in sodium, chloride, or both sodium and chloride. **Poultry science**, v. 66, n. 12, p. 2005-2010, 1987.
- POLITI, Jacques. **Implementação de uma Metodologia para Mineração de Dados Aplicada ao Estudo de Núcleos Convectivos**. Dissertação de Mestrado, INPE. São Jose dos Campos - SP 2006.
- PRATI, R. C.; BATISTA, G.E.A.P.A.; MONARD, M. C. Curvas ROC para avaliação de classificadores. **Revista IEEE América Latina**, v. 6, n. 2, p. 215-222, 2008.
- PRETTO, Samuel José. Coleta de dados com dispositivos móveis: um estudo de caso aplicado à produção avícola. 2014.
- PUTLER, Daniel S.; ZILBERMAN, David. Computer use in agriculture: evidence from Tulare County, California. **American Journal of Agricultural Economics**, p. 790-802, 1988.
- QUINLAN, J. R. **C4. 5: programs for machine learning**. San Diego, California: Elsevier, 2014.

QUINLAN, J.R. Improved use of continuous attributes in C4.5. **Journal of Artificial Intelligence Research**, v. 4, p. 77-90, 1996.

RENAUDEAU, D., COLLIN, A., YAHAV, S., DE BASILIO, V., GOURDINE, J. L., COLLIER, R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, v. 6, n. 05, p. 707-728, 2012.

REZENDE, S. O.; PUGLIESI, J. B.; MELANDA, E. A.; DE PAULA, M. F. Mineração de Dados. In: REZENDE, S. O. **Sistemas Inteligentes: fundamentos e aplicações**. São Paulo. Ed. Manole. 2005. p. 307-336. 2005.

ROBINSON, P. J. On the definition of a heat wave. **Journal of Applied Meteorology**, v. 40, n. 4, p. 762-775, 2001.

ROSSATO, P. S.; SARTORI, MGB; MISSIO, L. R. As ondas de calor na região central do RS entre os meses de maio a outubro. **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, v. 10, 2003.

SALGADO, Douglas D.; NÄÄS, Irenilza de A. Avaliação de risco à produção de frango de corte do estado de São Paulo em função da temperatura ambiente. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 3, p. 367-376, 2010.

SANTOS, G. B., DE SOUSA, I. F., BRITO, C. O., DE SILVA SANTOS, V., DE JESUS BARBOSA, R., SOARES, C. Estudo bioclimático das regiões litorânea, agreste e semiárida do estado de Sergipe para a avicultura de corte e postura. **Ciência Rural**, v. 44, n. 1, p. 123-128, 2014.

SARTOR, V.; BAETA, F. C.; ORLANDO, R.C.; LUZ, M.L.; TINOCO, I.F.F. Efeito de sistemas de resfriamento evaporativo em instalações para frangos de corte. **Engenharia agrícola, Jaboticabal**, v. 20, n.2, p. 87-97, 2000.

SILVA, G. F.; PEREIRA, D. F.; BUENO, L. G. F.; SANTOS, T. S.; TAVARES, B. O. Performance of laying hens and economic viability of different climatization systems. **Italian Journal of Animal Science**, Parma, v. 12, n. 47, p. 286-294, 2013.

SILVA, I. J. O.; MIRANDA, K. O. S. Impactos do bem-estar na produção de ovos. Thesis, São Paulo, v. 6, n. 11, p. 89-115, 2009. Disponível em: <<http://www.nupea.esalq.usp.br/imgs/publicacoes/6.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

SILVA, I. J. O.; SEVEGNANI, K. B. Ambiência e instalações n avicultura de postura. In: DA SILVA, I. J. O. (Ed.) **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba – SP, 2001. p. 150-204.

SILVA, R. G. Avicultura de precisão. In: DA SILVA, I. J. O. (Ed.) **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba – SP, Vol.1. p. 88-124, 2001a.

SILVA, R. G. Trocas térmicas em aves. In: DA SILVA, I. J. O. (Ed.) **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba – SP, p. 31-87, 2001b.

SILVEIRA, D.C.; BONETTI L. P.; ROSSLER G. P. Efeito das ondas de calor na agricultura–safra 2013/2014. **Revista gestão e desenvolvimento em contexto**, v. 2, n. 2, p. 116-132, 2015.

SOUNDARYA, M.; BALAKRISHNAN, R. Survey on Classification Techniques in Data mining. **International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering**, v. 3, n. 7, 2014.

SOUSA JÚNIOR, F. N. **Bicarbonato de sódio associado ao cloreto de amônio em rações para frangos de corte sob condições naturais de estresse calórico**. Ano 2006. 101 folhas. Dissertação (mestre em ciência animal, área de concentração: nutrição e produção animal de interesse econômico) – Universidade Federal do Piauí, 2006.

SOUZA, P. Avicultura e clima quente: como administrar o bem-estar às aves? **Avicultura Industrial**, Porto Feliz, ano 96, n.4, p.52-58, edição 1133, 2005.

SPIERS, D.E.; SPAIN, J.N.; LEONARD, M.J.; LUCY, M.C. Effect of cooling strategy and night temperature on dairy cow performance during heat stress. **In: proceedings of asae Livestock environment**, VI, 2001. Kentucky, 2001. pp. 45-55, 2001.

STULL, Roland. Wet-bulb temperature from relative humidity and air temperature. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 50, n. 11, p. 2267-2269, 2011.

SUAREZ, S. A.; SUAREZ, A. M. The impact of mobile phone apps in the agricultural production. **DAAAM International Scientific Book**, 2013.

TAO, X., ZHANG, Z. Y., DONG, H., ZHANG, H., XIN, H. Responses of thyroid hormones of market-size broilers to thermoneutral constant and warm cyclic temperatures. **Poultry science**, v. 85, n. 9, p. 1520-1528, 2006.

TEBALDI, C. K.; ARBLASTER, J. M.; MEEHL, G. A. Going to the extremes. **Climatic change**, v. 79, n. 3-4, p. 185-211, 2006.

TEETER, R. G.; SMITH, M. O.; OWENS, F. N.; ARP, S. C.; SANGIAH, S.; BREAZILE, E. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: Occurrence and treatment in broiler chicks. **Poultry Science**, v. 64, n. 6, p. 1060-1064, 1985.

THOM, E. C. The Discomfort Index. **Weatherwise**, v.12, n.2, p.57-61, 1959.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros: **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, p.1-26, 2001.

TINÔCO, I. F.F.; FIGUEIREDO, J. L. A.; SANTOS, R. C.; SILVA, J. D.; PUGLIESI, N. L. Placas porosas utilizadas em sistemas de resfriamento evaporativo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 12, n. 1, p. 17-23, 2004.

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

TONA, K.; ONAGBESAN, O.; BRUGGEMAN, V.; COLLIN, A.; BERRI, C.; DUCLOS, M. J.; TESSERAUD, S.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E.; YAHAV, S., 2008. Effects of heat conditioning at d 16 to 18 of incubation or during early broiler rearing on embryo physiology, posthatch growth performance and heat tolerance. **Archiv für Geflügelkunde**, v. 72, n. 2, p. 75-83, 2008.

VALE, M. M.; MOURA, D. J. D.; NÄÄS, I. D. A.; OLIVEIRA, S. R. D. M.; RODRIGUES, L. H. A. **Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave**. *Scientia Agricola*, v. 65, n. 3, p. 223-229, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010390162008000300001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 01 Out. 2015.

VANDERHASSELT, R. F., BUIJS, S., SPRENGER, M., GOETHALS, K., WILLEMSSEN, H., DUCHATEAU, L., TUYTTENS, F. A. M. Dehydration indicators for broiler chickens at slaughter. **Poultry science**, v. 92, n. 3, p. 612-619, 2013.

VERCESE, F.; GARCIA, E. A.; SARTORI, J. R.; PONTES SILVA, A. DE P.; FAITARONE, A. B. G.; BERTO, D. A.; MOLINO, A. DE B.; PELÍCIA, K. Performance and egg quality of japanese quails submitted to cyclic heat stress. **Brazilian Journal of Poultry Science**. v.14, p.37-41, 2012

VITORASSO, G.; PEREIRA, D. F. Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 788-794, 2009.

WANG, S. H., CHENG, C. Y., CHEN, C. J., CHEN, H. H., TANG, P. C., CHEN, C. F.; HUANG, S. Y. Changes in protein expression in testes of L2 strain Taiwan country chickens in response to acute heat stress. **Theriogenology**, v. 82, n. 1, p. 80-94, 2014.

WARREN, M. F. E-farming or e-folly? Adoption of internet technology by farmers in England. **Newton Abbot, Devon, UK University of Plymouth**. Retrieved November, v. 3, p. 2004, 2000.whoweare/Pages/whoweare.aspx>. Acesso em: 25 Out. 2015.

WIRTH, Rüdiger; HIPPE, Jochen. CRISP-DM: Towards a standard process model for data mining. In: **Proceedings of the 4th international conference on the practical applications of knowledge discovery and data mining**. 2000. p. 29-39.

WITTEN, I. H.; FRANK, E.; HALL, M. Data mining: Practical machine learning tools and techniques. **Kaufmann, Burlington**, 2011.

WITTEN, I. H.; FRANK, E. **Data mining**: practical machine learning tools and techniques. 2nd ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2005, 525 p.

WMO, World Meteorological Organization. **L'OMM confirme: 2015 est l'année la plus chaude jamais enregistrée**. Disponível em:<<http://public.wmo.int/fr/medias/communiqu%C3%A9s-de-presse/1%E2%80%99omm-confirme-2015-est-lann%C3%A9-la-plus-chaude-jamais-enregistr%C3%A9>>. Acesso em 02 Ago. 2016.

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

ZENG, W., LAO, X., RUTHERFORD, S., XU, Y., XU, X., LIN, H., CHU, C. The effect of heat waves on mortality and effect modifiers in four communities of Guangdong Province, China. **Science of the Total Environment**, v. 482, p. 214-221, 2014.

ZHAO, Y.; XIN, H.; SHEPHERD, T. A.; HAYES, M. D.; STINN, J. P. **Modelling ventilation rate, balance temperature and supplemental heat need in alternative vs. conventional laying-hen housing systems**. *Biosystems Engineering*, v. 115, n. 3, p. 311-323, 2013. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511013000512>>. Acesso em 01 Out. 2015.

ZUO, J.; PULLEN; S., PALMER; J.; BENNETTS, H.; CHILESHE, N.; MA, T. Impacts of heat waves and corresponding measures: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 92, p. 1-12, 2015. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614013754>>. Acesso em 02 Out. 2015.