

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

**ESTIMAÇÃO DAS PERDAS PRODUTIVAS EM  
FRANGOS DE CORTE DEVIDO AO ESTRESSE POR  
CALOR**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**João Paulo Aquino Santos**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

# **ESTIMAÇÃO DAS PERDAS PRODUTIVAS EM FRANGOS DE CORTE DEVIDO AO ESTRESSE POR CALOR**

**João Paulo Aquino Santos**

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

**Orientador: Prof. Dr. Marcos Martinez do Vale**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

Aquino Santos, João Paulo

ESTIMAÇÃO DAS PERDAS PRODUTIVAS EM FRANGOS DE CORTE DEVIDO AO ESTRESSE POR CALOR / João Paulo Aquino Santos.- 2014.

43 f.; 30cm

Orientador: Marcos Martinez do Vale

Coorientadores: Irineo Zanella, Paulo Santana Pacheco

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, RS, 2014

1. Frangos de corte 2. Perdas produtivas 3. Mineração de dados 4. Weka® I. Martinez do Vale, Marcos II. Zanella, Irineo III. Santana Pacheco, Paulo IV. Título.

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

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

**ESTIMAÇÃO DAS PERDAS PRODUTIVAS EM FRANGOS DE CORTE  
DEVIDO AO ESTRESSE POR CALOR**

Elaborada por  
**João Paulo Aquino Santos**

Como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Zootecnia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

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

**Luciana Potter, Dra. (UFSM)**

**Daniella Jorge de Moura, Dra. (FEAGRI/UNICAMP)**

Santa Maria, 25 de fevereiro de 2014.

## **DEDICATÓRIA**

A Ana e a Maria Luiza, por serem a razão de tudo.

Aos meus pais João Pedro e Elmira Eloiza por todos os ensinamentos na faculdade da vida.  
Aos meus tios Paulo e Bolívar (in memoriam) pelo amor e principalmente pelos exemplos de  
homem que foram a mim.

A todos os mestres da vida, do espírito e dos livros, por cada ensinamento recebido.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida e por cada porta aberta na estrada da vida.

Ao meu pai João Pedro, por ser o maior dos mestres, me ensinando valores que não se aprende em bancos de faculdade.

A minha mãe Elmira, pelo amor incondicional e por cada oração nos momentos difíceis, pelos ensinamentos e pelo orgulho de ser seu filho.

A Ana pelo companheirismo de uma esposa, colega, amiga sem igual.

A minha filha Maria Luiza, por ter se tornado a razão de cada letra deste trabalho.

Aos meus tios, tias, primos e primas, avós e avós (in memoriam) pelo amor e carinho.

A minha sogra Ivone, aos meus cunhados e cunhadas, meus sobrinhos e afilhados pelo amor e pelas boas energias que me transmitem.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao PPGZ/UFSM, por me acolher nestes anos, pelo prazer de me permitir carregar seu nome em meu diploma.

Ao professor Marcos Martines do Vale, pela orientação, amizade e compreensão.

Aos amigos do Laboratório de Avicultura, pelos anos de convivência, pelas ajudas, pelos sorrisos.

Aos amigos e colegas de profissão: Mauricio, Paola e Diully, por toda a ajuda e coleguismo.

Aos professores do Departamento de Zootecnia: Paulo Pacheco, Irineo Zanella, Leonir Pascoal, Luciana Potter, Geni Toledo, por toda a ajuda técnica e por todas as palavras de incentivo, saibam que toda a vez que diziam que existia a possibilidade de dar certo eu acreditava.

A Capes pelo auxílio e custeio através da bolsa de mestrado e por acreditar no meu trabalho.

A dona Olirta, secretária do PPGZ/UFSM, e ao professor Rorato, por ajudarem em todas as situações e pelos mates bem cevados que tomei.

## EPÍGRAFE

*Cada dia que amanhece assemelha-se a uma página em branco, na qual gravamos os nossos pensamentos, ações e atitudes. Na essência, cada dia é a preparação de nosso próprio amanhã.*

*(Psicografia de Francisco C. Xavier.  
Livro: Indicações Do Caminho)*

## **RESUMO**

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

### **ESTIMAÇÃO DAS PERDAS PRODUTIVAS EM FRANGOS DE CORTE DEVIDO AO ESTRESSE POR CALOR**

AUTOR: João Paulo Aquino Santos  
ORIENTADOR: Marcos Martinez do Vale

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 25 de fevereiro de 2014

O controle da ambiência de galpões para a produção de frangos de corte pode trazer melhores resultados de desempenho devido à redução das perdas produtivas decorrentes do calor, sendo que as variações nos eventos climáticos podem alterar significativamente a viabilidade do sistema produtivo. O objetivo deste trabalho foi estimar as perdas produtivas relacionadas ao calor no sistema de produção de frangos de corte. Este trabalho foi realizado através de uma meta-análise onde foram utilizados 52 trabalhos relacionados com estresse por calor em frangos de corte com idade de 1 a 42 dias. Os dados foram processados segundo o método da meta-análise e explorados pela técnica de Mineração de Dados para a obtenção de modelos decisórios que auxiliem na determinação e quantificação das perdas produtivas em frangos de corte. Os resultados demonstram que por intermédio das variáveis climáticas temperatura de bulbo úmido, a temperatura do bulbo seco em graus Celsius e o índice de temperatura e umidade (ITU) é possível estimar a perda de desempenho dos frangos de corte influenciando os ganhos de peso baixos e conversões alimentares piores, sendo valores de 32° C da temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar acima de 40%, temperatura de bulbo úmido acima de 25,51 ou 25,77° C e ITU de 23,29° C como condições limite para a ocorrência de perdas produtivas potenciais de até 30,99% para a conversão alimentar, 36,54% no ganho de peso e 52,04% no ganho de peso médio diário.

Palavras chave: Frangos de corte. Meta-análise. Mineração de dados. Perdas produtivas. Weka®.



## **ABSTRACT**

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

### **PET LOSS IN BROILER PRODUCTION DUE TO HEAT STRESS**

**AUTHOR:** João Paulo Santos Aquino

**ADVISOR:** Marcos Martinez do Vale

Place and Date of Defense: Santa Maria, February 25, 2014

The environmental control of sheds for the broiler chickens production can bring better performance results with the reduction of production losses due to heat, and the variations in climatic events may significantly alter the viability of the production system. The objective of this study was to estimate the production loss due to heat in the broiler production system. This research was carried out through a meta- analysis in which 52 related research were used to heat stress in broiler chickens aged 1-42 days old. The data were processed according to the method of meta- analysis and explored by data mining technique for obtaining decision models to assist in the determination and quantification of production losses in broilers. The results demonstrate that the climatic variables the wet bulb temperature and dry bulb temperature in Celsius degrees and the Temperature- Humidity Index (THI ) is possible to estimate the performance loss of broilers influencing low weight gains and worst feed conversions ratio, with values of 32° C dry bulb temperature, relative humidity above 40 % , wet bulb temperature above 25.51 or 25.77° C and 23.29° C of THI as threshold conditions to potential production losses at 30.99% to feed conversion, 36.54% to weight gain and 52.04% to daily weight gain.

Key words: Broilers. Meta-analysis. Data Mining. Productive losses. Weka®.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variáveis coletadas e calculadas.....	23
Tabela 2. Classes de perdas produtivas .....	24
Tabela 3. Matriz de confusão .....	25
Tabela 4. Médias das variáveis zootécnicas em relação às variáveis climáticas.....	26
Tabela 5. Regras extraídas da Figura 2.....	168
Tabela 6. Regras extraídas da Figura 3.....	31
Tabela 7. Regras extraídas da Figura 4.....	34

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de uma meta-análise .....	20
Figura 2. Árvore de classificação – conversão alimentar .....	29
Figura 3. Árvore de classificação – ganho de peso .....	30
Figura 4. Árvore de classificação – ganho de peso diário .....	33

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Consulta Dados da Estação Automática: TEUTONIA (RS) .....	43
--	----

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
ESTUDO BIBLIOGRÁFICO .....	15
1.1 Cenário da Avicultura atual .....	15
1.2 Impactos dos extremos climáticos e mudanças no clima na produção animal.....	15
1.3 Estresse térmico em frangos .....	16
1.4 Desempenho zootécnico x calor .....	17
1.5 Estudo de bancos de dados .....	18
1.5.1 Meta-análise .....	18
1.5.2 Mineração de dados.....	20
1.5.2.1 Ambiente de Mineração de Dados WEKA .....	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
CONCLUSÕES .....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
ANEXOS .....	43

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da avicultura nos últimos anos esteve diretamente relacionado com a intensa melhoria na área da nutrição, do manejo, da sanidade, e da seleção genética, além de um histórico de mudanças e investimentos na área de pesquisa e tecnologia do sistema de produção, o que proporcionou aos consumidores uma carne de qualidade com um preço acessível, produzida precocemente em uma pequena área.

Contudo, a garantia da manutenção e da expansão deste mercado consiste no fornecimento de produtos padronizados e de qualidade estável, visando a satisfação dos consumidores e também a redução de perdas econômicas e produtivas.

Segundo dados da FAPRI (2011) a previsão é que até 2021 os Estados Unidos superem o Brasil em volume de exportação, fator este devido aos altos investimentos em instalações e controle de ambiência, além da busca constante da redução dos custos de produção, o que gera maiores receitas por parte das empresas e produtores e incentivos à cadeia.

Na avicultura industrial em que a cadeia produtiva se organiza na forma de sistemas de integração entre produtores e empresas em sistema de economia de escala, a economia de pequenos montantes de recursos oriundos da empresa integradora pode representar montantes financeiros relevantes ao longo do ciclo de produção.

O ambiente térmico influencia a produtividade dos animais, por alterar a troca de calor com o ambiente, o consumo de alimentos, o ganho de peso corporal e a exigência de proteína da ração, entre outros. Assim, para qualquer alteração da temperatura ambiente fora da faixa de conforto térmico, as aves podem necessitar de ajustes, sejam de natureza física, fisiológica ou comportamental, para se adaptarem à nova condição do meio (CURTIS, 1983).

Para Furlan (2004), ajustes de comportamento podem ocorrer mais rapidamente e com menor dispêndio de energia do que muitas respostas fisiológicas, como a redução da atividade física, pois quando as aves permanecem sentadas e com as asas abertas, aumentam a dissipação de calor pela maximização da área de superfície corporal.

Medidas comportamentais tomadas pelas aves podem reduzir a atividade e consequentemente influenciar no desempenho de variáveis zootecnicamente interessantes para o sistema produtivo, como consumo de ração e a conversão alimentar por exemplo. Além disso,

esta modificação no desempenho das aves pode resultar em grandes perdas produtivas, uma vez que este animal deixa de produzir conforme seu potencial genético.

O crescente volume de publicações científicas gerado pelo desenvolvimento de pesquisas e as conclusões, algumas vezes destoantes, obtidas em diferentes trabalhos sobre o mesmo tema são as duas principais motivações de pesquisadores em compilar informações publicadas. Assim, procedimentos estatísticos, como a meta-análise, vêm sendo utilizados para obtenção de uma resposta única e confiável para um conjunto de resultados publicados (GIANNOTTI, 2004).

Com o avanço da tecnologia no âmbito do processamento computacional, e dos sistemas gerenciadores de bases de dados têm permitido a geração e o registro de um número cada vez maior de informações. Com isso, torna-se necessário o uso de ferramentas que auxiliem a identificação de informações que estão pouco claras, convertendo-as em conhecimento significativo. Neste sentido, a meta-análise e a mineração de dados se tornam técnicas viáveis e necessárias no sentido de buscar respostas para questões ainda não totalmente esclarecidas.

O Objetivo deste estudo foi a realização de uma meta-análise para a obtenção de árvores de decisão através da técnica de mineração de dados, relacionando as variáveis zootécnicas com variáveis climáticas, simulando perdas produtivas com base nos resultados obtidos.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTUDO BIBLIOGRÁFICO**

#### **1.1 Cenário da Avicultura atual**

A produção de carne de frango chegou a 12,645 milhões de toneladas em 2012, em uma redução de 3,17% em relação a 2011. O Brasil manteve a posição de maior exportador mundial e de terceiro maior produtor de carne de frango, atrás dos Estados Unidos e da China. Do volume total de frangos produzido pelo país, 69% foi destinado ao consumo interno, e 31% para exportações. Com isto, o consumo per capita de carne de frango atingiu 45 quilos por habitante no ano (UBABEF, 2013).

Após crise em 2012, a avicultura encerra o ano de 2013 com uma significativa recuperação. A cadeia produtiva conseguiu se unir, equilibrar a oferta, garantir preços remuneradores e fechar o ano com margens, recuperando as perdas. O setor encerra 2013 com a cadeia melhor estruturada e empresas avícolas otimistas para os próximos anos, com perspectivas de novos investimentos.

A Região Sul é a maior produtora brasileira de carne de frango, fator este, ligado principalmente ao pioneirismo de grandes empresas e seus integrados. No entanto, essa região possui alguns fatores que não contribuem para o avanço desta produção, dentre eles está a grande variação de clima da região, o que dificulta o controle de temperatura do sistema produtivo e gera prejuízos.

#### **1.2 Impactos dos extremos climáticos e mudanças no clima na produção animal**

Extremos climáticos são um dos responsáveis pela maioria das perdas materiais no mundo, sejam decorrentes de extremos de chuva, frio ou calor. Nos países localizados nas zonas intertropicais e mais recentemente na Europa e EUA, devido a mudanças climáticas, os extremos devido ao calor têm sido relatados e denominados como ondas de calor. Ondas de



calor são tidas como período de tempo com temperaturas desconfortáveis durante pelo menos dois dias acima de 32° C, podendo durar vários dias ou semanas (INMET, 2005).

De acordo com a COPA-COGECA (2003), o ano de 2003 teve severo impacto para a agricultura na União Europeia, especialmente na Itália, Alemanha, Áustria, Espanha, França e Portugal. Isto devido ao efeito combinado da seca e as temperaturas excessivas registadas desde Junho daquele ano. A produção de ovos e setor avícola foi gravemente afetado na França e Espanha. Quase 4 milhões de frangos morreram na França devido à onda de calor, e o rebanho de aves foi reduzido entre 15% e 20% na Espanha, na França apresentou-se o maior impacto sobre a produção de leite, com uma redução de 2,65% do estimado para o período de junho a setembro.

Desde o início do século XX, o homem vem tentando quantificar o ambiente térmico animal, utilizando correlações nas quais são empregadas as variáveis: temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação solar. Em alguns casos, também são consideradas outras variáveis como a taxa metabólica, o tipo de isolamento, entre outros. Esses estudos tiveram início quando Houghten & Yaglou (1923) propuseram o Índice de Temperatura Efetiva – ITE, baseado na temperatura, umidade e velocidade do ar, usando humanos para comparar sensações térmicas instantâneas, experimentadas em diferentes ambientes. De forma semelhante, buscou-se relacionar a produção animal com o ambiente e justificar o desempenho dos animais aliando as variáveis climáticas.

### **1.3 Estresse térmico em frangos**

A temperatura ambiente influencia o desempenho zootécnico dos frangos de corte, uma vez que esses animais são homeotérmicos, portanto, necessitam manter a temperatura corporal dentro de uma faixa estreita, em que as funções orgânicas são desempenhadas com maior eficiência (FURLAN; MACARI, 2002). Sendo que os frangos possuem uma zona de conforto térmico que é a faixa de temperatura ambiente em que apresentam maior taxa de crescimento (SAKOMURA et al., 2005). Por outro lado, com o surgimento de linhagens de frangos de corte de alto crescimento, tem-se dado mais ênfase ao rendimento de cortes de maior valor comercial, sendo que podem ser grandemente influenciados pela dieta e pelos programas alimentares (Mendes et al., 2004), sem a devida preocupação o ambiente térmico.

As empresas e produtores buscam constantemente adequar dietas à realidade financeira, climática e principalmente comercial da empresa, buscando sempre chegar a um produto de qualidade produzido a um custo reduzido, mas que atenda a demanda do consumidor mais exigente qualitativamente ou financeiramente.

Com a evolução da produção avícola no País, muitas instalações sofreram adaptações físicas para alcançar os índices de produtividade almejados pelos padrões da genética. Os avanços são múltiplos e caminham sempre em direção da melhora do conforto das aves. Segundo Moura et al. (2004), o conforto térmico no interior de instalações avícolas é fator de alta importância, pois condições inadequadas afetam consideravelmente a produção de frangos de corte.

A temperatura ideal para criação de frangos de corte está próxima aos 20° C (TANKSON et al., 2001), a temperatura média da superfície da pele é ao redor de 33° C, e a temperatura interna, de 41° C. Devido à diferença de temperatura entre a superfície da pele e o ambiente, ocorre fluxo de energia (calor) do local mais quente (pele, 33°C) para o mais frio (ambiente, 25 a 28°C), promovendo perda de calor sensível ao ambiente. Estudos dos efeitos de várias condições térmicas sobre as aves, por meios experimentais controlados, encontraram faixas de alto risco de perda produtiva, atingindo até a mortalidade, decorrente, direta e indiretamente, da exposição ao estresse por calor (TANKSON et al., 2001; NIENABER & HAHN, 2004; VALE et al., 2008).

Lin et al. (2006) classificam os elevados valores de temperatura como um dos principais agentes causadores de estresse dentro da produção avícola, sendo o estresse térmico resultante das interações entre a temperatura do ar, umidade relativa, radiação e velocidade do vento, onde a temperatura do ar possui maior expressão.

#### **1.4 Desempenho zootécnico x calor**

A primeira resposta dos frangos de corte ao calor é a redução do consumo de ração (AIN BAZIZ et al., 1996; GERAERT et al., 1996) para evitar aumento na produção de calor decorrente da digestão e metabolismo dos nutrientes. Ain Baziz et al. (1996) verificaram que a redução do consumo de ração, no período de 22 a 42 dias de idade, pode chegar até 36% para frangos criados em 32°C em comparação aos criados em 22°C.

Neste sentido, Ain Baziz et al. (1996) conduziram um experimento com frangos de corte de 28 a 49 dias de idade e estabeleceram que aproximadamente 53% do pior ganho de peso foram atribuídos ao baixo consumo de ração gerado pelo estresse por calor.

O estresse causado pelo calor afeta principalmente frangos com mais de 29 dias, o que pode acarretar taxas de mortalidade significativas. Essa mortalidade representa a perda de quase todos os recursos de produção investido no processo, como aves alcançando o peso de mercado ideal no momento do abate (TABLER et al., 2002; CHEPETE et al, 2005).

Animais criados em estresse térmico são menos susceptíveis ao calor, devido à aclimatização. No entanto o calor pode afetar diretamente os índices zootécnicos na fases finais de criação, tornando o sistema produtivo menos rentável e mais susceptível a prejuízos oriundos das perdas produtivas.

Segundo Paranhos da Costa (2000), o conceito amplo de ambiência pode ser descrito como o meio físico e psicológico no qual o animal realiza suas atividades, este autor completou o conceito de ambiência como o estudo do ambiente que envolve o animal englobando seu espaço físico e social e tudo que está incluso neste espaço, inclusive os humanos. A ambiência também pode ser definida como a soma dos impactos dos fatores biológicos e físicos nos animais, consistindo-se em um dos principais responsáveis pelo sucesso ou fracasso do sistema de produção avícola (MACARI e FURLAN, 2001).

## **1.5 Estudo de bancos de dados**

### **1.5.1 Meta-análise**

A meta-análise permite, em caso de resultados aparentemente discordantes, obter uma visão geral da disponibilidade de informação e concordância ou discordância nos estudos ( D'AGOSTINO e WEINTRAUB, 1995). Esta técnica pode evidenciar um efeito de um tratamento ou condição que, individualmente, não permite estabelecer conclusões por falta de potência analítica (baixo número de observações). Nesta situação, melhora o poder analítico do modelo, aumentando as chances de evidenciar diferenças entre os tratamentos caso existam. Porém, o reagrupamento de vários tratamentos de unidades experimentais reduzidas não garante que a meta-análise gere resultados conclusivos (FAGARD et al., 1996).

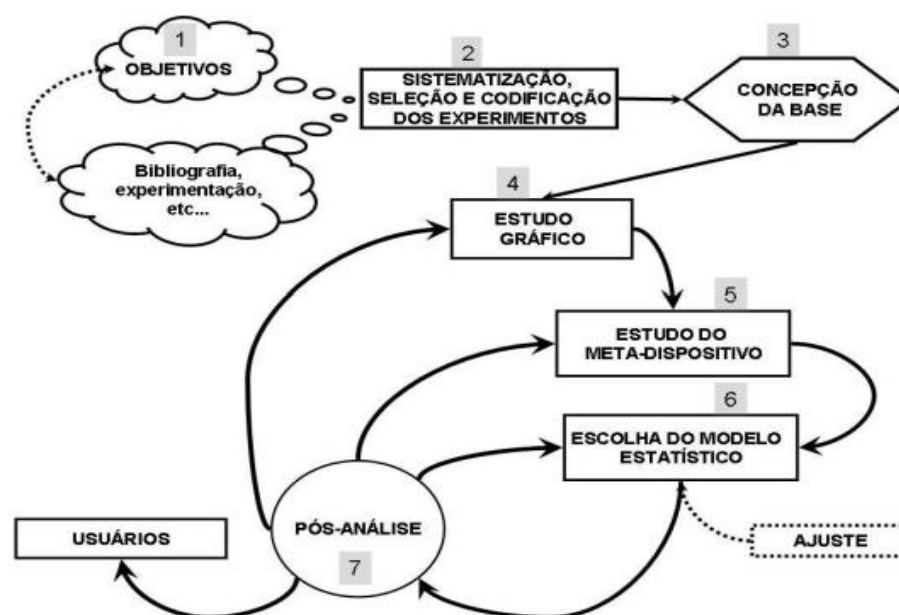
O levantamento das perdas produtivas por intermédio de meta-análise pode permitir a correta quantificação destas perdas, aliado à possibilidade de se predizer eventos climáticos,

pode ser ferramenta importante para evitar prejuízos financeiros na avicultura de corte. O conhecimento do montante dos prejuízos pode permitir estimar quanto se deve investir em mitigação.

Segundo Lovatto et al., (2007), há mais de duas décadas foi proposta a meta-análise como um procedimento que combina resultados de vários estudos para fazer uma síntese reproduzível e quantificável dos dados. Essa síntese melhora a potência estatística na pesquisa dos efeitos dos tratamentos, sendo mais precisa na estimação e tamanho do efeito.

A meta-análise se desenvolveu inicialmente nas ciências sociais, na educação, na medicina e, mais tarde, na agricultura (LOVATTO et al., 2007). Em 1952, Hans J. Eysenck concluiu que a psicoterapia não tinha nenhum efeito benéfico, o que desencadeou grande debate entre os profissionais dessa área. Vinte anos de pesquisa e avaliação de centenas de estudos não resolveram os problemas levantados por esse debate. Para provar que Eysenck estava errado, Smith & Glass (1977) agregaram estatisticamente resultados de 375 pesquisas em psicoterapia e concluíram que a psicoterapia tem efeitos. Smith e Glass chamaram esse método de meta-análise.

A definições e objetivos da meta-análises são usar métodos científicos com base em estatística para resumir e quantificar o conhecimento adquirido através da pesquisa anteriormente publicada (ST-PIERRE, 2001). Conforme Lovatto et al., (2007), a meta-análise segue três análises sequenciais: gráfica (avaliar a coerência dos dados), de correlação (para identificar os fatores correlacionados na base) e de variância (Figura 1).



**Figura 1.** Principais etapas de uma meta-análise (adaptado de SAUVANT et al., 2005).

### 1.5.2 Mineração de dados

A mineração de dados é uma técnica de extração e descoberta de conhecimento em bancos de dados, também denominada como KDD (knowledge-discovery in data bases) que teve seu início na década dos 90 (FAYYAD e STOLORZ, 1997). Estatísticos definem mineração de dados de forma genérica se referindo à atividade exploratória básica e descritiva de banco de dados, porém, a Mineração de Dados utiliza técnicas matemáticas e computacionais específicas, lançando mão de algoritmos para a execução de tarefas de mineração focadas na extração de conhecimento e padrões úteis.

Usando a mineração de dados, Vale et al. (2008) estudou os padrões de mortalidade em aviários, e encontrou padrões importantes associando meteorologia com a mortalidade de frangos de corte. As análises, descritiva e exploratória, são importantes meios de pré-avaliar os dados de clima, pois fornecem subsídios para o conhecimento mais concreto a respeito das variáveis registradas, o que permite o levantamento de diversas hipóteses importantes para a investigação científica. De maneira geral essas hipóteses podem ser avaliadas por meio de análises confirmatórias, como testes de hipóteses, modelos, etc. (SALGADO, 2006).

A utilização da técnica de mineração de dados como forma de extrair padrões ocultos ou implícitos dentro de bancos de dados, poderia auxiliar na definição de um modelo de predição (árvore de decisão) para tomada de decisão e para a avaliação de diferentes cenários (REZENDE, 2005).

A Mineração de Dados pode ser definida ainda como um processo não trivial de identificação de padrões válidos, novos e potencialmente úteis implícitos em grandes volumes de dados (FAYYAD et.al, 1996). O processo de mineração de dados fornece um método semiautomático para descoberta de padrões de dados e regras relevantes (BERRY e LINOFF, 2004), excluindo a tendenciosidade e a limitação da análise baseada unicamente na intuição humana (BRAGA, 2005), através do uso de tecnologias de reconhecimento de padrões, da estatística, matemática e da inteligência artificial (BERNARDI, 2010).

De acordo com a definição de Larose (2005), a mineração de dados é responsável pela procura por padrões, análise de variáveis, aplicação de regras associativas e métodos estatísticos sobre um grande conjunto de informações, podendo ser organizada em seis categorias, sendo elas: tarefas de descrição, tarefas de estimativa, tarefas de predição ou de classificação, de aglomeração e de associação.

#### 1.5.2.1 Ambiente de Mineração de Dados WEKA

O WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis, University of Waikato, 2010) é um pacote de software que agrega diferentes algoritmos e técnicas para mineração de dados, sendo uma das ferramentas mais populares para esse fim. A versão mais recente, conhecida como WEKA 3, é totalmente baseada em Java, sendo utilizada em diferentes áreas incluindo propósitos educacionais e de pesquisa como a zootécnica.

O ambiente WEKA provê ferramentas para agrupamento, classificação, regressão, visualização e regras de associação de dados. O Software permite que se utilize os algoritmos diretamente. Além disso, os conjuntos de dados podem ser acessados diretamente de um banco de dados, utilizando formatos como o JDBC ou ARFF.

## CAPÍTULO 3

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de junho de 2012 a setembro de 2013 no Laboratório de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFSM, onde foram coletados os dados de 52 artigos publicados em revistas científicas nacionais e internacionais nos anos de 1988 a 2013. A base de dados foi composta de 6754 animais. Os critérios de seleção das publicações foram a relação com o tema e às variáveis de desempenho utilizadas (Tabela 1).

Os artigos foram analisados, sendo selecionados 30 trabalhos em função da distribuição dos dados e da semelhança entre eles. Os dados coletados eram relacionados com as variáveis zootécnicas e ambientais (Tabela 1). Além disso, foram calculadas algumas variáveis ambientais e zootécnicas a partir dos dados coletados dos artigos (Tabela 1). Para o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU), foi utilizada a equação de Chepette et al. (2005), onde foi utilizada a Equação 1:

$$ITU = 0,71 T_{ar} + 0,29 T_{bu} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: ITU: Índice de temperatura e umidade

$T_{ar}$ : Temperatura do ar

$T_{bu}$ : Temperatura de bulbo úmido

**Tabela 1.** Variáveis coletadas e calculadas para a formação da base de dados para a mineração de dados.

Variáveis coletadas	Variáveis calculadas
Publicação	Duração
Temperatura Média	Ganho de Peso
Linhagem	ITU <sup>1</sup>
Pais	Peso Médio
Peso Inicial	Fase
Idade Final	Temperatura de Bulbo Úmido
Ano	Ganho de Peso Diário
Umidade relativa em %	
Idade Inicial	
Local	
Peso Final	
Conversão Alimentar	
Altitude	
Temperatura de Ponto de Orvalho (To)	

<sup>1</sup> Índice de Temperatura e Umidade do Ar (CHEPPETE et al., 2005).

Durante a formação do banco de dados primário, foi aplicada a metodologia de Lovatto et al. (2007), seguindo as três análises sequenciais recomendadas: gráfica (avaliar a coerência dos dados), de correlação (para identificar os fatores correlacionados na base) e de variância.

Devido não haver normalidade nos dados a partir de testes realizados na formação do banco de dados, foi procedido o teste Qui Quadrado e as médias foram comparadas pelo teste de Bonferroni a um nível de 5% de significância. Foram criadas classes de distribuição dos dados de acordo com a opinião do especialista e com referência aos mesmos trabalhos consultados na meta-análise. A análise estatística foi realizada com auxílio do programa estatístico SAS (2009).

Após a formação do banco de dados final, este foi analisado pela técnica de Mineração de Dados, aplicando-se uma tarefa de classificação para a construção de árvore de decisão.



Os passos do processo de Mineração de Dados seguiram o procedimento descrito pelo consórcio CRISP-DM (CRoss-Industry Standart Process for Data Mining), conforme descrito por Chapman et al. (2000), seguindo os seguintes passos: compreensão do domínio de conhecimento sobre o tema do estudo, conhecimento e entendimento do banco de dados, preparação dos dados, modelagem e avaliação do modelo. O software utilizado foi o Weka versão 3.7.7 (WITTEN e FRANK, 2005), que é composto por uma coleção de algoritmos para tarefa de mineração de dados, dentre elas, a tarefa de classificação. O algoritmo de classificação escolhido foi o J48, uma implementação do C4.5 (QUINLAN, 1996). O J48 é um algoritmo utilizado para determinar modelos de classificação por indução, também chamado de árvore de decisão.

Para a predição da perda de desempenho de frangos de corte, optou-se por abordagens de exploração dos dados focadas nas principais variáveis de desempenho, sendo a conversão alimentar (CA), o ganho de peso total de um a 42 dias de idade (GP) e o ganho de peso médio diário de um a 42 dias de idade (GPD). Para a mineração de dados, foram definidas três classes a partir das distribuições das variáveis produtivas CA, GP e GPD (Tabela 2). Para o cálculo da distribuição foi utilizada a mesma técnica de formação inicial do banco de dados da planilha de meta-análise, seguindo a técnica proposta por Lovatto et al. (2007).

Tabela 2. Classes de perdas produtivas para a conversão alimentar (CA), o ganho de peso total de um a 42 dias de idade (GP) e o ganho de peso médio de um a 42 dias de idade (GPD).

	Classe	Sigla	Mínimo	Média	Máximo	% de perda <sup>1</sup>
CA	Adequada	CAadequada	1,2	1,45	1,7	
	Piorada	CApiorada	1,8	2,1	2,4	30,99%
GP	Alto	GPalto	2,691	2,950	3,210	
	Mediano	GPmédio	2,225	2,457	2,690	16%
	Baixo	GPbaixo	1,521	1,872	2,224	36,54%
GPD	Alto	GPDalto	61,91	79,02	96,14	
	Mediano	GPDmédio	51,95	56,07	60,19	29,04%
	Baixo	GPDbaixo	25,00	37,5	50,04	52,04%

<sup>1</sup> Porcentagem média de perda em relação à média do desempenho considerado alto ou adequado.

O processo de modelagem da técnica de Mineração de Dados seguiu o procedimento de avaliação das classes e da precisão dos modelos através da Matriz de Confusão (Tabela 3; VALE et al., 2008).

Tabela 3. Matriz de confusão

Classe	Predito como C <sub>+</sub>	Predito como C <sub>-</sub>	Precisão da classe	Prec. do Modelo
C <sub>+</sub>	Verdadeiros positivos (V <sub>p</sub> )	Falsos negativos (F <sub>n</sub> )	$V_p / (V_p + F_n)$	$[(V_p + V_n) / N] \times 100$
C <sub>-</sub>	Falsos positivos (F <sub>p</sub> )	Verdadeiros negativos (V <sub>n</sub> )	$V_n / (V_p + T_n)$	

n: número de caso dentro do conjunto teste.

Conforme metodologia aplicada por Vale et al., (2008), utilizou-se a precisão geral dos modelos e a precisão das classes, para selecionar os modelos gerados pelas diferentes abordagens de seleção de atributos com melhores precisões auxiliada pela interpretação de especialistas do domínio. O especialista foi selecionado com base em experiência mínima de três anos em frangos de corte e conhecimento de ambiência avícola. Em entrevistas os modelos foram apresentados ao especialista e julgados pela sua capacidade em compreender os resultados.

Os resultados foram aplicados em simulações para situação ambiental da onda de calor dos meses de janeiro e fevereiro de 2014, estimando os valores de perdas produtivas potenciais dentro das variáveis simuladas e com base no cenário econômico da avicultura gaúcha para o período.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os procedimentos da meta-análise geraram resultados que se encontram apresentados na Tabela 4. Não houve normalidade nos dados, impedindo uma estimação adequada com os dados deste estudo em relação a construção de modelos e de dados correlacionados de forma convencional dentro da técnica de meta-análise.

Tabela 4. Resultados de ganho de peso (GP), ganho de peso médio diário (GPD), conversão alimentar (CA), relacionados às variáveis ambientais de temperatura (T), índice de temperatura e umidade do ar (ITU), temperatura de bulbo úmido (TbÚmido) e umidade relativa do ar (UR%), médio de 42 dias.

		GP	GPD	CA
Temperatura bulbo seco	Baixa	3418,03 <sup>a</sup>	81,560 <sup>a</sup>	1,87 <sup>b</sup>
	Média	2116,54 <sup>b</sup>	50,688 <sup>b</sup>	1,62 <sup>a</sup>
	Alta	1920,56 <sup>b</sup>	46,678 <sup>b</sup>	1,98 <sup>b</sup>
ITU	Baixo	3197,92 <sup>a</sup>	76,145 <sup>a</sup>	1,650 <sup>a</sup>
	Médio	2810,71 <sup>a</sup>	65,468 <sup>a</sup>	1,720 <sup>ab</sup>
	Alta	1901,39 <sup>b</sup>	45,205 <sup>b</sup>	1,817 <sup>b</sup>
TbÚmido	Baixa	2460,10 <sup>a</sup>	58,481 <sup>a</sup>	1,719 <sup>a</sup>
	Médio	1931,18 <sup>b</sup>	45,773 <sup>b</sup>	1,807 <sup>ab</sup>
	Alta	1529,37 <sup>b</sup>	36,626 <sup>b</sup>	1,921 <sup>b</sup>
UR%	Baixa	3129,2 <sup>a</sup>	74,868 <sup>a</sup>	1,713 <sup>a</sup>
	Média	2802,1 <sup>a</sup>	66,688 <sup>b</sup>	1,757 <sup>ab</sup>
	Alta	2613,9 <sup>b</sup>	62,893 <sup>b</sup>	1,897 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Letras diferentes na mesma coluna para a mesma variável ambiental representa diferença significativa pelo teste de Benferroni (P<0,05).

<sup>2</sup> Temperatura baixa (15 a 22 graus), temperatura média (22 a 28 graus) e temperatura alta (28 a 38 graus), ITU baixo (6 a 21 graus), ITU médio (21 a 25 graus) e ITU alto (25 a 35 graus), TbÚmido baixo (7 a 18 graus), TbÚmido médio (18 a 28 graus) e TbÚmido alto (28 a 35 graus), umidade relativa baixa (20 a 40%), umidade relativa média (40 a 65%) e umidade relativa alta (65 a 90% graus) (P<0,05).

Todas as situações que as variáveis climáticas estiverem dentro das classes altas houve diferenças significativas para variáveis desempenho zootécnico de frangos de corte. Em situações que os valores de temperatura esteve acima de 28°C, ITU acima de 25° e umidade relativa acima de 65%, ocorreu prejuízo ao desempenho dos frangos, estes resultados concordam com Teeter et al. (1985) e Vale et al. (2010), que afirmam valores semelhantes para ocorrência de redução de consumo, redução de ganho de peso e de mortalidade em frangos de corte. De acordo com os resultados, todas as situações em que as variáveis climáticas estiverem dentro das classes altas haverá diferenças significativas para as variáveis zootécnicas.

A mineração dos dados para a identificação das classes de piora da conversão alimentar permitiu a modelagem de árvore de decisões contendo cinco níveis (Figura 2), apresentando precisão do modelo de 90,65%, precisão da classe CAdequada de 1,00 e da classe CApiorada de 0,89. De acordo com as regras obtidas (Tabela 5), as situações em que a temperatura de bulbo úmido foi menor que 25,77° C, a conversão alimentar esteve dentro da classe PIORADA (R1), sendo esta condição de ambiente característica dos dias de baixa umidade relativa do ar.

Nas situações em que a temperatura de bulbo úmido foi superior a 25,77°C, e a temperatura do ar foi superior a 32°C, a conversão alimentar foi considerada PIORADA (R2), condição verificada por Teeter et al. (1985) que estudaram o estresse crônico em frangos de corte expostos a temperaturas acima de 32°C, constatando alcalose respiratória nesta condição, com redução do ganho de peso corporal, consumo de ração e elevação do pH sanguíneo.

Em situações na qual a temperatura de bulbo úmido foi maior que 25,77 e igual ou superior a 27,12°C, e a temperatura de bulbo seco foi inferior a 32°C, a conversão alimentar esteve dentro da classe PIORADA (R3). Finalmente, para o caso da temperatura de bulbo úmido ser inferior a 27,12°C, a conversão alimentar estará dentro da classe ADEQUADA (R4), condição térmica mais amena que pode configurar um limite para não ocorrência de perda produtiva potencial. É importante destacar a construção do modelo considerando a temperatura do ar de 32°C como um limite na incidência de perda produtiva. Semelhante ao discutido, as temperaturas iguais ou superiores a 32°C, podem desencadear a alta mortalidade conforme observado por Teeter et al. (1996), além da redução do ganho de peso corporal (FURLAN, 2006).

Tabela 5. Regras extraídas da árvore de classificação da Figura 2 contendo as regras (R) e condicionais das regras.

R.	CONDICIONAIS	CLASSE
R1	SE TbÚmido > 25,77° C E TbS > 32° C	CApiorada
R2	SE TbÚmido > 25,77° C E TbS ≤ 32° C E TbÚmido > 27,12° C	CApiorada
R3	SE TbÚmido > 25,77° C E TbS > 32° C E TbÚmido ≤ 27,12° C	CAadequada
R4	SE TbÚmido ≤ 25,77° C	CApiorada

Quando há situações de temperatura de bulbo úmido elevada (>25,77°C), ocorre desconforto ao animal, uma vez que existe a dificuldade de a ave eliminar calor através da evaporação oriunda da respiração e ofegação. Para as temperaturas de bulbo úmido baixas, quando combinadas com temperaturas de bulbo seco elevadas, ocorrem perdas produtivas relacionadas à excessiva evaporação e perda de água corpórea, dificultando a manutenção da homeostase hídrica. A temperatura de bulbo úmido é relacionada à UR e, quanto maior, pior a capacidade da ave em perder calor latente. Segundo Mickelberry et al., (1996) temperaturas acima de 33°C com valores baixos de umidade relativa, podem induzir a casos de hipertemia e desidratação.

Oliveira Neto et al., (2000), constatou que a alta temperatura (32°C) determinou piora (P<0,01) de 19% na conversão alimentar (CA) das aves, neste estudo as perdas consideradas foram de até 30,99%. Resultados semelhantes foram obtidos por Geraert et al., (1996a), que também verificaram que o estresse por calor no período entre a quarta e sexta semanas de vida influenciou negativamente o GP e a CA de frangos de corte, recebendo quantidades similares de ração.

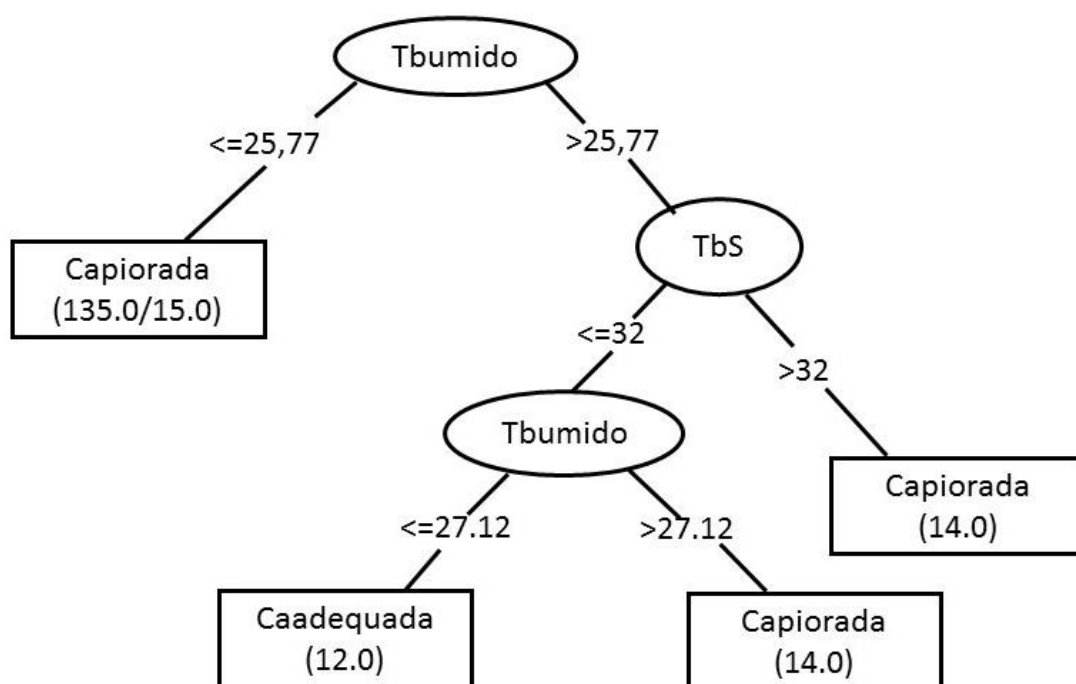


Figura 2. Árvore de classificação de categorias de conversão alimentar (precisão do modelo de 90,65%, precisão da classe CAadequada 1,00, precisão da classe CApiorada 0,89).

Onde, (TbÚmido= temperatura de bulbo úmido, TbS= temperatura do ar, CApiorada= a conversão alimentar entre 1,71-2,40 e CAadequada= conversão alimentar entre 1,12-1,70. Valores relativos a conversão alimentar média de frangos de corte com idade de 1 a 42 dias.

A árvore da Figura 2 apresentou baixa complexidade e boa precisão (precisão do modelo de 90,65%, precisão da classe CAadequada 1,00, precisão da classe CApiorada 0,89). Para a formação de árvores de classificação mais acuradas e compreensíveis, a técnica de seleção de atributos é fundamental para definir as características mais relevantes na construção de um modelo (GUYON & ELISSEEFF, 2003). Em geral essa técnica reduz a complexidade e melhora a acurácia dos modelos, quando comparados aos modelos propostos sem a seleção de atributos, que em geral apresentam redundância e características consideradas como ruídos, que dificultam a compreensão e a aplicação do modelo.

O nó raiz do modelo da Figura 2 foi a temperatura de bulbo úmido, importante variável na determinação do conforto térmico de animais. Segundo Moura (2001) a produtividade ideal da ave depende da temperatura efetiva, que reflete a combinação dos efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade relativa, da radiação solar e da velocidade do vento a que a ave está submetida.

Para Vale et al. (2008), esta técnica de modelagem através da mineração de dados se mostra promissora e permite que, mesmo quando as distâncias entre o galpão e a estação meteorológica forem maiores ou equipamentos de climatização forem utilizados, modelos de correção matemática podem corrigir as observações para o local do galpão (VALE et al., 2010).

A Figura 3 apresenta árvore de classificação com as variáveis climáticas que resultam em perdas produtivas de ganho de peso para frangos de corte de um a 42 dias de idade, apresentando precisão do modelo para o ganho de peso de 71,32%, precisão para as classes do GPbaixo de 0,82; do GPmédio de 0,77 e do GPalto de 0,78. Entre o valor mais baixo da classe de ganho de peso baixo e o mais alto da classe de ganho de peso alto existe uma diferença de 1,689 kg de ganho. O que indica a relevância da dimensão das perdas devido ao calor, uma vez que, avaliadas dentro de toda a cadeia produtiva ou até mesmo dentro de um lote ou ano de produção de frangos de corte, se apresenta como severa.

O nó raiz da Figura 2 relata novamente a importância da temperatura de bulbo úmido, fator é que internamente ao galpão, raramente se avalia a temperatura de bulbo úmido, porém, ela está intimamente relacionada com a umidade relativa do ar e pressão atmosférica. A máxima produtividade de frangos para as condições climáticas brasileiras é obtida, quando a temperatura está no intervalo de 21 e 29°C, com umidade relativa de 50 a 80% (MEDEIROS, 2001). A partir de cartas psicrométricas para a simulação de cálculos, considerando que as variações de altitude da avicultura brasileira estão entre 50 e 1500 m de altitude em média, esta condição de ambiente citada por Medeiros (2001) representa uma variação da temperatura de bulbo úmido entre 14,5 e 26°C, valores coerentes aos limites identificados nas regras da Figura 3 de 25,51°C.

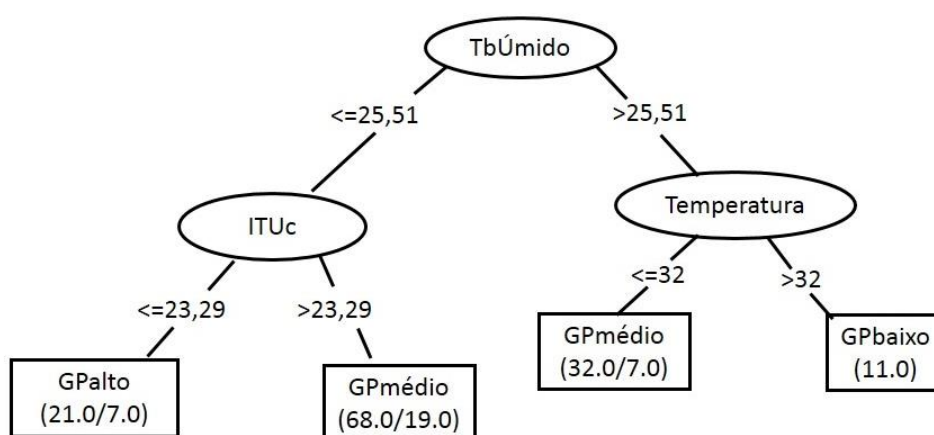


Figura 3. Árvore de classificação do ganho de peso de frangos de corte com idade de 1 a 42 dias (precisão do modelo de 71,32%, precisão da classe GPbaixo 0,82, precisão da classe GPmédio 0,77, precisão da classe GPalto 0,78).

Onde: (TbÚmido= temperatura de bulbo úmido, TbS= temperatura de bulbo seco em °C, ITU= Índice de temperatura e umidade calculado conforme Chepete et al.(2005), GPbaixo= ganho de peso entre 1,521-2,224 kg, GPMédio= ganho de peso entre 2,225-2,690 kg e GPalto= ganho de peso entre 2,691-3,210 kg.

Tabela 6. Regras obtidas da árvore de decisão da Figura 3 contendo as regras (R) e condicionais das regras para a classificação.

R.	CONDICIONAIS		CLASSE
R1	SE TbÚmido > 25,51°C	E Tar > 32°C	GPbaixo
R2	SE TbÚmido > 25,51°C	E Tar ≤ 32°C	GPMédio
R3	SE TbÚmido ≤ 25,51°C	E ITUc > 23,29°C	GPMédio
R4	SE TbÚmido ≤ 25,51°C	E ITUc ≤ 23,29°C	GPalto

De acordo com as regras obtidas pela Figura 3 e representadas na Tabela 6, se a temperatura de bulbo úmido for menor que 25,51°C e em condições de ITU superior a 23,29°C, o ganho de peso será médio (R3). Se o ITU for menor ou igual a 23,29°C, o ganho de peso estará dentro da classe alta (R4).

Nos casos em que a temperatura de bulbo úmido for maior que 25,51°C e temperatura do ar for maior que 32°C, então o ganho de peso será baixo (R1). Diferentemente da situação em que temperatura de bulbo úmido for maior que 25,51°C e temperatura do ar maior que 32°C, o ganho de peso será médio (R2). Estas regras demonstram a relação entre a umidade relativa e a temperatura dentro da situação de estresse térmico para aves, sendo os valores relativos às perdas produtivas de até 36,54% no ganho de peso em situações de umidade baixa, temperatura baixa comparada a situações de umidade alta, temperatura alta. Neste mesmo sentido, Vale (2008) encontrou fatores ambientais semelhantes, prejudiciais para o desencadeamento de alta mortalidade em situações de temperaturas superiores a 32°C.

Situações de altas temperaturas e altos índices de umidade relativa, dificulta a perda de calor para o ambiente pela ave, além de conduzir ao desencadeamento da alcalose respiratória onde, através do mecanismo de aumento da taxa respiratória, ocorre a redução da pressão parcial do CO<sub>2</sub>, levando à queda do HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> sanguíneo em função da menor concentração de ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>).

O conceito de homeotermia em aves implica na existência de uma zona de termoneutralidade. Quando a ave se encontra em hipertermia utiliza o resfriamento evaporativo, aumentando a perda de calor latente, executado por intermédio da respiração. Por outro lado, perdas de calor sensível podem ser ampliadas por mudanças fisiológicas com o aumento das



perdas urinárias (BALNAVE, 1998). A alcalose respiratória desencadeada pela ofegação altera o equilíbrio do pH sanguíneo por causa da excreção de  $\text{HCO}_3^-$ , alterando o equilíbrio eletrolítico pelo aumento da excreção urinária de  $\text{K}^+$  (potássio) que está estreitamente relacionado ao  $\text{Na}^+$  (sódio) e à hidratação da ave (BORGES et al., 2003). Estes esforços fisiológicos, dentre outros, podem estar relacionados aos mecanismos de homeostasia térmica que desencadeiam a perda produtiva.

A construção da árvore de classificação a partir do atributo temperatura média está coerente com pesquisas sobre ambiência em frangos de corte, que indicam a temperatura como fator de influência sobre o estresse térmico de aves, juntamente com a umidade relativa do ar (MACARI e FURLAN, 2001). Cheppete et al. (2005) ponderou que 75% do desconforto da ave no cálculo do ITU é atribuído à temperatura de bulbo seco, atributo igualmente utilizado no modelo.

O índice de temperatura e umidade (ITU) tem sido amplamente utilizado por pesquisadores para avaliar efeitos de ambientes quentes e úmidos em seres humanos e animais. Este índice indica uma resposta do animal a temperatura e umidade e permitindo associar as variáveis climáticas aos índices de desempenho zootécnico. St-Pierre et al. (2003), estimaram as perdas produtivas Norte Americanas anuais médias de 897, 369, 299 e 128 milhões de Dólares, respectivamente, para as produções de leite, carne bovina, suína e aves através da utilização do ITU (Índice de Temperatura e Umidade), calculado a partir de dados históricos de 257 estações meteorológicas. No caso deste trabalho, com a construção do modelo da Figura 3, o ITU acima de 23,29° C, indica situação de perda produtiva média, o que significa 16% menos em relação a classe alta de ganho de peso, este valor de ITU está coerente com o obtido por Vale et al. (2008) que, para mortalidade, obteve o mesmo valor de ITU calculado igualmente conforme Chepete et al. (2005).

Nienaber e Hahn (2004) discutem sobre o monitoramento de perdas de produtividade em bovinos decorrentes de variáveis climáticas através do acompanhamento das condições ambientais pelo índice de temperatura e umidade (ITU), onde são determinadas condições específicas como a Normal, Alerta, Perigo e Emergência. A utilização da variável ganho de peso segundo as classes estabelecidas (Tabela 1) se mostrou adequada na construção da árvore de decisão permitindo associar o desempenho zootécnico com as variáveis climáticas durante o período de criação conforme apresentado na Tabela 5. Estimativas como as deste estudo, elaborados a partir de dados históricos ou coletados, foi realizado por Zhang et al. (2005) que

utilizou uma técnica de Mineração de Dados, a partir de dados obtidos de trabalhos científicos juntamente com dados de estações meteorológicas.

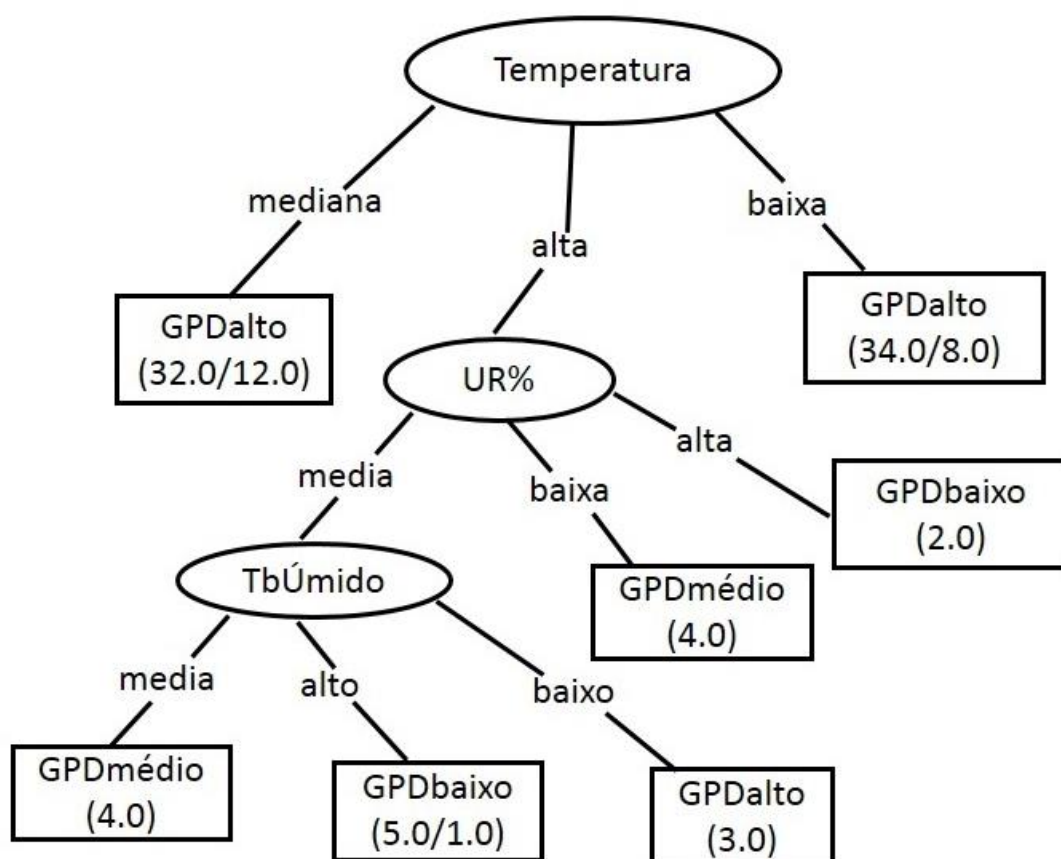


Figura 4. Árvore de classificação do ganho de peso médio diário de frangos de corte com idade de 1 a 42 dias (precisão do modelo de 71,83%, precisão da classe GPDbaixo 0,70; precisão da classe GPDmédio 0,83; precisão da classe GPDalto 0,72).

Onde: temperatura= temperatura do ar em °C; temperatura baixa, 15 a 22° C; temperatura mediana, 22 a 28° C; e temperatura alta, 28 a 38° C; Umidade relativa (UR%) baixa, 20 a 40%; UR média, 40 a 65%; e UR% alta, 65 a 90%; TbÚmido= temperatura de bulbo úmido baixo, 7 a 18°C; TbÚmido médio, 18 a 28°C; e TbÚmido alto, 28 a 35°C; GPD, GPDbaixo= ganho de peso diário  $\leq$  a 50g/dia, GPDmédio = ganho de peso diário entre 51g a 60g/ave/dia e GPDalto= ganho de peso diário > 60g/dia (baseado em COBB, 2010).

A Figura 4 apresenta o modelo de classificação do ganho de peso médio diário (GPD) de frangos de corte em função do ambiente térmico, apresentando a temperatura de bulbo seco como nó raiz. Conforme as regras extraídas do modelo da Figura 4 e apresentadas na Tabela 7, se a temperatura do ar estiver dentro da classe mediana (22 a 28°C) o GPD estará dentro da classe alta (R1), por outro lado, se a temperatura do ar e a umidade relativa estiverem dentro das classes altas, geraram GPD baixo, menor ou igual a 50g por ave dia, condição que

potencialmente pode acarretar até 52,04% de pior GPD (Tabela 1). Este resultado está de acordo com estudo de YAHAV et al. (1995) que verificaram a resposta fisiológica de frangos de corte, entre 5 e 8 semanas de idade, à umidade relativa em ambientes de alta temperatura, observando melhores ganhos de peso corporal e consumo de ração em umidade relativa entre 60 e 65%, devido à dificuldade da ave em realizar trocas térmicas nestas condições.

Tabela 7. Regras obtidas da árvore de decisão da Figura 3 contendo as regras (R) e condicionais das regras para a classificação.

Regra	CONDICIONAIS			CLASSE
R1	SE T = MEDIANA			GPDalto
R2	SE T = MEDIANA	E UR = MÉDIA	E TBU = MÉDIO	GPDmédio
R3	SE T = ALTA	E UR = MÉDIA	E TBU = ALTO	GPDbaixo
R4	SE T = ALTA	E UR = MÉDIA	E TBU = BAIXO	GPDalto
R5	SE T = ALTA		E UR = BAIXA	GPDmédio
R6	SE T = ALTA		E UR = ALTA	GPDbaixo
R7	SE T = BAIXA			GPDalto

A regra R6 (Tabela 7) do modelo da Figura 4, classifica situação em que se a temperatura for alta e a umidade relativa for baixa, tendo como consequente o GPD médio (51 – 60 g/ave/dia). Isso se deve a melhoria na situação de troca térmica com o ambiente menos úmido. Ainda pelas regras da Figura 4, se a temperatura for mediana, a umidade relativa for média, a temperatura de bulbo úmido for média, o GPD será médio, contrapartida se for baixa, o GPD será alto, ou ainda se temperatura de bulbo úmido for alta, o GPD será baixo. Jácome et al. (2007) avaliando índices de conforto térmico de instalações para frangos de corte, encontraram diferenças na variável GPD com valores de umidade relativa do ar que variaram de 58,6% a 75,7%, valores coerentes com os observados neste estudo.

O modelo da Figura 4 apresenta precisão (71,83%) considerada média e a classe GPDmédio foi a que melhor classificou (precisão 0,83 da classe GPDmédio). Outras abordagens de classificação foram de desempenho inferior, consideradas pela análise conjunta com especialistas como modelos inadequados, sendo que apenas as classificações focadas no agrupamento das variáveis ambientais em categorias gerou resultado satisfatório, reforçando a

importância de trabalhar com categorias de condições ambientais, estratégia possível com a técnica de mineração de dados.

O uso da técnica de mineração de dados tem sido aplicado na produção de aves para investigar eventos climáticos, descrever causas de mortalidade e melhorias da produção de matrizes leves; (LIMA e RODRIGUES, 2010) e para frangos de corte (VALE et al., 2008; VALE et al., 2010). Os autores destes estudos destacam a técnica como promissora, pois permite relacionar variáveis diversas, sendo uma ferramenta que auxilia na descoberta de conhecimento. No presente estudo a técnica permitiu gerar modelo para a estimação de perdas produtivas em frangos de corte de forma mais adequada que a meta-análise convencional.

Os modelos de classificação obtidos neste estudo auxiliam a identificar perdas produtivas em frangos de corte através das regras obtidas, permitindo estabelecer condições limite para a ocorrência de perdas produtivas potenciais de até 30,99% para a conversão alimentar, 36,54% no ganho de peso e 52,04% no ganho de peso médio diário. Um exemplo de aplicação é a R1 da Tabela 5. Quando uma condição média de um aviário atingir temperatura de bulbo úmido maior que 25,77°C e temperatura média do ar maior que 32°C, deve-se esperar uma perda potencial de conversão alimentar de até 30,99%. Fatores como a aclimatização, a idade final do lote e estado sanitário irão definir qual o grau de perda para se atingir o máximo potencial.

No caso da R3 da Tabela 7, nas condições de temperatura alta (28 a 38° C) combinada com umidade relativa média (40 a 65%) e temperatura de bulbo úmido alta (28 a 35° C), a expectativa de ganho médio diário para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade é de no máximo 50 g de ganho de peso por ave dia, uma redução de até 52% de desempenho devido ao calor.

A aplicação dos resultados deste estudo pode ser pela estimação das perdas produtivas em integração avícola, sendo que neste estudo, tomou-se como exemplo a região de Teutonia (Anexo 1) no Estado do Rio Grande do Sul, com os dados climáticos do (INMET, 2014), do mês de janeiro e fevereiro de 2014, relacionando os resultados de perdas produtivas aos preços médios do frango no estado teremos os seguintes dados:

Temperatura média: 26,92°C

Umidade relativa média: 71,29%

ITU médio: 25,57° C

TbÚmido médio: 22,29° C

Neste caso, teríamos perdas próximas a 683g por ave no período em uma população de 125 milhões de aves, o que gera 85 toneladas de carne de frango que deixam de ser produzidas

devido ao impacto do calor e da umidade. Com o preço médio praticado no estado de R\$ 2,41, teríamos deixado de produzir perto de R\$205.000,10 em 42 dias, em uma única região, sem avaliar os custos com ração e outros insumos que também perderiam sua eficiência. Além disso, para esta estimativa, haveria a perda potencial de 239,75 toneladas de ração nas perdas produtivas relacionadas à conversão alimentar, equivalendo a aproximadamente R\$203.000,00. Esta estimativa indica que para uma única integração, as perdas potenciais para a perda de conversão alimentar e ganho de peso somam R\$408.000,00, sem considerar a mortalidade e outras perdas indiretas.

## CONCLUSÕES

Nas condições deste estudo foram desenvolvidos três modelos de estimação das perdas produtivas para a conversão alimentar, o ganho de peso absoluto e o ganho de peso médio diário de frangos de corte a partir de banco de dados meta-analítico. Os modelos convergiram para identificar as variáveis temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa do ar e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) como variáveis relevantes na construção dos modelos para perdas produtivas em frangos de corte. Situações de altas temperaturas e alta umidade relativa do ar afetam negativamente o ganho de peso diário de frangos de corte. Valores de 32° C da temperatura do ar, umidade relativa do ar acima de 40%, temperatura de bulbo úmido acima de 25,51 ou 25,77°C e ITU acima de 23,29°C foram condições limite de perdas produtivas variando conforme o parâmetro estimado de conversão alimentar, ganhos de peso médio e ganho de peso médio diário.

Além disso, podemos concluir que em situações de umidade relativa baixa e temperatura alta, geram menores perdas produtivas que em situações de umidade relativa alta e temperatura alta e que a utilização de fórmulas e cálculos de variáveis relacionadas ao banco de dados como o ITU, podem ser fundamentais para a adequação do modelo dentro do processo de mineração de dados e estimação das perdas produtivas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIN BAZIZ, H.; GERAERT, P.A.; PADILHA, J.C.F. et al. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. **Poultry Science**, v. 75, p. 505-513, 1996.
- 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.
- BERNARDI, E. F. F. Uma Arquitetura para Suporte à Mineração de Dados Paralela e Distribuída em Ambientes de Computação de Alto Desempenho. 2010. **Dissertação** (Mestrado) — Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- BERRY, M.; LINOFF, G. Data Mining Techniques: for marketing, sales, and customer relationship management. Indianapolis: [s.n.], 2004.
- BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; FISCHER DA SILVA, A. V. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 975-981, 2003.
- BRAGA, L. P. V. **INTRODUÇÃO A MINERAÇÃO DE DADOS**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005.
- CHAPMAN, P.; CLINTON, J.; KERBER, R.; KHABAZA, T.; REINARTZ, T.; SHEARER, C.; WIRTH, R. CRISP-DM 1.0: step-by-step data mining guide. 2000. 78p. Disponível em: <http://www.crisp-dm.org/CRISPWP-0800.pdf>. Acesso em: 25 Oct. 2013.
- CHEPETE, H.J.; CHIMBOMBI, E.M.; TSHEKO, R. Production performance and temperature humidity index of broilers reared in naturally ventilated houses in Botswana. **Botswana Journal of Agriculture and Applied Sciences**, v. 1, n. 1, p. 19-28, 2005.
- COBB Broiler Nutrition Guide. COBB, 2010. Disponível em: [http://www.visciukai.lt/downloads/ng3\\_broil\\_guide.pdf](http://www.visciukai.lt/downloads/ng3_broil_guide.pdf). Acesso em: 21 set., 2013.
- COPA / COGECA. COMITÉ DÊS ORGANISATIONS PROFESSIONALLES DE LA AGRICOLES DE LA COMMUNITÉ EUROPÉENNE / COMITÉ GENERAL DE LA COOPERATION AGRICOLE. Assessment of the impact of the heat wave and drought of the Summer 2003 on agricultural and forestry. Cologne, Alemanha. 15 p. 2003.
- CURTIS, S.E. Environmental management in animal agriculture. Ames, Iowa State University Press, p.409, 1983.
- D'AGOSTINO, R.B.; WEINTRAUB, M. Meta-analysis: A method for synthesizing research. **Clinical Pharmacology an Therapeutics**, v.58, p.605-616, 1995.
- FAGARD, R.H.; STAESSEN, J.A.; THIJS, L. Advantages and disadvantages of the meta-analysis approach. **Journal of Hypertension**, v.14, n.(S2), p.S9-S13, 1996.

- FAPRI - FOOD AND AGRICULTURAL POLICY RESEARCH INSTITUTE World Meat: FAPRI 2011 Agricultural Outlook. Acesso em: 15/11/13 .Disponível em: <http://www.fapri.iastate.edu/outlook/2011/text/15WorldMeat.pdf>
- FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIRO, G.; SMYTH, P. From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. **AI Magazine**, [S.l.], v.17, p.37-54, 1996.
- FURLAN, R.L.; MACARI, M. Termorregulação. In: Macari, M.; Furlan, R.L.; Gonzales, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. FUNEP/UNESP. Jaboticabal. pp. 209-230. 2002.
- FURLAN, R.L.; FARIA FILHO, D.E.; ROSA, P.S. et al. Does low-protein diet improve broiler performance under heat stress conditions? **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 6, p. 71-86, 2004.
- FURLAN, R.L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: VII SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA04, Chapecó, 2006, Anais... EMBRAPA - Centro nacional de Pesquisa em Suínos e Aves, Chapecó, SC, Brasil, 2006, p. 104-135.
- GERAERT, P.A., PADILHA, J.C.F., GUILLAUMIN, S. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure chickens: biological and endocrinological variables. **Br. J. Nut.**, 75:205-216. 1996.
- GIANNOTTI, J.D.G. Meta-análise de parâmetros genéticos de características de crescimento em bovinos de corte sob enfoques clássico e bayesiano. 2004. 86f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.
- GUYON, I.; ELISSEEFF, A. An introduction to variable and feature selection. **Journal of Machine Learning Research**, v.3, p.1157-1182, 2003.
- HOUGHTEN, F.C.; YAGLOU, C.P. Determining lines of equal comfort. **ASHVE Transaction**, St. Joseph, v.29, n.4, p.163-176, 1923.
- INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, BR. **Glossário**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/informacoes/glossario/glossario.html>. Acesso em: 27/01/2014.
- JÁCOME, I. M. T. D.; FURTADO, D. A.; LEAL, A. F.; SILVA, J. H. V. MOURA, J. F. P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.5, p.527-531, 2007.
- LAROSE, D. T. *Discovering Knowledge in Data: an introduction to data mining*. Hoboken: [s.n.], 2005.
- LIMA, M.G.F.; RODRIGUES, L.H.A. Árvore de decisão aplicada em dados de incubação de matrizes de postura hy-line W36. **Ciência Agrotécnica**, v.34, n.6, p.1550-1556, 2010.
- LIN, H; JIAO, H, C.; BUYSE, J; DECUYPERE, E; Strategies for prevent heat stress in poultry. **Word Poultry Science Journal**, v. 62, p 71-85, 2006.



- LOVATTO, P.A.; LEHNEN, C.R.; ANDRETTA, I.; CARVALHO, A.D.; HAUSCHILD, L. Meta-análise em pesquisas científicas: enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.285-294, 2007.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L. Ambiência na produção de aves em clima tropical. In: Silva, I.J.O. Ambiência na produção de aves em clima tropical. Degaspari. Piracicaba. pp. 31-87. 2001.
- MEDEIROS, C.M. Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. 2001. 115p. **Tese** (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- MENDES, A. A.; MACARI, M. Produção de Frangos de Corte. Campinas, SP: FACTA, 2004.
- MICKELBERRY, WW; ROGLER, J.C; SSTALDEMAN, W.J. The influence of dietary fat and environmental temperature upon chick growth and carcass composition. **Poultry Science**, 45:313-321, 1996.
- 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.
- MOURA, D. J.; NÄÄS, I. A.; QUEIROZ, M. P. G.; AMENDOLA, M. Estimativa do ITGU em diferentes orientações de galpões de frangos de corte, usando a teoria dos conjuntos fuzzy. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, sup. 6, p. 133, 2004.
- NIENABER, J. A.; HAHN, G. L. Engineering and management practices to ameliorate livestock heat stress. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF THE CIGR**. 2 nd Technical Section. NEW TRENDS IN FARM BUILDNGS. Evora, Portugal. May, 2004. CD-Rom.
- OLIVEIRA NETO, A.R; OLIVEIRA, R.F.M; DONZELE, J.L. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho e Características de Carcaça de Frangos de Corte Alimentados com Dieta Controlada e Dois Níveis de Energia Metabolizável. **Revista brasileira de Zootecnia**. 29(1):183-190, 2000.
- PARANHOS DA COSTA, M.J.R. 2000. Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto. *An. Etol.*, 18: 3-15.
- QUINLAN, J.R. Improved use of continuous attributes in c4.5. **Journal of Artificial Intelligence Research**, v.4, p.77-90, 1996.
- 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.
- SAKOMURA, N.K.; Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.6, n.1. pg. 1 – 11, 2004.

- SALGADO, D.D. Modelo estatístico para predição de bem-estar de reprodutoras de frango de corte baseado em dados de ambiente e análise do comportamento. 2006. 126 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- SAS Institute. Statistical analysis system user's guide. Version 8.2 Cary: Statistical Analysis System Institute, 2009.
- ST-PIERRE, N.R. Invited review: Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.741-755, 2001.
- ST-PIERRE, N. R.; COBANOV, B.; SCHNITKEY, G. Economic losses from heat stress by livestock industries. **Journal of Dairy Science**, E. Suppl., p. 52-77, 2003.
- TABLER, G. T.; BERRY, I. L.; MENDENHALL, A. M. Mortality Patterns Associated with Commercial Broiler Production. Disponível em: [www.thepoultrysite.com/FeaturedArticle/FATopic.asp?AREA=ProductionMgmt&Display=253](http://www.thepoultrysite.com/FeaturedArticle/FATopic.asp?AREA=ProductionMgmt&Display=253). Acesso em: 14/11/2013.
- TANKSON, J.D.; VIZZIER-THAXTON, Y.; THAXTON, J.P.; MAY, J.D.; CAMERON, J.A. Stress and nutritional quality of broilers. **Poultry Science**, v.80, n.9, p.1.384-1.389, 2001.
- TEETER, R. G.; BELAY, T. Broiler management during acute heat stress. **Animal Feed Science Technology**, v. 38, p. 127-142, 1996.
- 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.
- UBABEF, Relatório anual 2013 Disponível em: <http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=3293>. Acesso em 05 de dezembro de 2013.
- University of Waikato. WEKA 3.7.2 (Development version). Disponível em: <http://prdownloads.sourceforge.net/weka/weka-3-7-2.zip>. Acesso em: outubro de 2013.
- WITTEN, I. H.; FRANK, E. **Data mining: practical machine learning tools and techniques**. 2nd ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2005.
- VALE, M. M. Caracterização e previsão de ondas de calor com impacto na mortalidade de frangos de corte. 2008. p. 101. **Tese** (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- VALE, M.M.; MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A.; OLIVEIRA, S.R.; RODRIGUES, L.H.A. Data mining to estimate broiler mortality when exposed to heat wave. **Scientia Agricola**, v. 65, pg. 223-229, 2008.
- VALE, M.M.; MOURA D.J.; NÄÄS I.A.; PEREIRA D.F. Heat waves characterization with impact over broilers mortality rates between 29 days old at the slaughter. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.12, n.4, p.279-285, 2010.

ZHANG, B.; VALENTINE, I.; KEMP, P. Modelling the productivity of naturalized pasture in the north island, New Zeland: a decision tree approach. **Ecological Modelling**. Vol 186, p. 299-311, 2005.

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.

# ANEXOS

## Anexo 1- Consulta Dados da Estação Automática: TEUTONIA (RS).

### Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática

Uma estação meteorológica de superfície automática é composta de uma unidade de memória central ("data logger"), ligada a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc), que integra os valores observados minuto a minuto e os automaticamente a cada hora.

[Ver mais...](#)

The image shows a Google Maps interface of South America with a pop-up window for station TEUTONIA-A882. The pop-up window includes a photo of the station, a bar chart, and the following data:

- Estação: TEUTONIA-A882
- Aberta em:
- Latitude: -29.4501°
- Longitude: -51.8242°
- Altitude: 81 metros

Below the map, there is a list of other stations:

- AC - EPITACIOLANDIA
- AC - FEIJO
- AC - MARECHAL THAUMATURGO
- AC - Parque Estadual Chandless
- AC - PORTO WALTER
- AC - RIO BRANCO
- AL - ARAPIRACA
- AL - CORUIPE
- AL - MACEIO
- AL - PALMEIRA DOS INDIOS
- AL - PÃO DE AÇUCAR
- AL - SÃO LUIS DO QUITUNDE
- AM - APUÍ
- AM - AUTAZES
- AM - BARCELOS
- AM - BOCA DO ACRE
- AM - COARI
- AM - EIRUNEPÉ
- AM - HUMAITÁ
- AM - ITACOATIARA
- AM - LÁBREA
- AM - MANACAPURU
- AM - MANAUS
- AM - MANICORÉ
- AM - MAUÉS
- AM - PARINTINS
- AM - PRESIDENTE