



JAQUELINE DE OLIVEIRA CASTRO

**AVALIAÇÃO E MODELAGEM DO
DESEMPENHO DE CODORNAS
JAPONESAS EM POSTURA
SUBMETIDAS A DIFERENTES
AMBIENTES TÉRMICOS**

**LAVRAS – MG
2014**

JAQUELINE DE OLIVEIRA CASTRO

**AVALIAÇÃO E MODELAGEM DO DESEMPENHO
DE CODORNAS JAPONESAS EM POSTURA
SUBMETIDAS A DIFERENTES AMBIENTES
TÉRMICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Tadayuki Yanagi Junior

Coorientadores

Dr. Alessandro Torres Campos

Dr. Edison José Fassani

Dr. Renato Ribeiro de Lima

LAVRAS – MG

2014

JAQUELINE DE OLIVEIRA CASTRO

**AVALIAÇÃO E MODELAGEM DO DESEMPENHO
DE CODORNAS JAPONESAS EM POSTURA
SUBMETIDAS A DIVERSOS AMBIENTES
TÉRMICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Doutor.

APROVADO em 17 de janeiro de 2014.

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Dr. Tadayuki Yanagi Junior | UFLA |
| Dr. Édison José Fassani | UFLA |
| Dr. Fernando da Costa Baêta | UFV |
| Dr. Michele de Oliveira Mendonça | IFSUDESTE-MG |
| Dr. Rony Antonio Ferreira | UFLA |

Dr. Tadayuki Yanagi Junior
Orientador

**LAVRAS – MG
2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Castro, Jaqueline de Oliveira.

Avaliação e modelagem do desempenho de codornas japonesas em postura submetidas a diferentes ambientes térmicos / Jaqueline de Oliveira Castro. – Lavras : UFLA, 2014.

71 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Tadayuki Yanagi Junior.

Bibliografia.

1. Fuzzy. 2. Índices do conforto térmico. 3. Ovos - Produção. 4. Temperatura. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.59

A meus pais, Joana e Rogério, que incondicionalmente me apoiaram e ensinaram o valor da família.

A meu irmão, Pablo, meu melhor amigo.

A meu namorado, Hugo, que sempre me incentivou e apoiou.

Aos meus amigos que sempre torceram pelo meu sucesso.

DEDICO
AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Engenharia (DEG), pela oportunidade concedida para realização do doutorado.

À Coordenação de Amparo à Pesquisa e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores Tadayuki Yanagi Junior, Édison José Fassani e Alessandro Torres Campos pelas orientações e ensinamentos transmitidos, que foram fundamentais para a realização deste trabalho e meu crescimento profissional.

À Danúbia L. de Barros, Marcelo Espósito e Letícia Makiyama, pela ajuda e paciência na condução dos experimentos.

Ao professor Renato, pela ajuda e paciência durante as análises dos dados do experimento.

Aos amigos que indiretamente ajudaram na idealização e realização deste trabalho, Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz, Francine Aparecida de Sousa, Graciene Conceição dos Santos, Leonardo Schiassi, Daiane Cecchin e tantos outros.

RESUMO

Diante da necessidade de se entender melhor as respostas das codornas ao ambiente, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho produtivo e qualidade de ovos de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) sob efeito de diferentes temperaturas, e assim, propor limites para índices de conforto, além de desenvolver um modelo *fuzzy* para a predição do consumo de ração de codornas em fase de postura. Foram conduzidos dois experimentos em períodos diferentes, de 21 dias cada, em quatro túneis de vento climatizados em que as temperaturas contínuas (t_{ar}), em que cada túnel representava um tratamento. Foram utilizadas quatro repetições e oito codornas em cada repetição. No primeiro experimento as t_{ar} foram 20°C, 22°C, 24°C e 26°C e no segundo foram 20°C, 28°C, 30°C e 32°C. A partir dos dados experimentais, da literatura e medições em um galpão experimental foi proposto um modelo *fuzzy* para estimar o consumo de ração de codornas japonesas em postura. Para o desenvolvimento do modelo *fuzzy* foram definidas, como variáveis de entrada, a temperatura do ar (t_{ar} , °C) e a umidade relativa do ar (UR, %), e como variável de saída, o consumo de ração, sendo utilizadas curvas de pertinência trapezoidais. Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) para o peso dos ovos, percentagem de postura, percentagem de ovos viáveis, conversão alimentar, gravidade específica, índice de forma, percentagem de gema, de albúmen, de casca, O consumo de ração diminuiu ($p < 0,05$) à medida que a t_{ar} aumentou. O consumo de água foi aumentado ($p < 0,5$) a partir de 28°C. A temperatura de 20°C apresentou indícios de representar estresse por frio. A espessura da casca, unidade Haugh e unidade de qualidade interna sofreram influência negativa ($p < 0,05$) da temperatura a partir de 28°C. Com base nos resultados, a partir de 76, 77 e 67, respectivamente para ITU, ITGU e H, e abaixo dos valores 66,6, 67,3 e 46,7, respectivamente para os mesmos índices, podem ser considerados preocupantes para a produção de ovos de codornas. O desvio padrão entre os valores do consumo de ração observados e os estimados pelo modelo *fuzzy* variou entre 0,01 g e 1,1 g, sendo o desvio médio de 0,41 g. O erro médio encontrado foi de 2,22 %, e o coeficiente de determinação (R^2) foi igual a 0,83. O sistema *fuzzy* desenvolvido pode ser utilizado para estimar o consumo de ração de codornas japonesas em fase de postura com base na temperatura e umidade relativa do ar.

Palavras-chave: Codornas japonesas. *Fuzzy*. Índices do conforto térmico. Produção de ovos. Temperatura.

ABSTRACT

Faced with the need to better understand the responses of quail to the environment, aimed with this study to evaluate the performance and egg quality of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) in response to different temperatures, and therefore, propose limits for comfort indices, as well as developing a *fuzzy* model for predicting feed intake of quail in the laying phase. Two experiments were conducted at different periods of 21 days each, in four wind tunnels conditioned at the continuous temperatures (t_{ar}), where each tunnel represented a treatment. Four replications and eight quails were used for each repetition. In the first experiment, t_{ar} were 20°C, 22°C, 24°C and 26°C and the second were 20°C, 28°C, 30°C and 32°C. From the experimental data, literature and measurements in an experimental shed was proposed a *fuzzy* model for estimating the feed intake of Japanese quail in laying. To develop the *fuzzy* model were defined as input variables, the air temperature (t_{ar} , °C) and the relative air humidity (RH, %), and as the output variable, feed intake, curves being used trapezoidal pertinence. No differences ($p>0.05$) were observed for egg weight, laying percentage, viable eggs percentage, feed conversion, specific gravity, shape index, percentage of yolk, albumen and shell. Feed intake decreased ($p<0.05$) as the t_{ar} increased. Water consumption was increased ($p<0.5$) from 28°C. The temperatures of 20°C showed signs of represent stress by cold. The shell thickness, Haugh unit and unit of internal quality suffered negative influence ($p<0.05$) in temperature from 28°C. Based on the results, from 76, 77 and 67, respectively to TUI, BGTI and H and the values below 66.6, 67.3 and 46.7, respectively, for the same indices may be considered alarming for egg production of quails. The standard deviation between the observed feed intake value and the estimated *fuzzy* model ranged between 0.01 g and 1.1 g, and the average deviation of 0.41 g. The average error was found of 2.22 %, and the determination coefficient (R^2) was equal to 0.83. The developed fuzzy system can be used to estimate the feed intake of Japanese quail in laying phase based on temperature and relative air humidity.

Keywords: Japanese quail. *Fuzzy*. Thermal comfort indices. Egg production. Temperature.

LISTA DE FIGURAS

PARTE 1 REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1 Desenvolvimento computacional *fuzzy*21

PARTE 2 ARTIGOS

ARTIGO 2

FIGURA 1. Funções de pertinência para as variáveis de entrada (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e (b) umidade relativa (UR) do ar..... 55

FIGURA 2. Curvas de pertinência para a variável de saída, consumo de ração (CR)..... 56

FIGURA 3. Consumo de ração (CR) de codornas japonesas em função da temperatura do ar (t_{ar}) e umidade relativa (UR). 58

FIGURA 4. Frequências observadas para os desvios padrões entre o consumo de ração de codornas japonesas estimado pelo modelo *fuzzy* em função da temperatura do ar (t_{ar}) e umidade relativa (UR)..... 62

FIGURA 5. Coeficiente de determinação (R^2) gerado entre o consumo de ração observado e consumo de ração estimado pela lógica *fuzzy*.. 63

LISTA DE TABELAS

PARTE 2 ARTIGOS

ARTIGO 1

- Tabela 1. Valores desejados e médios observados da temperatura do ar e umidade relativa do ar no interior dos túneis de vento climatizados e respectivos valores de ITU, ITGU e H durante o período experimental..... 36
- Tabela 2. Consumo de ração (CR), peso dos ovos (PO), percentagem de postura (PP), percentagem de ovos viáveis (POV), massa de ovos (MO), conversão alimentar por quilograma (CA) de ovos produzidos e o consumo de água (COA) de codornas japonesas submetidas a diferentes temperaturas (t_{ar}) 38
- Tabela 3. Gravidade específica (GE), índice de forma (IF), percentagem de casca (PC), percentagem de albúmen (PA), percentagem de gema (PG), espessura da casca (EC), unidade Haugh (UH) e unidade interna de qualidade (UIQ), de ovos de codornas japonesas sob diferentes temperaturas (t_{ar})..... 40

ARTIGO 2

- TABELA 1. Conjuntos *fuzzy* para as variáveis de entrada, temperatura do ar (t_{ar}) e umidade relativa (UR) 54
- TABELA 2. Intervalo dos conjuntos *fuzzy* para a variável de saída consumo de ração (CR, $g\ ave^{-1}\ dia^{-1}$) 56
- TABELA 3 Comparação entre os valores observados e simulados pelo sistema *fuzzy* para o consumo de ração 60

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| PARTE 1 – REFERENCIAL TEÓRICO | 11 |
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 2.1 Ambiência e a produção de ovos | 14 |
| 2.1.1 Efeito do estresse por calor sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de codornas japonesas em postura | 17 |
| 2.2 Inteligência artificial | 18 |
| 2.2.1 Lógica <i>Fuzzy</i> | 19 |
| 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 22 |
| REFERÊNCIAS | 23 |
| PARTE 2 – ARTIGOS | 27 |
| ARTIGO 1 | 27 |
| Desempenho e qualidade de ovos de codornas japonesas submetidas a diferentes ambientes térmicos | 27 |
| ARTIGO 2 | 46 |
| Estimativa do consumo de ração de codornas japonesas por meio dos conjuntos <i>Fuzzy</i> | 47 |
| ANEXO A - Esquema ilustrativo do laboratório de ambiência animal | 69 |
| ANEXO B - Vistas superior (a) e lateral (b) do túnel de vento climatizado | 70 |
| ANEXO C - Ingredientes e composição química da dieta basal | 71 |

PARTE 1 – REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

A criação de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) tem ganhado destaque e atraído a atenção dos produtores, pois apresentam como características o rápido crescimento, maturidade sexual precoce, alta produtividade, baixo consumo de ração e longevidade na produção. Essas características fazem a coturnicultura uma alternativa rentável para o produtor.

Apesar de toda a qualidade zootécnica apresentada, as pesquisas relacionadas à ambiência ainda são incipientes. Pouco se encontra na literatura sobre os efeitos do ambiente na produção de codornas japonesas.

Devido à sua importância, a caracterização da faixa de conforto térmico, requer maiores pesquisas para a espécie *Coturnix coturnix japonica*, para que assim seja possível desenvolver formas de manejo que possibilitem melhor desempenho, máximo conforto térmico e bem-estar. Com intuito de se entender as respostas das codornas ao ambiente, observa-se um vasto campo de pesquisa científica e tecnológica.

Dentro do contexto anteriormente abordado, encontra-se o bem-estar e conforto animal, que, até alguns anos, eram tratados de forma secundária, como se o desempenho dos animais dependesse do ambiente, mas hoje se sabe que este é um dos principais causadores de perdas na produção animal em escala industrial. Dessa forma, conhecendo-se as respostas produtivas e comportamentais do animal ao ambiente, é possível trabalhar formas de evitar ou amenizar os efeitos causados pelas diversas variáveis ambientais que atuam sobre a produção.

A avaliação mais realística do ambiente permite a adequação do manejo e das instalações de forma a amenizar os impactos negativos do ambiente sobre o desempenho das aves.

Para auxiliar o controle ambiental e garantir máximo desempenho dos animais, diversas ferramentas computacionais são empregadas como forma mais precisa de avaliação e controle do ambiente.

A aplicação da teoria dos conjuntos *fuzzy* ganhou destaque dentro da avaliação do desempenho e bem-estar na avicultura, pois os modelos desenvolvidos são capazes de tratar problemas complexos que envolvem a incerteza e a subjetividade, aproximando à forma humana de raciocínio.

Essa ferramenta possibilita, também, o emprego de tecnologias mais apropriadas em equipamentos de controle ambiental, podendo ser ajustados para diferentes linhagens, idades e regiões.

Diante do exposto objetivou-se avaliar o desempenho e qualidade de ovos de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) sob efeito de diferentes temperaturas, e assim, propor limites para índices de conforto, além de desenvolver um modelo *fuzzy* para a predição do consumo de ração de codornas japonesas em fase de postura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ambiência e a produção de ovos

Apesar de todos os avanços tecnológicos na produção animal, o ambiente do sistema de criação ainda influencia diretamente o conforto e bem-estar animal (PANDORFI; SILVA; PIEDADE, 2008), promovendo dificuldade na manutenção do balanço térmico no interior das instalações e na expressão de seus comportamentos naturais, afetando o desempenho produtivo das aves (NAZARENO et al., 2009).

O animal porta-se como um sistema termodinâmico, que continuamente troca energia com o ambiente. Nesse processo, os fatores externos do ambiente tendem a produzir variações internas no animal, influenciando na quantidade de energia trocada entre ambos (BAÊTA; SOUZA, 2010).

As aves são animais homeotérmicos capazes de regular a temperatura corporal (ABREU; ABREU, 2011). Assim, a temperatura do ambiente a que se encontra exposto, tem papel decisivo sobre todas as suas respostas fisiológicas, permitindo ou não que a produtividade seja máxima (CASSUCE, 2011).

Na zona termoneutra as aves despendem menor quantidade de energia para manter sua homeotermia, de modo que a maior parte da energia assimilada da ração é destinada aos processos produtivos. Considerando a importância das variáveis ambientais temperatura e umidade relativa do ar, por interferirem na produção e no bem-estar das aves, torna-se necessário que as mesmas sejam monitoradas e bem manejadas, a fim de maximizar a produção. Altas temperaturas afetam o desempenho dos animais reduzindo o consumo de ração e o de nutrientes essenciais às funções fisiológicas (ARAÚJO et al., 2007).

A criação intensiva ou industrial, na qual o animal permanece durante toda a sua vida em instalações fechadas, alterou drasticamente a sua forma

normal de comportamento, criando diversas situações de estresse (SILVA; PANDORFI; PIEDADE, 2008).

O estresse por calor pode diminuir o crescimento, aumentar a mortalidade e piorar a qualidade da casca dos ovos (FERREIRA, 2005). Segundo Abreu e Abreu (2004), quando a temperatura ambiente encontra-se acima da temperatura de conforto, a ave aciona seus mecanismos termorregulatórios para auxiliar a dissipação do calor corporal para o ambiente, uma vez que, nessa faixa, a taxa de produção de calor metabólico normalmente aumenta, podendo ocorrer, também, aumento da temperatura corporal. Nessa faixa, entram em ação mecanismos de defesa físicos e fisiológicos contra o calor.

Nas aves, a troca de calor latente ocorre principalmente através da respiração, entretanto, apenas com o aumento da frequência respiratória esse animal pode não conseguir manter sua temperatura corporal constante, caso a temperatura ambiente esteja muito acima da temperatura de conforto.

Um agravante do estresse por calor em aves é a falta de glândulas sudoríparas (SHIMMURA et al., 2007), o que dificulta a dissipação do calor na forma latente (evaporação), que é a forma mais eficaz de troca de calor.

A susceptibilidade das aves ao estresse por calor aumenta à medida que o binômio, umidade relativa e temperatura ambiente ultrapassam a zona de conforto térmico, dificultando assim, a dissipação de calor, incrementando, conseqüentemente, a temperatura corporal da ave, com efeito negativo sobre o desempenho (BORGES; MAIORKA; SILVA, 2003).

O desconforto térmico em aves de postura também provoca uma série de conseqüências que, por sua vez, estão intimamente ligadas à 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 (NAKANO, 1979).

Ferreira (2005) descreveu os efeitos da temperatura nas aves de postura: com a temperatura ambiente até 10°C, ocorre a queda na produção de ovos e no ganho de peso com impacto negativo sobre a conversão alimentar; entre 10 e 15°C piora na conversão alimentar e a umidade relativa apresenta menor interferência sobre a termólise, que é em sua maioria, da forma sensível; entre 15 e 25°C, ocorre a máxima produção de ovos; até 26°C não ocorre grandes interferências na produção, entretanto, a partir de 25°C ocorre diminuição no consumo de ração; a partir de 26°C o número e o tamanho dos ovos poderão diminuir e a qualidade da casca é alterada; por volta dos 27°C ocorre queda no número e no tamanho dos ovos, ao mesmo tempo que o consumo de ração por quantidade de ovos produzida aumenta, conseqüentemente reduzindo a eficiência reprodutiva; acima de 30°C, observa-se redução no consumo de ração, tamanho do ovo e a qualidade de casca dos ovos se deteriora; aos 32°C o consumo de água poderá ser superior ao dobro observado em ambiente de conforto, nesse momento, a termorregulação fica comprometida; aos 35°C medidas emergenciais de resfriamento devem ser tomadas, pois a sobrevivência é o interesse maior; aos 40°C a temperatura corporal das aves poderá facilmente atingir o limite máximo, podendo ocorrer a morte por hipertermia.

Os fatores ambientais, os fisiológicos ou os comportamentais, todos interferem no conforto animal e são necessários estudos multidisciplinares para o entendimento, cada vez melhor, do bem-estar animal, seja para a obtenção de melhor desempenho, seja para adaptar animais a regiões com clima diferente do de origem (SILVA, 2004).

A avaliação do bem-estar animal na exploração zootécnica pode envolver aspectos ligados às instalações, ao manejo, ao ambiente e, principalmente, à resposta do animal ao meio no dia a dia na unidade de produção (SILVA; PANDORFI; PIEDADE, 2008), essas respostas auxiliam a adequação do manejo e ambiente produtivo.

2.1.1 Efeito do estresse por calor sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de codornas japonesas em postura

Alterações ambientais são facilmente percebidas pelas codornas, atuando como fatores estressantes, sendo que as respostas a esses fatores quase sempre são notadas através da redução na produção de ovos, aumento na taxa de ovos quebrados e redução do consumo de ração (OLIVEIRA, 2002).

Ao avaliar as exigências de proteína bruta (PB) para codornas japonesas, Jordão Filho (2008) observou um aumento progressivo da necessidade de proteína na dieta, à medida que a temperatura ambiente aumentava, segundo o autor, aumento esse ocasionado pelo catabolismo proteico ocorrido quando a temperatura ambiente aumentou.

Pinto et al. (2003a) e Pinto et al. (2003b) observaram diminuição no consumo de ração pelas codornas, quando essas foram submetidas a flutuações térmicas semanais de 14,0 a 30,6°C e 23,2 a 30,5°C, respectivamente.

De acordo com Vercese (2010), a partir de 27°C sob temperaturas contínuas as codornas de japonesas apresentaram evidências de estresse térmico com redução no consumo de ração, peso e massa dos ovos. Segundo o autor a elevação cíclica de 36°C na temperatura ambiente afeta negativamente o percentual de ovos viáveis e o percentual de postura, comprovando o consequente efeito do estresse térmico no metabolismo e no equilíbrio térmico corporal das aves.

Um dos principais efeitos fisiológicos da temperatura elevada é a indução à hiperventilação dos pulmões durante a respiração para dissipação do calor, com perda excessiva de dióxido de carbono do sangue, fator importante na formação do carbonato de cálcio para a casca (JÁCOME et al., 2007).

A perda de dióxido de carbono do sangue pode afetar o equilíbrio ácido-básico durante períodos de altas temperaturas, que desencadeiam um desequilíbrio eletrolítico e mineral, podendo resultar em ovos pequenos e de

casca fina (FURLAN, 2009). Segundo Jácome et al. (2012), dentre os fatores ambientais que levam a produção de ovos com casca fina, a temperatura ambiente é o mais importante.

De acordo com Vercese (2010) a qualidade interna e externa dos ovos de codorna é afetada já aos 27°C e, a partir de 30°C ocorre piora na gravidade específica, sendo esse um importante parâmetro de qualidade da casca dos ovos. Dessa forma, o ambiente deve ser considerado, pois afetam a produção e qualidade dos ovos.

De acordo com Genchev (2012), a viscosidade do albúmen é uma forma importante de se avaliar a qualidade dos ovos. Esse autor, ao estudar a composição do ovo em função da idade da codorna, observou redução na viscosidade do albúmen dos ovos de codornas japonesas durante os meses mais quentes do ano.

Segundo Vercese et al. (2012), a redução da qualidade interna do ovo diz respeito, principalmente, ao índice gema e a unidade *Haugh*. Esses mesmos autores, observaram que sob estresse térmico cíclico não ocorre redução significativa para tais parâmetros, o que reforçaria o fato de que a duração, bem como a magnitude da exposição a temperaturas elevadas são importantes fatores a serem consideradas.

2.2 Inteligência artificial

A inteligência artificial, de acordo com Sallitto (2002), é um campo de conhecimento que oferece modelos de apoio à decisão e ao controle com base em fatos reais e conhecimentos em regressão e teóricos, mesmo que apoiados em dados incompletos.

A inteligência artificial (IA) compreende métodos, ferramentas e sistemas para solucionar problemas que normalmente requer o uso da

inteligência humana. Não somente os humanos podem resolver problemas complexos, mas todos os seres orgânicos também apresentam métodos avançados de solução de problemas complexos e uma capacidade de reação adaptativa. Sendo assim pode-se expandir o termo “inteligência artificial” à tentativa de sistematizar a resolução de problemas a partir da observação dos sistemas complexos existentes na natureza viva. A partir do conhecimento desses sistemas complexos, objetiva-se através da IA desenvolver métodos e modelos que simulam em um sistema computacional a forma como os organismos vivos resolvem problemas (COSTA, 2009).

A inteligência computacional compreende paradigmas computacionais que procuram desenvolver sistemas que apresentam alguma forma de inteligência similar à exibida por determinados sistemas biológicos. Alguns dos paradigmas que compõem a inteligência computacional foram de fato inspirados em sistemas biológicos (como as redes neurais artificiais e a computação evolutiva), enquanto outros, apesar de não terem inspiração biológica, tentam gerar sistemas que produzam algum tipo de comportamento próximo ao observado em sistemas naturais (IYODA, 2000).

2.2.1 Lógica *fuzzy*

Devido à dificuldade de analisar grandes quantidades de informação e a complexidade com que se relacionam os parâmetros de produção de sistemas agrícolas houve a necessidade de buscar metodologias matemáticas que incorporem conhecimentos subjetivos de especialistas e capazes de simular situações para suporte à decisão (AMENDOLA; SOUZA, 2004).

A teoria dos conjuntos *fuzzy* (também chamados de conjuntos nebulosos ou difusos), introduzida em 1965, por Lofti A. Zadeh, tem por objetivo objetiva aproximar a precisão da matemática clássica à imprecisão do mundo real,

confrontando modelos determinísticos a modelos mais flexíveis, modelos estes que envolvem incerteza e subjetividade (MELO; CASTANHO, 2008). Essa teoria baseia-se no princípio de que o pensamento humano é estruturado não em números, mas sim em classes de objetos, cuja transição entre pertencer ou não a um conjunto é gradual e não abrupta (PANDORFI; ALMEIDA; GUISELINI, 2012).

A lógica *fuzzy* é uma teoria que pode ser aplicada a problemas quantitativos e qualitativos, baseando-se em variáveis linguísticas que simulam o pensamento humano, principalmente quando se compara elementos de um conjunto, tais como mais alto, mais frio, melhor (KACPRZYK, 1997).

Segundo Ferreira et al. (2007), um sistema *fuzzy* é composto de variáveis de entrada e saída (Figura 1). Para cada variável, conjuntos difusos que caracterizam essas variáveis são formulados, e para cada conjunto *fuzzy* uma função de pertinência é construída. Posteriormente, as regras que relacionam as variáveis de entrada e saída para os respectivos conjuntos *fuzzy* são definidas. A avaliação computacional de um sistema *fuzzy* é formada de fuzificação (construção de variáveis que definem a saída do estudo, por meio da tradução do valor numérico em valor linguístico), inferência (aplicação do raciocínio *fuzzy* na saída *fuzzy*) e defuzificação (tradução do valor linguístico para valor numérico).

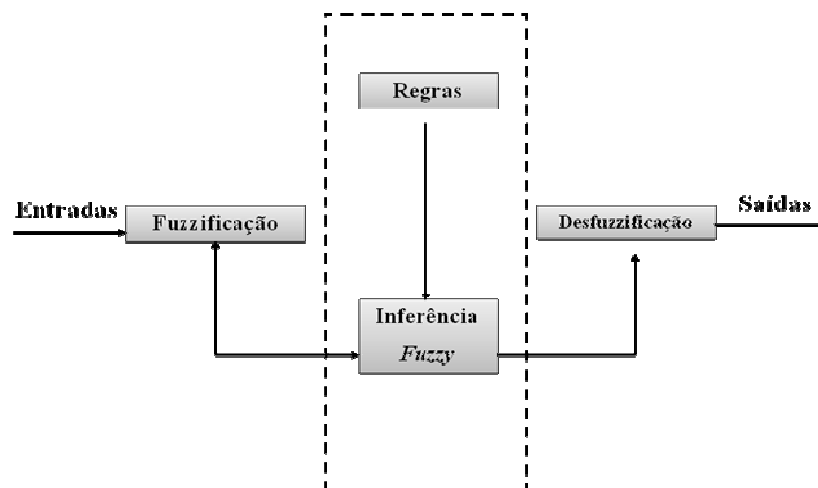


Figura 1 Desenvolvimento computacional *fuzzy*

Em ambientes agrícolas controlados, tais como as instalações de produção animal, torna-se necessário o uso de técnicas de controle das variáveis ambientais. A mineração de dados e a lógica *fuzzy*, dentre outras ferramentas direcionadas para a tomada de decisão e para ações mais precisas, têm contribuído para o avanço e a velocidade das pesquisas em produção animal (PERISSINOTTO et al., 2009).

Diversos autores utilizaram a lógica *fuzzy* para avaliação da ambiência e bem-estar na avicultura (NASCIMENTO et al., 2011; OLIVEIRA; AMENDOLA; NÄÄS, 2005; PEREIRA et al., 2008) e de acordo com Amendola et al. (2004), as pesquisas apontam o potencial da utilização da teoria dos conjuntos *fuzzy* para estabelecer critérios mais objetivos nas decisões dos produtores.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da relação entre o ambiente térmico de produção e o desempenho animal é conhecida e difundida em todo o mundo, entretanto, documentos científicos que possam direcionar o manejo ambiental para codornas japonesas são pouco encontrados na literatura, portanto, muito ainda deve ser feito para que realmente se possa alcançar uma boa produtividade e melhorar o bem-estar dessas aves.

Para auxiliar a tomada de decisões, quanto ao manejo ambiental, técnicas computacionais, aliadas ao entendimento comportamental dos animais, em função das variações ambientais, tornam-se excelentes ferramentas que podem ser implementadas em controladores de sistemas de climatização e alimentação, propiciando melhores condições de bem-estar animal, e consequentemente, maior produtividade.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N. **Conforto térmico para aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. (Comunicado Técnico, 365).
- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, p. 1-14, 2011. (Supl. Especial).
- AMENDOLA, M. et al. Análise matemática de condições de conforto térmico para avicultura usando a teoria dos conjuntos *fuzzy*. **Biomatemática**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 87-92, 2004.
- AMENDOLA, M.; SOUZA, A. L. **Manual do uso da teoria dos conjuntos fuzzy no MATLAB 6.1**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola - Unicamp, 2004. 30 p.
- ARAÚJO, M. S. et al. Níveis de cromo orgânico na dieta de codornas japonesas mantidas em estresse por calor na fase de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 3, p. 584-588, 2007.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269 p.
- BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de cote. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 975-981, set./out. 2003.
- CASSUCE, D. C. **Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil**. 2011 91p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.
- COSTA, E. J. X. Inteligência artificial aplicada à zootecnia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, p. 390-396, 2009.

FERREIRA, L. et al. Development of algorithm using fuzzy logic to predict estrus in dairy cow. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**, Sapporo, v. 4, p. 1-16, Sept. 2007. Part I.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 371 p.

FURLAN, R. L. Produtividade vs comportamento animal. In: CONGRESSO DEPRODUÇÃO, COMERCIALIZAÇÃO E CONSUMO DE OVOS, 7., 2009, São Pedro. **Anais...** São Pedro: APA, 2009. p. 124-141.

GENCHEV, A. Quality and composition of japanese quail eggs (*Coturnix japonica*). **Trakia Journal of Sciences**, Stara Zagora, v. 10, n. 2, p. 91-101, 2012.

IYODA, E. M. **Inteligência computacional no projeto automático de redes neurais híbridas e redes neurofuzzy heterogêneas**. 2000 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

JÁCOME, I. M. T. et al. 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, 2007.

JÁCOME, I. M. T. et al. Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 235, p. 449-456, 2012.

JORDÃO FILHO, J. **Estimativas das exigências de proteína e de energia para manutenção, ganho e produção de ovos em codorna**. 2008. 150 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

KACPRZYK, J. **Multistage fuzzy control**. Chichester: J. Wiley Sons, 1997.

MELO, E. R.; CASTANHO, M. J. P. Modelagem *fuzzy* para diagnóstico diferencial da febre aftosa em bovinos. **Revista Eletrônica Lato Sensu**, Guarapuava, v. 1, p. 1-10, 2008.

NAKANO, M. Problemas da avicultura no verão. **Avicultura Industrial**, Porto Feliz, v. 2, p. 22-27, 1979.

NASCIMENTO, G. R. et al. Índice *fuzzy* de conforto térmico para frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 219-229, mar./abr. 2011.

NAZARENO, A. C. et al. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 802-808, 2009.

OLIVEIRA, B. L. Manejo racional e produtividade das codornas (*Coturnix coturnix japonica*). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 01, 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p. 77-84.

OLIVEIRA, H. L.; AMENDOLA, M.; NÄÄS, I. A. Estimativa das condições de conforto térmico para avicultura de postura usando a teoria dos conjuntos *fuzzy*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.300-307, maio/ago. 2005.

PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 558-568, abr./jun. 2012.

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v. 12, p. 326-332, 2008.

PEREIRA, D. F. et al. C. Sistema *fuzzy* para estimativa do bem-estar de matrizes pesadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 624-634, out./dez. 2008.

PERISSINOTTO, M. et al. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 1498-1498, ago. 2009.

- PINTO, R. et al. Exigência de lisina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 1181-1189, 2003b.
- PINTO, R. et al. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 1166-1173, 2003a.
- SALLITTO, M. A. Inteligência artificial: uma aplicação em uma indústria de processo contínuo. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 9, n. 3, p. 363-376, dez. 2002.
- SHIMMURA, T. et al. Behavior, physiology, performance and physical condition of layers in conventional and large furnished cages in a hot environment. **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 78, p. 314-322, 2007.
- SILVA, I. J.; PANDORFI, H.; PIEDADE, S. M. S. Influência do sistema de alojamento no comportamento e bem estar de matrizes suínas em gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 7, p. 1319-1329, jul. 2008.
- SILVA, K. O. **Viabilidade do uso da rastreabilidade eletrônica na produção de suínos**. 2004. 138 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiente) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- VERCESE, F. **Efeito da temperatura sobre o desempenho e qualidade dos ovos de codornas japonesas**. 2010. 59 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2010.
- VERCESE, F. et al. Performance and egg quality of Japanese quails submitted to cyclic heat stress. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 37-41, Jan./Mar. 2012.

PARTE 2 – ARTIGOS

ARTIGO 1

Desempenho e qualidade de ovos de codornas japonesas submetidas a diferentes ambientes térmicos

Artigo redigido conforme normas da Revista Científica Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia

DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS SUBMETIDAS A DIFERENTES TEMPERATURAS

RESUMO: Objetivou-se avaliar o desempenho e qualidade de ovos de codornas japonesas submetidas a diferentes temperaturas, e propor limites para os índices de temperatura e umidade (ITU) e temperatura de globo e umidade (ITGU) e para entalpia (H). Foram conduzidos dois experimentos em períodos diferentes, de 21 dias cada, em quatro túneis de vento climatizados em que as temperaturas contínuas (t_{ar}), em que cada túnel representava um tratamento. Foram utilizadas quatro repetições e oito codornas em cada repetição. No primeiro experimento as t_{ar} foram de 20°C, 22°C, 24°C e 26°C e no segundo foram de 20°C, 28°C, 30°C e 32°C. Não foram observadas diferenças ($p>0,05$) para o peso dos ovos, percentagem de postura, percentagem de ovos viáveis, conversão alimentar, gravidade específica, índice de forma, percentagens de gema, albúmen e casca. O consumo de ração diminuiu ($p<0,05$) à medida que a t_{ar} aumentou. O consumo de água foi aumentado ($p<0,5$) em 13,5% a partir de 28°C. A t_{ar} de 20°C apresentou indícios de representar estresse por frio. A espessura da casca, unidade *Haugh* e unidade de qualidade interna sofreram influencia negativa ($p<0,05$) da t_{ar} a partir de 28°C. Com base nos resultados, os intervalos de conforto térmico para o ITU, ITGU e H foram de 66,6 a 76, 67,3 a 77 e 46,7 a 67 kJ kg de ar seco⁻¹, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiência. Coturnicultura. Produção de ovos. Temperatura.

**PERFORMANCE AND QUALITY OF EGGS QUAILS JAPANESE
UNDER DIFFERENT THERMAL ENVIRONMENTS**

ABSTRACT: The objective was to evaluate the performance and egg quality of Japanese quails subjected to different temperatures, and propose limits for temperature and humidity indices (TUI) and globe temperature and humidity (BGTI) and enthalpy (H). Two experiments were conducted at different periods of 21 days each, in four wind tunnels conditioned at the continuous temperatures (t_{air}), where each represented a tunnel treatment. Four replicates and eight quail were used for each replicate. In the first experiment, t_{ar} were 20°C, 22°C, 24°C and 26°C and the second were 20°C, 28°C, 30°C and 32°C. No differences ($p>0.05$) were observed for egg weight, laying percentage, viable eggs percentage, feed conversion, specific gravity, shape index, percentage of yolk, albumen and shell. Feed intake decreased ($p<0.05$) as the t_{ar} increased. Water consumption was increased ($p< 0.5$) in 13.5 % from 28°C. The t_{ar} of 20°C showed signs of represent stress by cold. The shell thickness, *Haugh* unit and unit of internal quality suffered negative influence ($p<0.05$) of t_{ar} from 28°C. Based on the results, the ranges of thermal comfort for the TUI, BGTI and H off from 66.6 to 76, 67.3 to 77 and 46.7 to 67 kJ kg of dry air⁻¹, respectively.

KEYWORDS: Ambience. Quail production. Egg production. Temperature.

INTRODUÇÃO

A produção de ovos de codorna tem se desenvolvido de forma expressiva no Brasil. A pequena exigência de espaço, o baixo consumo de ração, o curto intervalo de geração, a maturidade sexual precoce e a persistência em elevada produção de ovos são características vantajosas em comparação a outras aves (Barreto et al., 2007).

A coturnicultura está incorporada na avicultura brasileira contribuindo com produtos de alta qualidade nutricional para a população (Lima et al., 2009). A expansão do setor abriu espaço para melhorias de todos os aspectos da produção como a seleção de linhagens, nutrição, manejo de aves, sanidade, processamento de ovos e carne e, conseqüentemente, pesquisas são necessárias em todas essas áreas (Minvielle, 2004).

Um dos maiores problemas da avicultura tem sido a criação de aves em altas temperaturas. Sabe-se que o estresse por calor acarreta em prejuízos, pois diminui a ingestão de alimentos, o desempenho das aves e, conseqüentemente, a produção de ovos (Fukayama et al., 2005).

Na zona termoneutra, no entanto, as aves despendem pouca energia para manter sua homeotermia, de modo que praticamente toda energia assimilada da dieta é destinada aos processos produtivos (Araújo et al., 2007). A faixa termoneutra está relacionada a um ambiente térmico ideal, no qual as aves encontram condições perfeitas para expressar suas melhores características produtivas (Nazareno et al., 2009).

Sendo assim, para que se possa maximizar a produção, as variáveis ambientais devem ser monitoradas e bem manejadas (Araújo et al., 2007).

Em qualquer estudo de respostas aos efeitos do ambiente na eficiência, conforto e bem-estar animal, é clara a necessidade de expressar numericamente o ambiente que lhe concerne. As viáveis ambientais podem ser expressas por meio de índices, facilitando assim a comparação de diferentes ambientes

(Abreu et al., 2011). Índices que quantificam o ambiente auxiliam na avaliação do conforto e bem-estar animal, balizando a tomada de decisão dos produtores com relação às práticas de manejo mais adequadas a uma determinada região, ou época do ano.

Além dos índices ambientais, análises de parâmetros produtivos e da qualidade dos ovos são exemplos de algumas medidas adotadas para determinação dos efeitos do ambiente de criação sobre o desempenho e o bem-estar das aves (Alves et al., 2007).

Embora seja conhecida a importância do ambiente sobre a produção de ovos, pouco é encontrado na literatura sobre seus efeitos na produção de ovos de codorna. Com vista ao entendimento desses efeitos e melhoria no manejo produtivo de codornas de postura, o presente trabalho teve por objetivo avaliar diferentes temperaturas sobre o desempenho e qualidade de ovos de codornas japonesas, bem como propor limites para três índices do ambiente térmico, de forma a auxiliar os produtores no controle ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos nos períodos de maio a junho e de junho a julho de 2012, de 21 dias cada, em quatro túneis de vento climatizados instalados (Anexo A) em um Laboratório de Ambiência Animal com área de 31,92 m² (5,6 m x 5,7 m), cujo pé-direito é de 3,5m.

Foram utilizadas 128 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em pico de produção (11 semanas de idade) em cada experimento, totalizando 256 codornas. As aves foram selecionadas de acordo com o peso corporal e produção de ovos, para que se obtivesse um lote homogêneo e reduzisse possíveis efeitos individuais. Após a seleção, as aves foram alojadas dentro dos túneis de vento climatizados, onde passaram por um período de aclimação em temperatura considerada de conforto (20 °C) durante dez dias. Considerou-se a temperatura

de 20°C como tratamento controle conforme indicado por Oliveira (2004), em que a faixa de conforto térmico para codornas na fase de produção de ovos está entre 18°C e 22°C.

O laboratório foi equipado com dois sistemas de ar condicionado para a manutenção da variável, temperatura do ar (t_{ar}) nos níveis desejados. Os túneis de ventilação (0,8 x 5,0 m) foram construídos em chapas de aço e tubos de PVC, possuíam recirculação parcial de ar, sendo que, cada túnel possui dois aquecedores elétricos e dois umidificadores, distribuídos em dois estágios de funcionamento. A velocidade do ar foi controlada manualmente por meio de potenciômetros ligados a exaustores de 0,40 m de diâmetro.

O sistema de aquisição e controle das variáveis climáticas foi composto por um *datalogger* (CR1000, *Campbell Scientific*), um multiplexador de canais (AM16/32B, *Campbell Scientific*), um controlador de relés (SDM-CD16AC, *Campbell Scientific*), sensores de t_{bs} e UR (HMP45C, Vaisala), sendo a temperatura de globo negro medida por termopares do tipo T instalados em globos de plástico com 0,02 m de diâmetro, pintados na cor preta-fosca e previamente calibrados em relação ao globo negro padrão.

Os tratamentos no primeiro experimento foram 20°C, 22°C, 24°C, 26°C e no segundo experimento 20°C, 28°C, 30°C e 32°C, sendo a temperatura 20°C o tratamento controle (considerado conforto). Os níveis das temperaturas foram selecionados adotando-se um delta de 2°C em relação à temperatura ótima para a fase de postura (20°C).

A umidade relativa foi mantida em 60% para todos os tratamentos e velocidade do ar foi mantida entre $0,2 \pm 0,1 \text{ m s}^{-1}$.

Foram instaladas quatro lâmpadas incandescentes (20 W) conectadas a um potenciômetro no interior de cada túnel para a obtenção de uma intensidade luminosa igual a $20 \pm 2 \text{ lux}$ e um programa de luz de 16 horas de luz e 8 horas de escuro.

Cada túnel de ventilação continha duas gaiolas, divididas em dois compartimentos (Anexo B), em que, cada compartimento representava uma repetição, totalizando quatro repetições em cada tratamento. As gaiolas apresentavam as seguintes dimensões, 50 cm de comprimento, 38 cm de largura e 21 cm de altura, equipadas com comedouros tipo calha e bebedouros automáticos tipo “copinho”. Foi utilizada uma taxa de lotação de 16 aves por gaiola, sendo oito aves por compartimento, obtendo-se a lotação de 118,75 cm² ave⁻¹.

Durante todo o período experimental, as aves foram submetidas a idêntico manejo alimentar. A alimentação foi *ad libitum* e o arraçãoamento foi realizado quatro vezes ao dia (7h00, 11h00, 15h00 e 19h00). As aves foram alimentadas com ração balanceada (Anexo C), formulada à base de milho e farelo de soja, seguindo as recomendações nutricionais de Rostagno et al. (2011), bem como a composição química dos ingredientes. A água foi mantida em reservatório externo aos túneis (18±1°C) e fornecida *ad libitum*, durante todo o período experimental. O manejo de limpeza das gaiolas foi realizado em intervalos de 24 horas, às 7 horas.

Para avaliação do ambiente térmico foram coletados dados das temperaturas do ar (t_{ar}) e de globo negro (t_{gn}) e da umidade relativa (UR). Foram calculados os índices de temperatura e umidade (ITU), de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), além da entalpia (H).

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi calculado segundo a equação proposta por Thom (1959), em função das temperaturas do ar (t_{ar} , °C) e ponto de orvalho (t_{po} , °C) (equação 1).

$$ITU = t_{ar} + 0,36t_{po} + 41,5 \quad (1)$$

Para se determinar o ITGU, foi utilizada a equação 2 proposta por Buffington (1981), em função das temperaturas de globo negro (t_{gn} , °C) e de ponto de orvalho (t_{po} , °C).

$$ITGU = t_{gn} + 0,36 t_{po} + 41,5 \quad (2)$$

A entalpia (kJ kg de ar seco⁻¹) foi calculada segundo a equação proposta por Albright (1990), (equação 3), em função da temperatura do ar (t_{ar} , °C), da razão de mistura ($W = 0,622 \text{ ea}/P_{atm}$), em que "ea" é a pressão atual de vapor-d'água (mmHg) e P_{atm} é pressão atmosférica do local (mmHg).

$$H = 1,006t_{ar} + W(2501 + 1,805t_{ar}) \quad (3)$$

As características de desempenho avaliadas foram: consumo de ração (CR), quantificado semanalmente; percentagem de postura (PP), percentagem de ovos viáveis (POV), foram quantificadas, diariamente, sendo o número de ovos inteiros, quebrados e inviáveis à comercialização quantificados separadamente para posterior cálculo da POV; peso médio dos ovos (PO), foram mensurados semanalmente; massa de ovos (MO), quantificada através da relação entre o PO e PP; conversão alimentar por quilograma (CA) de ovos produzidos, foi obtida por meio da relação entre PO e MO.

O consumo de água (COA) foi quantificado a cada três dias por meio da pesagem do reservatório de água utilizando-se uma balança digital ($\pm 0,01$ kg).

A análise da qualidade dos ovos foi efetuada para cada temperatura ao final dos 21 dias de coleta de dados, durante três dias consecutivos. As características de qualidade foram: a espessura da casca (EC), por meio de paquímetro digital ($\pm 0,04$ mm), tomando-se três medidas na zona equatorial do ovo, após as cascas serem secas ao ar durante três dias; índice de forma (IF), relação entre o diâmetro menor e maior do ovo; percentagens de gema (PG), de casca (PC) e de albúmen (PA), que foram obtidas dividindo-se os respectivos pesos pelo peso do ovo e o resultado multiplicado por 100, gravidade específica (GE), unidade Haugh (UH) e a unidade interna de qualidade (UIQ).

A UH foi determinada empregando-se a fórmula descrita por Stadelman & Cotterill (1990), equação 4, em função da altura do albúmen (H, mm), do peso do ovo (W, g) e do fator de correção para altura do albúmen (7,57).

$$UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7 W^{0,37}) \quad (4)$$

A UQI é um índice específico para a avaliação da qualidade de ovos de codornas e foi determinada empregando-se a fórmula descrita por Kondaiah et al. (1983), equação 5, em função da altura do albúmen (H, mm), do peso do ovo (W, g) e do fator de correção para altura do albúmen (4,18).

$$UQI = 100 \log (H + 4,18 - 0,8989 W^{0,6674}) \quad (5)$$

Para obtenção da altura do albúmen (mm), os ovos foram quebrados sobre uma mesa com superfície de vidro e a altura foi medida por meio de um paquímetro digital ($\pm 0,04$ mm de acurácia).

A GE foi determinada por meio da imersão de todos os ovos íntegros produzidos nos últimos três dias de cada período experimental em baldes contendo solução de sal (NaCl), com densidades variando de 1,054 a 1,096 g cm⁻³ e gradiente de 0,004 entre elas. Os ovos foram mergulhados nas soluções da menor para a maior concentração, intercalando imersão em balde com água potável após passarem em cada solução salina. Os resultados foram expressos pela média da GE dos ovos da parcela em cada período.

Para que os ovos não sofressem perda na qualidade devido à exposição à temperatura elevada dentro dos túneis, realizou-se o recolhimento dos ovos das 11h às 19h, com intervalos de uma hora e foram armazenados sob temperatura controlada ($18 \pm 1^\circ\text{C}$) no interior do laboratório de ambiência animal.

O delineamento foi inteiramente casualizado, sendo os experimentos avaliados separadamente com total de quatro tratamentos cada (20°C , 22°C , 24°C , 26°C ; 20°C 28°C , 30°C e 32°C) e quatro repetições (oito codornas japonesas por repetição). As variáveis foram submetidas à análise de variância no programa estatístico SISVAR 5.3 (Ferreira, 2010) e as médias foram comparadas através do teste Scott Knott a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tab. 1 são listadas as médias e os desvios padrões das temperaturas e umidades relativas obtidas durante os períodos experimentais.

Tabela 1. Valores desejados e médios observados da temperatura do ar e umidade relativa do ar no interior dos túneis de vento climatizados e respectivos valores de ITU, ITGU e H durante o período experimental.

| Variáveis térmicas | Tratamentos | | | | | | | |
|--|---------------|----------|----------|----------|---------------|----------|----------|----------|
| | Experimento 1 | | | | Experimento 2 | | | |
| t_{desejada} (°C) | 20 | 22 | 24 | 26 | 20 | 28 | 30 | 32 |
| t_{obs} (°C) | 20,8±0,5 | 22,2±0,2 | 24,2±0,2 | 26,1±0,2 | 21,3±0,6 | 28,0±0,3 | 29,9±0,2 | 31,9±0,3 |
| UR_{obs} (%) | 60±2 | 60±2 | 60±0 | 60±1 | 60,7±3 | 59±2 | 60±3 | 60±1 |
| ITU | 66,6 | 68,4 | 71,2 | 73,7 | 67,4 | 76,2 | 78,76 | 81,42 |
| ITGU | 67,3 | 69,1 | 72,0 | 74,5 | 71,1 | 77,2 | 79,7 | 82,1 |
| H (kJ kg ar seco ⁻¹) | 46,7 | 50,5 | 56,4 | 62,1 | 48,1 | 67,2 | 73,8 | 81,4 |

Nota: t_{desejada} e t_{obs} : temperaturas do ar desejadas e observadas no interior dos túneis de vento climatizados; UR_{obs} : umidade do ar observada no interior dos túneis de vento climatizados, sendo que, o valor desejado era de 60%; ITU: índice de temperatura de globo e umidade no interior dos túneis de vento climatizados; ITGU: índice de temperatura de globo e umidade dentro dos túneis de vento climatizados; H: entalpia dentro dos túneis de vento climatizados.

Na Tab. 1 é possível verificar que a temperatura observada (°C) teve baixo desvio padrão, mantendo as temperaturas observadas próximas das desejadas. O tratamento controle (20°C) no segundo experimento foi o que teve maior desvio padrão ($\pm 0,6^\circ\text{C}$), entretanto a temperatura média observada apresentou-se dentro

dos padrões considerados de conforto para codornas japonesas em postura que, segundo (Oliveira, 2004), estão entre 18°C e 22°C.

A umidade relativa apresentou desvios inferiores a 3%, que são aceitáveis para a variável em questão, tendo em vista a acurácia dos sensores e a forma de controle.

Pode-se observar ainda que a partir da temperatura 28°C o ITU supera a zona de conforto térmico para galinhas poedeiras, quando comparado com os valores 71 a 75, estipulados por Barbosa Filho (2004). O ITGU apresentou valores críticos a partir de 30°C, conforme Campos (2000) o limite desse índice para galinhas poedeiras encontra-se entre 70 e 79.

Por sua vez, os valores de H encontram-se dentro da zona de conforto térmico para galinhas poedeiras, entre 64 e 70 Barbosa Filho (2004). Esses limites, entretanto, são específicos para galinhas poedeiras, o que ilustra a necessidade de estudos para serem determinados limites para codornas.

Na Tab. 2 são listados os resultados de desempenho e consumo de água de codornas japonesas submetidas a diferentes temperaturas.

O CR diminuiu à medida que a t_{ar} aumentou, apresentando diferença igual a 5,6% de 20°C para 26°C, no primeiro experimento, e 14,6% de 20°C para 32°C, no segundo experimento. De acordo com Rutz (1994), na tentativa de manter sua temperatura corporal dentro dos limites homeostáticos, as aves reduzem seu consumo quando a t_{ar} aumenta.

Segundo Bordin et al. (2000), para t_{ar} acima de 28°C, a energia disponível não satisfaz a demanda da produção de ovos de codorna, promovendo a diminuição na produção. Quando a t_{ar} atinge 33°C, a ave pode entrar em balanço negativo de energia em virtude de um acelerado processo metabólico.

Tabela 2. Consumo de ração (CR), peso dos ovos (PO), percentagem de postura (PP), percentagem de ovos viáveis (POV), massa de ovos (MO), conversão alimentar por quilograma (CA) de ovos produzidos e o consumo de água (COA) de codornas japonesas submetidas a diferentes temperaturas (t_{ar})

| t_{ar} | CR (g) | PO (g) | PP (%) | POV (%) | MO (g/ave/dia) | CA (g/g) | COA (l/ave/dia) |
|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------------|-------------|--------------------|
| Experimento 1 | | | | | | | |
| 20°C | 28,6a | 11,0a | 95,5a | 94,8a | 10,5a | 2,7a | 0,040a |
| 22°C | 27,7b | 10,9a | 87,1a | 87,1a | 9,5a | 2,9a | 0,040a |
| 24°C | 26,6c | 11,0a | 90,6a | 87,1a | 9,9a | 2,7a | 0,040a |
| 26°C | 27,0c | 10,9a | 93,0a | 92,7a | 10,1a | 2,7a | 0,042a |
| CV (%) | 1,24 | 2,73 | 5,7 | 6,5 | 5,3 | 5,6 | 14,43 |
| Experimento 2 | | | | | | | |
| 20°C | 27,4a | 10,9a | 89,1a | 89,7a | 9,7a | 2,8a | 0,041a |
| 28°C | 24,4b | 10,4a | 86,3a | 87,9a | 9,0a | 2,7a | 0,044a |
| 30°C | 24,4b | 10,3a | 86,5a | 90,1a | 8,9a | 2,7a | 0,051b |
| 32°C | 23,4b | 9,7a | 85,3a | 86,3a | 8,3a | 2,8a | 0,051b |
| CV (%) | 3,14 | 5,6 | 5,0 | 5,4 | 8,9 | 8,1 | 21,12 |

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

A diminuição no CR é uma das primeiras alterações observadas quando as aves são submetidas ao estresse por calor. Pinto et al. (2003) ao estudarem as exigências de lisina, constataram que as flutuações térmicas semanais entre 23,2°C e 30,5°C, diminuíram o consumo de ração de codornas em postura.

Em galinhas poedeiras o efeito do estresse térmico por calor sobre o consumo de ração apresenta-se mais acentuado que o observado em codornas. Faria et al. (2001) ao trabalharem com galinhas poedeiras com 31 semanas de idade submetidas à termoneutralidade (24,8°C a 27°C) e ao estresse constante por calor (30,0°C a 32°C) observaram redução de 40,9% no consumo de ração. Enquanto Vercese (2010), ao trabalhar com codornas japonesas com 21 semanas de idade submetidas à temperatura termoneutra constante (21°C) e temperatura constante de 33°C observaram diminuição de 22,04% no consumo de ração.

No primeiro experimento, as codornas sob efeito da temperatura considerada de conforto ($20,8\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) apresentaram consumo de ração elevado (28,6 g) em relação ao considerado normal para codornas japonesas por ALBINO & BARRETO (2003), que se encontra entre 23,0 e 26,0 g/ave/dia. O mesmo fato não ocorreu no segundo experimento, em que a t_{ar} média foi igual a $21,3\pm 0,6^{\circ}\text{C}$. Esse pode ser um indício de que a temperatura igual a $20,8\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ causaria desconforto por frio nas codornas.

O COA foi significativamente aumentado ($p<0,5$) em 13,7% quando a t_{ar} ultrapassou 28°C . O aumento do COA é uma consequência direta do estresse calórico, pois é uma forma de dissipar calor por meio da condução, além de repor a água evaporada no trato respiratório. Segundo Macari et al. (1994), a temperatura da água não deve ultrapassar 24°C , pois acima desse valor as trocas térmicas entre a água e a ave são diminuídas. O reservatório de água foi mantido sob temperatura de $18\pm 1^{\circ}\text{C}$, o que pode ter favorecido as trocas térmicas entre as codornas e a água, ajudando-as a suportar o estresse por calor.

Apesar da diminuição observada no CR, e a quantidade de ração ingerida influenciar diretamente na disponibilidade de nutrientes para a produção de ovos, não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$) para PO, PP, POV, MO e CA. Esses resultados, possivelmente, são decorrentes do fato da diminuição no CR ($p<0,05$) e o aumento significativo ($p<0,05$) no COA, conseguirem controlar a homeostase das codornas, favorecendo o desempenho sob condições de estresse térmico em temperaturas contínuas. Outro fato que pode ter favorecido é que as codornas, quando adultas, apresentam tolerância maior às temperaturas elevadas devido à sua maior superfície corporal em relação à massa, o que permite maior dissipação do calor gerado (MacLeod & Dabhuta, 1997).

Makiyama (2012) em experimento com codornas japonesas avaliando o efeito da iluminação, ao enfrentar uma semana de onda de calor ($30,4^{\circ}\text{C}$),

observou que as codornas reduziram o CR sem afetar de forma significativa a produção e perdas de ovos.

Na Tab. 3 são listados os resultados de qualidade de ovos de codornas japonesas sob diferentes temperaturas.

A GE, IF, PC, PA, PG não foram afetados de forma significativa ($p>0,05$) pelas diferentes t_{ar} . Esses resultados podem ser explicados da mesma forma que o ocorrido com o PO, PP, POV, MO e CA.

A GE, no entanto, está diretamente ligada à perda de água que ocorre no ovo logo após a postura por meio da evaporação, que provoca a diminuição da GE devido ao aumento progressivo na câmara de ar (Santos et al., 2009).

Tabela 3. Gravidade específica (GE), índice de forma (IF), percentagem de casca (PC), percentagem de albúmen (PA), percentagem de gema (PG), espessura da casca (EC), unidade Haugh (UH) e unidade interna de qualidade (UIQ), de ovos de codornas japonesas sob diferentes temperaturas (t_{ar})

| t_{ar} | GE (g/cm ³) | IF | PC (%) | PA (%) | PG (%) | EC (mm) | UH | UIQ |
|---------------|----------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------|-------|
| Experimento 1 | | | | | | | | |
| 20°C | 1,069a | 0,78a | 7,7a | 61,6a | 30,7a | 0,22a | 85,7a | 53,0a |
| 22°C | 1,067a | 0,77a | 7,6a | 61,1a | 31,2a | 0,21a | 85,3a | 52,0a |
| 24°C | 1,067a | 0,78a | 7,8a | 61,4a | 30,8a | 0,22a | 84,6a | 50,3a |
| 26°C | 1,068a | 0,79a | 8,0a | 61,5a | 30,2a | 0,22a | 85,4a | 52,2a |
| CV (%) | 0,1 | 1,5 | 3,2 | 1,98 | 4,0 | 3,6 | 1,8 | 5,9 |
| Experimento 2 | | | | | | | | |
| 20°C | 1,067a | 0,80a | 7,7a | 62,8a | 29,5a | 0,23a | 87,8a | 58,8a |
| 28°C | 1,066a | 0,79a | 7,9a | 63,2a | 28,8a | 0,21b | 84,7b | 53,2b |
| 30°C | 1,065a | 0,80a | 7,8a | 63,3a | 28,8a | 0,20b | 83,4c | 50,3c |
| 32°C | 1,066a | 0,79a | 7,9a | 62,7a | 29,3a | 0,21b | 82,5c | 48,6c |
| CV (%) | 0,20 | 1,3 | 4,2 | 1,36 | 3,7 | 2,8 | 2,03 | 3,7 |

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott Knott ($p<0,05$).

A temperatura ambiente influencia diretamente a GE, tornando-a menor com o aumento da temperatura. Franco-Jimenez et al. (2007) que, ao estudarem o efeito do estresse térmico sobre três diferentes linhagens de galinhas poedeiras, encontraram efeitos negativos do aumento da temperatura sobre a GE.

Neste trabalho, os ovos não foram submetidos às diferentes temperaturas dentro dos túneis de vento climatizados, pois foi realizado o recolhimento dos mesmos assim que eram postos, o que pode ter levado aos resultados encontrados para a GE.

A EC, a UH e a UQI sofreram influencia negativa ($p < 0,05$) da temperatura a partir de 28°C. A espessura da casca é a variável de qualidade que mais sofre influência direta devido ao estresse térmico.

Segundo Trindade et al. (2007), a redução da EC, decorre da tentativa de controlar a temperatura corporal por meio de movimentos respiratórios mais acelerados, esse comportamento tem como consequência a redução dos níveis de cálcio e bicarbonato do sangue que são utilizados pelas aves para a deposição do carbonato cálcio na casca do ovo. Simultaneamente, o ambiente de temperatura do ar elevado provoca diminuição no CR que, por sua vez, determina uma diminuição no consumo de cálcio, fósforo e vitamina D3.

Para galinhas poedeiras altos da UH valores indicam maior qualidade dos ovos e, de acordo com o USDA Egg-Grading Manual (2005), podem ser classificados em tipo AA (100 até 72) como excelente qualidade, A (71 até 60) como qualidade alta, B (59 até 30) como qualidade média, C (29 até 0) como baixa qualidade. Os resultados encontrados indicam, que apesar das diferenças encontradas entres os tratamentos, que em todas as temperaturas a classificação dos ovos é AA. Esse fato pode ser explicado pela retirada dos ovos de dentro dos túneis de vento climatizados e mantidos em ambiente com temperatura controlada, o que evitou maiores perdas na qualidade dos ovos.

A UQI é um índice específico para a avaliação da qualidade interna de ovos de codornas, porém pouco utilizado na literatura por apresentar valores mais baixos que a UH e por não existir uma classificação específica. Entretanto, ao relacionar os valores obtidos com a UH aos obtidos com a UIQ, podemos inferir que valores a partir de 48,6 para UIQ representam maior qualidade dos ovos.

Como o desempenho e a qualidade dos ovos de codorna começam a ser afetados a partir dos 28°C, para as condições desse experimento, pode-se inferir que os valores dos índices do conforto térmico, ITU, ITGU e H, os quais se tornariam preocupantes para a produção de ovos de codorna devido à temperaturas elevadas, sendo classificados como "atenção", são 76, 77 e 67 kJ kg de ar seco⁻¹, respectivamente. O estado de atenção significa que os produtores devem ficar atentos ao ambiente e ao manejo para evitar que perdas significativas ocorram na produção.

O resultado encontrado está de acordo com Guimarães et al. (2014), que ao estudarem o efeito da estação do ano sobre o desempenho produtivo de codornas japonesas e europeias com 60 dias de idade no semiárido paraibano, observaram que o consumo de ração médio com o ITGU médio igual a 72,89±0,21 ($t_{ar} = 22,5 \pm 0,11^\circ\text{C}$ e UR = 82,8±0,13%) foi de 28,7g, enquanto o ITGU médio igual a 76,58±0,16 ($t_{ar} = 26,77 \pm 0,08^\circ\text{C}$ e UR = 62,52±0,13%) foi 24,8g. Os mesmos autores observaram que a produção de ovos (%) e a conversão alimentar (g/g) sofreram reduções de 5,0% e 9,9%, respectivamente, sob as condições ambientais anteriormente citadas.

Valores de 66,6; 67,3 e 46,7 kJ kg de ar seco⁻¹ para ITU, ITGU e H, respectivamente, também seriam preocupantes para a produção de ovos de codorna, pois estão relacionados ao tratamento 20°C (20,8±0,5°C) do primeiro experimento, que apresentou indícios de desconforto por frio.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que as codornas japonesas foram capazes, dentro de certos limites, de se adaptarem a condição de estresse contínuo, sendo o mais perceptível sinal do estresse térmico no desempenho, a diminuição no consumo de ração e o aumento no consumo de água e na qualidade dos ovos a espessura da casca e a unidade Haugh.

Os resultados possibilitam inferir que os intervalos de conforto térmico para o ITU, ITGU e H foram de 66,6 a 76, 67,3 kJ kg de ar seco⁻¹ a 77 e 46,7 e 67 kJ kg de ar seco⁻¹, respectivamente, resultados fora desses intervalos caracterizam estresse, podendo causar perdas produtivas na produção de ovos de codornas japonesas.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; FRANCISCON, L. et al. Estimativa da temperatura de globo negro a partir da temperatura de bulbo seco. *Eng. Agric.*, v.19, n.6, p.557-563, nov./dez. 2011.

ALBINO, L. F. T.; BARRETO, S. L. T. **Criação de codornas para produção de ovos e carne**. 1 ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2003. 289p.

ALVES, S. P.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras comerciais: efeitos do sistema de criação e do ambiente bioclimático sobre o desempenho das aves e a qualidade de ovos *R. Bras. de Zootec.*, v.36, n.35, p.1388-1394, 2007.

ALBRIGHT, L. D. Environment control for animals and plants. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers Michigan. 1990. 453p. ASAE Textbook, 4.

ARAÚJO, M. S.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Níveis de cromo orgânico na dieta de codornas japonesas mantidas em estresse por calor na fase de postura. *R. Bras. de Zootec.*, v.36, n.3, p.584-588, 2007.

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. 123p. *Dissertação* (Doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo. 2004.

BARRETO, S. L. T.; ARAÚJO, M. S.; UMIGI, R. T. et al. Níveis de sódio em dietas para codorna japonesa em pico de postura. *R. Bras. de Zootec.*, v.36, n.5, p.1559-1565, 2007. (supl.)

BORDIN, R. A.; MATTOS, C.; FERNANDES, F.; Influência do estresse por calor no ciclo de produção de ovos de codorna. In: Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico, 3. 2000, Mogi das Cruzes. *Anais... Mogi das Cruzes*, 2000. p.205-215.

BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transac ASAE*, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714. 1981.

CAMPOS, E. J. *Avicultura: razões fatos e divergências*. Editora FEPMVZ, Belo Horizonte MG, 2000. 311p.

FARIA, D. E. et al. Desempenho, Temperatura Corporal e Qualidade dos Ovos de Poedeiras Alimentadas com Vitaminas D e C em Três Temperaturas Ambiente. *Rev. Bras. de Ciênc. Avíc.* v.3, n.1, p.49-56, 2001.

FERREIRA, D. F. Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de Experimentos-SISVAR 5.3. Universidade Federal de Lavras, 2010.

FRANCO-JIMENEZ, D. J.; SCHEIDELER, S. E.; KITTOK, R. J. et al. Differential effects of heat stress in three strains of laying hens. *J. Appl. Poult. Res.*, v.16, p.628-634, 2007.

FUKAYAMA, E. H. et al. Efeito da temperatura ambiente e do empenamento sobre o desempenho de frangas leves e semipesadas. *Ciênc. e Agrotec.*, v.29, n.6, p.1272-1280, 2005.

GUIMARÃES, M.C. C. et al. Efeito da estação do ano sobre o desempenho produtivo de codornas no semiárido paraibano. *R. Bras. Eng. Agríc. Amb.*, v.18, n.2, p.231-237, 2014.

KONDAIAH, N., PANDA, B., SINGHAL, R. A. Internal egg-quality measure for quail eggs. *Indian J. Anim. Sci.*, v.53, n.11, p.1261-1264, 1983.

LIMA, H. J D'A.; BARRETO, S. L. T.; MENDES, F. R. et al. Viabilidade econômica do uso de fitase em rações para codornas japonesas em postura. *Global Scien. Technol.*, v.2, n.3, p.58-65, set./dez. 2009.

MACARI, M., FURLAN, R.L., GONZALES, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal:FUNEP, 296p., 1994.

MACLEOD, M. G.; DABHUTA, L. A. Diet selection by Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) in relation to ambient temperature and metabolic rate. *Brit. Poult. Scien.*, v.38, p.586-589, 1997.

MAKIYAMA, L. Programas de iluminação para codornas japonesas no período de recria e desempenho na fase de postura. 2012. 63p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, 2012.

MINVIELLE, F. The future of Japanese quail for research and production. *W. Poult. Scien. J.*, v.60, dez. 2004.

NAZARENO, A. C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P. et al. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. *R. Bras. Eng. Agr. Amb.*, v.13, n.6, p.802-808, 2009.

OLIVEIRA, B. L. Importância do manejo na produção de ovos de codornas. In: Simpósio Internacional de Coturnicultura, 2.; Congresso Brasileiro de Coturnicultura, 1. 2004, Lavras. *Anais...* Lavras: UFLA, 2004. p.91

PINTO, R.; FERREIRA, A. S.; DONZELE, J. L. et al. Exigência de lisina para codornas japonesas em postura. *R. Bras. Zootec.*, v.32, n.5, p.1181-1189, 2003.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. Exigências nutricionais de codornas japonesas. In: ROSTAGNO, H. S. (Ed). Tabelas

Brasileiras para Aves e Suínos - Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. p.157-166

RUTZ, F. Aspectos fisiológicos que regulam o conforto térmico das aves. IN: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, Santos. *Anais...* Santos: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1994. p.99-110.

SANTOS, M. S. V. et al. Efeito da temperatura e estocagem em ovos. *Ciênc. e Tecnol. de Aliment.*, v.29, n.3, p.513-517, 2009.

STALDEMAN, W. J.; COTTERILL, O. J. Food Products Prees. *Egg Sciec. Technol.*, New York, 1990. 37p.

THOM, E.C. The discomfort index. *Weatherwise*, v.12, n.1, p.57-60, 1959.

TRINDADE, J. L.; NASCIMENTO, J. W. B.; FURTADO, D. A. Qualidade do ovo de galinhas poedeiras criadas em galpões no semiárido paraibano. *R. Bras. Eng. Agr. Amb.*, v.11, n.6, p.652-657, 2007.

USDA. *Egg-Grading Manual*. Washington: Department of Agriculture. 2000. 56p. (Agricultural Marketing Service, 75).

VERCESE, F. Efeito da temperatura sobre o desempenho e qualidade dos ovos de codornas japonesas. 2010. 59p. *Dissertação* (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2010.

ARTIGO 2

Estimativa do consumo de ração de codornas japonesas por meio dos conjuntos *fuzzy*

Artigo redigido conforme normas da Revista Ciência e Agrotecnologia

**ESTIMATE OF FEED INTAKE OF JAPANESE QUAILS THROUGH THE
FUZZY SETS**

ABSTRACT: The growth of quail production has found barriers to maximizing the production: one of them is the breeding environment, which exerts direct and indirect effects on production and welfare, making efficient monitoring and control of the breeding environment an important factor for the success of the production. The objective was to develop a model based on *fuzzy* set theory for predicting feed intake of Japanese quails in laying. The proposed *fuzzy* model was developed based on experimental data derived from field measurements, laboratory and the literature, regarding the environmental influence on feed intake (FI, g) of Japanese quails in laying. To develop the *fuzzy* system were defined as input variables, the temperature (t_{air} , °C) and relative air humidity (RH, %), and as output variable FI, trapezoidal membership functions are used. The standard deviation among the FI values observed and estimated by the *fuzzy* system, varied between 0.01 g and 1.10 g, and the average deviation of 0.41 g. The average error found was 2.22%, and the coefficient of determination (R^2) was equal to 0.93. The *fuzzy* system developed to estimate FI of Japanese quail, based on t_{air} and RH, yielded low mean values of standard deviation and percentage error, enabling the estimation realistically feed intake for different ambient temperature.

KEYWORDS: Japanese quail, feed intake, production of quail, temperature.

**ESTIMATIVA DO CONSUMO DE RAÇÃO DE CODORNAS
JAPONESAS POR MEIO DOS CONJUNTOS FUZZY**

RESUMO: O crescimento da coturnicultura tem encontrado barreiras que dificultam a maximização da produção, um deles é o ambiente de criação, que exerce efeitos diretos e indiretos sobre a produção e o bem-estar, tornando o monitoramento e controle eficiente do ambiente de criação um fator importante para o sucesso da produção. Objetiva-se com o presente foi desenvolver um modelo baseado na teoria dos conjuntos *fuzzy* para a predição do consumo de ração de codornas japonesas em postura. O modelo *fuzzy* proposto foi elaborado com base em dados experimentais oriundos de medições em campo, laboratório, bem como da literatura, a respeito da influência do ambiente sobre o consumo de ração (CR, g) de codornas japonesas em postura. Para o desenvolvimento do modelo *fuzzy* foram definidas, como variáveis de entrada, a temperatura (t_{ar} , °C) e a umidade relativa do ar (UR, %), e como variável de saída, o CR, sendo utilizadas funções de pertinência trapezoidais. O desvio padrão entre os valores do CR observados e os estimados pelo modelo *fuzzy* variou entre 0,01 g e 1,10 g, sendo o desvio médio de 0,41 g. O erro médio encontrado foi de 2,22%, e o coeficiente de determinação (R^2) foi igual a 0,93. O modelo *fuzzy* desenvolvido para estimar o CR de codornas japonesas, com base na t_{ar} e UR, proporcionou baixos valores médios de desvio padrão e erro percentual, possibilitando estimar o consumo de ração para diferentes temperaturas ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Codorna japonesa, consumo de ração, produção de codornas, temperatura.

INTRODUÇÃO

O crescimento da coturnicultura tem encontrado barreiras que dificultam a exploração e a maximização da produção (TEIXEIRA et al., 2013), uma delas é o ambiente de criação, que exerce efeitos diretos e indiretos sobre a produção e o bem-estar animal (ROCHA et al., 2010), tornando o monitoramento e o controle eficiente desse ambiente fatores importantes para o sucesso da produção (SILVA et al., 2013).

As altas temperaturas têm sido um dos maiores problemas da avicultura. Sabe-se que o estresse por calor acarreta em muitos prejuízos, pois diminui a ingestão de alimentos e reduz o desempenho das aves (FUKAYAMA et al., 2005). Na zona termoneutra, no entanto, as aves despendem pouca energia para manter sua homeotermia, de modo que praticamente toda energia assimilada da dieta é destinada aos processos produtivos (ARAÚJO et al., 2007), pois está relacionada a um ambiente térmico ideal, no qual as aves encontram condições perfeitas para expressar suas melhores características produtivas (NAZARENO et al., 2009).

Análises de parâmetros produtivos e da qualidade dos ovos são exemplos de algumas medidas adotadas para determinação dos efeitos do ambiente de criação sobre o desempenho e o bem-estar das aves (ALVES et al., 2007). Nas codornas, como em outras espécies de aves, o consumo é regulado pela densidade energética da dieta e pela exigência nutricional (MOURA et al., 2010), bem como pela temperatura ambiente (SILVA et al., 2012).

Para melhor avaliar o ambiente de produção animal, tem-se buscado o auxílio de métodos inovadores, ferramentas não invasivas de avaliação e controle do bem-estar em ambiente confinado (BORGES et al., 2010). Assim, a modelagem computacional tem se mostrado importante na tomada de decisões para problemas de difícil resolução na avicultura, produzindo resultados eficientes em um curto intervalo de tempo, podendo ser usada no cotidiano da indústria e na pesquisa avícola (RONDÓN et al., 2002).

A teoria dos conjuntos *fuzzy*, introduzida em 1965, por Lofti A. Zadeh, objetiva aproximar a precisão da matemática clássica à imprecisão do mundo real, confrontando modelos determinísticos a modelos mais flexíveis, modelos esses que envolvem incerteza e subjetividade (MELO & CASTANHO, 2008).

A teoria dos conjuntos *fuzzy* mostra-se como uma metodologia que possibilita estimar o desempenho e bem-estar animal, pois, segundo PONCIANO et al. (2011), é uma teoria matemática aplicada a conceitos difusos, que utiliza variáveis linguísticas, palavras ou sentenças como base, as quais desempenham papel importante no tratamento da imprecisão. Trata-se então, de uma metodologia interessante na tomada de decisão, possibilitando, a predição de variáveis respostas de interesse, como por exemplo, consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, temperatura corporal, etc. Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver um modelo baseado na teoria dos

conjuntos *fuzzy* para a predição do consumo de ração de codornas japonesas em postura.

MATERIAL E MÉTODOS

Um modelo *fuzzy* é constituído por variáveis de entrada e saída. Para cada variável, são atribuídos conjuntos *fuzzy* que as caracterizam, sendo que, para cada conjunto *fuzzy* é criada uma função de pertinência.

O modelo *fuzzy* proposto foi elaborado a partir de dados experimentais oriundos de medições em galpão experimental no período de fevereiro a maio de 2010 e abril a junho de 2011, em um laboratório de ambiência animal, bem como da literatura (SAHIN & KUCUK, 2003; COSTA, 2006; ARAÚJO et al., 2007; VERCESE, 2010; LIMA et al., 2012), a respeito da influência do ambiente (temperatura e umidade relativa) sobre o consumo de ração de codornas japonesas em postura.

Para o desenvolvimento do sistema *fuzzy* foram definidas, como variáveis de entrada a temperatura do ar (t_{ar} , °C) e a umidade relativa (UR, %). Essas variáveis foram escolhidas devido à temperatura do ar ser considerada o fator climático com maior influência sobre o ambiente físico do animal (McDOWELL, 1974) e a UR influenciar de forma marcante o balanço térmico

em ambientes em que a dissipação de calor por evaporação é crucial à homeotermia (YOUNG, 1988).

Com base nas variáveis de entrada o sistema *fuzzy* prediz o consumo de ração de codornas japonesas por meio da classificação do ambiente. Os intervalos admitidos para as variáveis de entrada (t_{ar} , °C; UR, %), listados na Tabela 1, foram representados por curvas de pertinência trapezoidais (Figura 1), pelo fato de representarem melhor o comportamento dos dados de entrada.

O método de inferência *fuzzy* utilizado foi o de Mamdani (AMENDOLA & SOUZA, 2004) que, como resposta, traz um conjunto *fuzzy* originado da combinação dos valores de entrada com os seus respectivos graus de pertinência através do operador mínimo e, em seguida, pela superposição das regras por meio do operador máximo. A defuzificação foi realizada, utilizando-se o método do Centro de Gravidade (Centroide ou Centro de Área), que considera todas as possibilidades de saída, transformando o conjunto *fuzzy*, originado pela inferência, em valor numérico.

TABELA 1. Conjuntos *fuzzy* para as variáveis de entrada, temperatura do ar (t_{ar}) e umidade relativa (UR)

| Variáveis de entrada | Conjuntos <i>fuzzy</i> |
|------------------------------------|-------------------------|
| Temperatura do ar (t_{ar} , °C) | t_{ar} 1 [18,0; 20,0] |
| | t_{ar} 2 [19,0; 22,0] |
| | t_{ar} 3 [21,0; 24,0] |
| | t_{ar} 4 [23,0; 26,0] |
| | t_{ar} 5 [25,0; 30,0] |
| | t_{ar} 6 [29,0; 32,0] |
| Umidade relativa (UR, %) | UR1 [45,0; 55,0] |
| | UR2 [50,0; 65,0] |
| | UR3 [60,0; 71,0] |
| | UR4 [70,0; 77,0] |
| | UR5 [73,0; 80,0] |

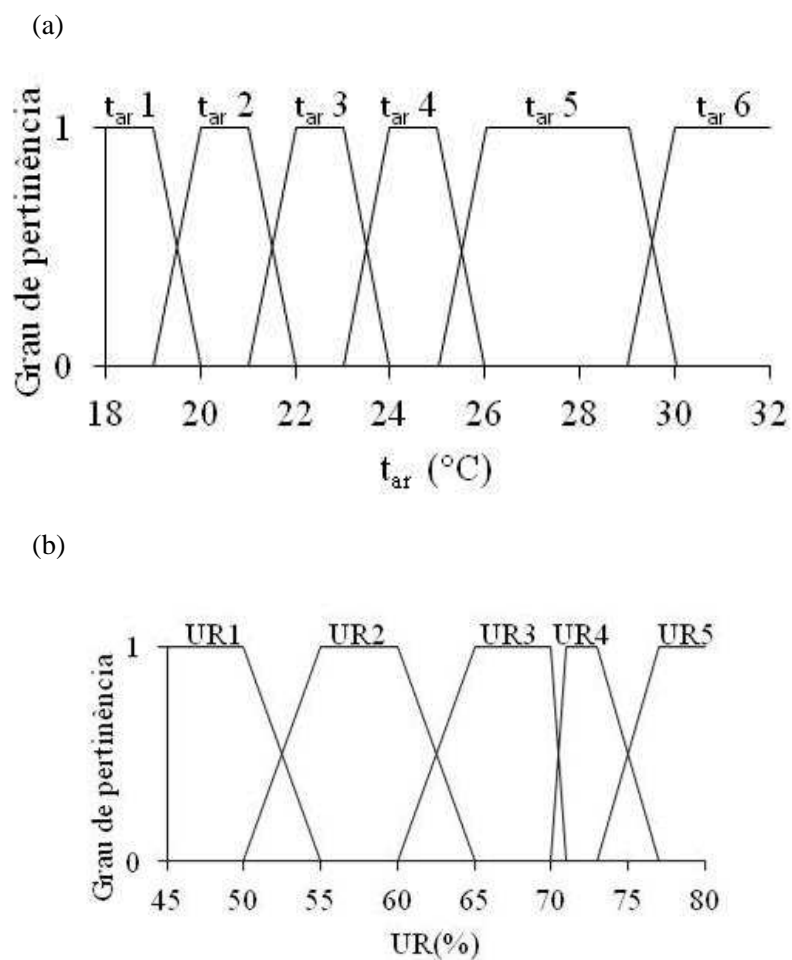


FIGURA 1. Funções de pertinência para as variáveis de entrada (a) temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e (b) umidade relativa (UR) do ar.

As funções de pertinência para a variável de saída foram construídas com base nos intervalos adotados para o consumo de ração (Tabela 2), para tanto foram adotadas funções de pertinência do tipo trapezoidal, por representarem

melhor o conjunto de dados e por resultarem nos menores valores de desvio padrão (Figura 2).

TABELA 2. Intervalo dos conjuntos *fuzzy* para a variável de saída consumo de ração (CR, g ave⁻¹ dia⁻¹)

| Variável de saída | Conjuntos fuzzy |
|---|------------------|
| Consumo de ração (CR, g ave ⁻¹ dia ⁻¹) | CR1 [19,0; 22,9] |
| | CR2 [22,0; 24,0] |
| | CR3 [23,5; 25,5] |
| | CR4 [24,9; 26,5] |
| | CR5 [26,0; 29,0] |
| | CR6 [28,0; 31,0] |

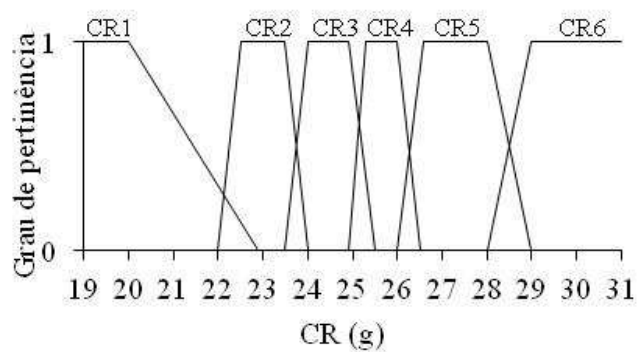


FIGURA 2. Curvas de pertinência para a variável de saída, consumo de ração (CR).

A combinação entre todas as seis funções de pertinência de temperatura (t_{ar}) e cinco de umidade relativa (UR) resultou em trinta diferentes condições térmicas, a partir das quais foi construída a base de regras.

O conjunto de regras foi desenvolvido por uma coleção de proposições *fuzzy*, apresentadas na forma se-e-então, tendo sido elaborada a partir de informações da Tabela 1 e com o auxílio de especialistas da área. Foram selecionados três especialistas de acordo com a metodologia de seleção de especialista *fuzzy* proposta por CORNELISSEN et al. (2002).

O sistema de regras foi composto por trinta regras, sendo que um fator de ponderação igual a 1 foi atribuído para cada regra, similar a diversos modelos *fuzzy* ajustados previamente (OLIVEIRA et al., 2005; FERREIRA et al., 2007; PEREIRA et al., 2008).

Para avaliação da confiabilidade do modelo desenvolvido foram calculados o desvio padrão, o erro percentual e o coeficiente de determinação (R^2) entre os valores de CR obtido pelo modelo *fuzzy* e os dados experimentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A superfície de resposta ilustrada na Figura 3 representa o comportamento do CR em função da t_{ar} e UR.

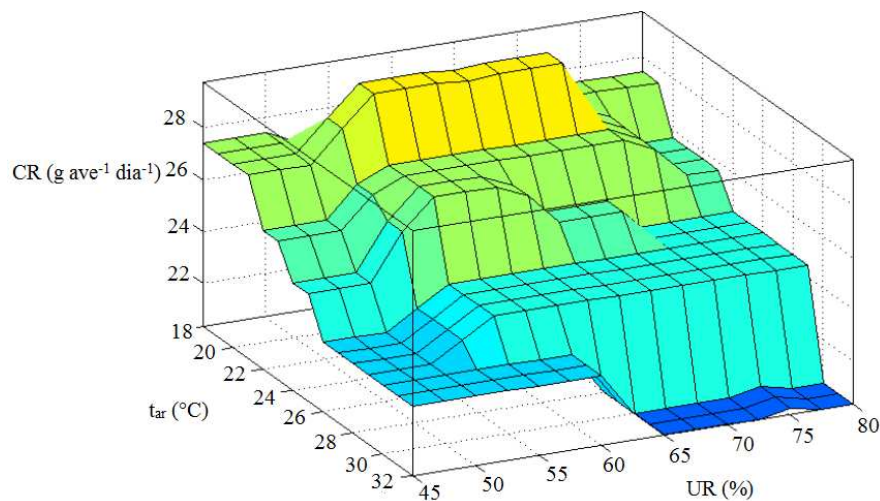


FIGURA 3. Consumo de ração (CR) de codornas japonesas em função da temperatura do ar (t_{ar}) e umidade relativa (UR).

Os picos na Figura 3 indicam as faixas de t_{ar} e UR onde o consumo de ração é maior, e reciprocamente as depressões indicam as faixas ambientais onde são verificados os menores valores de CR. A partir da superfície de resposta da Figura 3 é possível observar que os menores valores de CR ocorrem para valores de t_{ar} superiores a 26°C.

A redução no consumo de ração é um resultado direto do estresse por calor. De acordo com RUTZ (1994), na tentativa de manter sua temperatura corporal dentro dos limites homeostáticos, as aves reduzem seu CR quando a temperatura ambiental aumenta. E como consequência da redução no CR, segundo PAYNE (1966), ocorre diminuição na ingestão de nutrientes essenciais, levando à redução na produção de ovos em temperaturas elevadas.

Ao avaliarem o efeito da iluminação sobre a produção de ovos de codornas japonesas, GEWEHR et al. (2005) verificaram que o aumento da temperatura do ar promoveu a diminuição no consumo de ração. PINTO et al. (2003a) e PINTO et al. (2003b), ao pesquisarem as exigências de metionina e lisina, observaram que flutuações térmicas semanais de 14°C a 30,6°C e 23,19°C a 30,5°C, respectivamente, diminuíram o consumo de ração de codornas em postura.

Nesse caso, o sistema *fuzzy* poderia ser embarcado em sistemas de controle da distribuição de ração, controlando a quantidade ofertada nos comedouros, evitando que o excesso de ração fosse desperdiçado pelas codornas durante períodos que fossem observadas temperaturas do ar acima da termoneutra.

Ao se criar um novo sistema computacional, com o intuito de dar suporte às decisões, avaliações e testes se tornam importantes para maior confiabilidade do sistema. Assim, na Tabela 3 são listados os valores do CR oriundos de medições em galpão experimental, em um laboratório de ambiência animal e da literatura por meio do sistema *fuzzy* proposto.

TABELA 3 Comparação entre os valores observados e simulados pelo sistema *fuzzy* para o consumo de ração

| Fonte* | t _{ar} (°C) | UR (%) | Consumo de ração (g ave ⁻¹ dia ⁻¹) | | | |
|-------------------------|-------------------------|-----------|---|-------------------------|------------------|-----------|
| | | | Observado* | Sistema <i>Fuzzy</i> | Desvio Padrão | Erro % |
| GE | 19,0 | 56,3 | 25,9 | 25,70 | 0,14 | 0,77 |
| LA | 20,8 | 58,3 | 28,5 | 29,80 | 0,92 | 4,56 |
| LA | 20,8 | 60,1 | 30,6 | 29,80 | 0,57 | 2,61 |
| LA | 21,4 | 60,7 | 29,3 | 28,80 | 0,35 | 1,71 |
| LA | 20,0 | 62,4 | 30,6 | 29,70 | 0,64 | 2,94 |
| LIMA et al. (2012) | 21,6 | 75,8 | 27,0 | 26,60 | 0,28 | 1,48 |
| GE | 22,4 | 42,8 | 26,4 | 25,70 | 0,49 | 2,65 |
| LA | 22,2 | 59,6 | 28,3 | 27,40 | 0,64 | 3,18 |
| LA | 22,2 | 60,3 | 27,3 | 27,40 | 0,07 | 0,37 |
| LA | 22,6 | 65,8 | 27,8 | 27,40 | 0,28 | 1,44 |
| GE | 22,1 | 69,3 | 26,4 | 27,40 | 0,71 | 3,79 |
| GE | 23,6 | 71,6 | 26,3 | 26,00 | 0,21 | 1,14 |
| LA | 24,2 | 60,5 | 27,6 | 27,30 | 0,21 | 1,09 |
| LA | 24,2 | 60,5 | 27,0 | 27,30 | 0,21 | 1,11 |
| LA | 24,2 | 60,5 | 26,2 | 27,30 | 0,78 | 4,20 |
| GE | 24,3 | 70,3 | 25,6 | 25,20 | 0,28 | 1,56 |
| GE | 23,8 | 71,5 | 25,0 | 25,40 | 0,28 | 1,60 |
| GE | 23,8 | 74,1 | 24,6 | 25,50 | 0,64 | 3,66 |
| COSTA (2006) | 24,0 | 77,4 | 24,1 | 24,50 | 0,28 | 1,66 |
| LA | 29,9 | 58,7 | 23,4 | 23,20 | 0,14 | 0,85 |
| LA | 28,0 | 59,6 | 23,1 | 24,50 | 0,99 | 6,06 |
| LA | 28,0 | 59,7 | 23,9 | 24,50 | 0,42 | 2,51 |
| LA | 29,9 | 60,0 | 23,0 | 23,20 | 0,14 | 0,87 |
| GE | 25,7 | 73,9 | 24,4 | 24,50 | 0,07 | 0,41 |
| GE | 25,9 | 76,7 | 25,3 | 24,50 | 0,57 | 3,16 |
| GE | 26,0 | 79,5 | 24,9 | 24,50 | 0,28 | 1,61 |
| LA | 31,9 | 60,0 | 22,0 | 23,00 | 0,71 | 4,55 |
| LA | 31,9 | 60,1 | 23,0 | 22,90 | 0,07 | 0,43 |
| ARAÚJO et al. (2007) | 31,8 | 64,9 | 19,9 | 20,40 | 0,35 | 2,51 |
| GE | 19,0 | 56,3 | 25,9 | 25,70 | 0,14 | 0,77 |
| LA | 20,8 | 58,3 | 28,5 | 29,80 | 0,92 | 4,56 |
| LA | 20,8 | 60,1 | 30,6 | 29,80 | 0,57 | 2,61 |
| LA | 21,4 | 60,7 | 29,3 | 28,80 | 0,35 | 1,71 |

Tabela 3. Conclusão

| Fonte* | t _{ar} (°C) | UR (%) | Consumo de ração (g ave ⁻¹ dia ⁻¹) | | | |
|-------------------------|-------------------------|-----------|---|-------------------------|------------------|-----------|
| | | | Observado* | Sistema <i>Fuzzy</i> | Desvio Padrão | Erro % |
| LIMA et al. (2012) | 21,6 | 75,8 | 27,0 | 26,60 | 0,28 | 1,48 |
| GE | 22,4 | 42,8 | 26,4 | 25,70 | 0,49 | 2,65 |
| SAHIN & KUCUK (2003) | 22,0 | 58,0 | 28,0 | 27,40 | 0,42 | 2,14 |
| LA | 22,2 | 59,6 | 28,3 | 27,40 | 0,64 | 3,18 |
| | | | | Média | 0,41 | 2,22 |

* Os valores observados são oriundos de medições em galpão experimental (GE), em um laboratório de ambiência animal (LA), bem como da literatura.

Os desvios padrões entre os valores do consumo de ração observado e o estimado pelo sistema *fuzzy* variaram entre 0,01 g e 1,1 g, sendo o desvio médio igual a 0,41 g. A distribuição dos desvios padrões (Figura 4) indica que 50,1% dos valores de consumo de ração estimados pelo sistema *fuzzy* encontram-se abaixo do valor médio encontrado.

Segundo ALBINO & BARRETO (2003) o consumo médio de ração de codornas japonesas encontra-se entre 23,0 e 26,0 g ave⁻¹ dia⁻¹, portanto, o desvio padrão médio representa 1,6% da quantidade máxima citada pelos autores.

Os erros percentuais mínimo, médio e máximo encontrados para o sistema *fuzzy* foram 0,4 %, 2,2 % e 6,1 %, respectivamente, sendo que 51,7% dos erros estão abaixo do erro percentual médio. PONCIANO et al. (2012) que ao estimarem o consumo de frangos de corte por meio dos conjuntos *fuzzy* obtiveram erro percentual médio (2,38%) maior do que o encontrado neste trabalho.

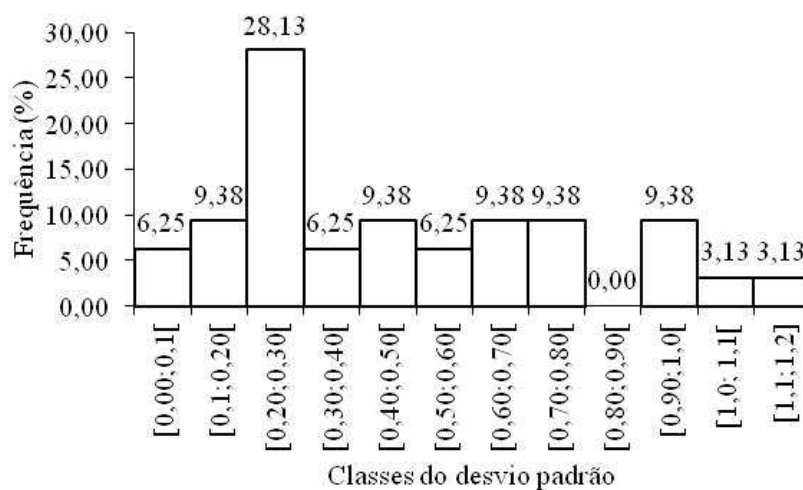


FIGURA 4. Frequências observadas para os desvios padrões entre o consumo de ração de codornas japonesas estimado pelo modelo *fuzzy* em função da temperatura do ar (t_{ar}) e umidade relativa (UR).

A relação funcional entre os valores observados e simulados pelo sistema *fuzzy* do CR é ilustrada na Figura 5, sendo o coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,93. Apesar do R^2 encontrado distanciar-se do encontrado por PONCIANO et al. (2012) (R^2 igual a 0,99), foi próximo ao encontrado por MEDEIROS et al. (2005) que ao criarem um modelo matemático para estimar CR de frangos adultos em função da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, encontraram R^2 igual a 0,91.

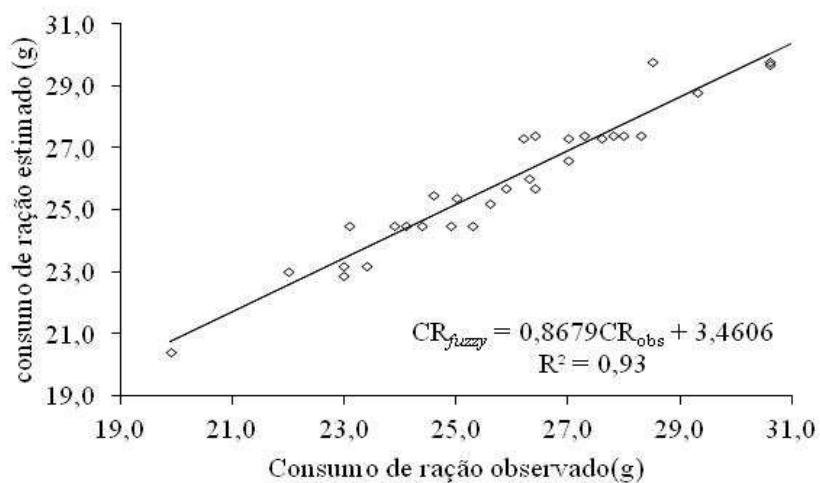


FIGURA 5. Coeficiente de determinação (R^2) gerado entre o consumo de ração observado e consumo de ração estimado pela lógica *fuzzy*.

A aplicação dos conjuntos *fuzzy* tem se mostrado adequada a diversos modelos biológicos, pois permite tratar a imprecisão e a incerteza, como às encontradas quando se relacionam o ambiente e o desempenho animal. Os sistemas desenvolvidos podem ser facilmente adaptados e alterados à medida que novas pesquisas são realizadas, possibilitando a melhor adequação do modelo à realidade dos sistemas de produção animal. Devido a essas características os modelos *fuzzy* ganharam destaque na avicultura de corte e de postura e mostrou, a partir do modelo desenvolvido, ser promissora também na coturnicultura.

CONCLUSÃO

O sistema *fuzzy* desenvolvido pode ser utilizado para estimar o consumo de ração de codornas japonesas em fase de postura com base na temperatura e umidade relativa do ar.

REFERÊNCIAS

ALBINO, L. F. T.; BARRETO, S. L. T. **Criação de codornas para produção de ovos e carne**. 1 ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2003. 289p.

ALVES, S. P.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras comerciais: efeitos do sistema de criação e do ambiente bioclimático sobre o desempenho das aves e a qualidade de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.35, p.1388-1394, 2007.

AMENDOLA, M.; CASTANHO, M. J.; NÄÄS, I. A.; SOUZA, A. L. Análise matemática de conforto térmico para avicultura usando a teoria dos conjuntos *fuzzy*. **Biomatemática**, n.14, p.87-92, 2004.

AMENDOLA, M., SOUZA, A. L. **Manual do uso da teoria dos conjuntos fuzzy no MATLAB 6.1**. Faculdade de Engenharia Agrícola-Unicamp, Campinas, 2004. 30p.

ARAÚJO, M. S.; BARRETO, S. L. T.; DONZELE, J. L. OLIVEIRA, R. F. M.; UMIGI, R. T.; OLIVEIRA, W. P.; BALBINO, E. M.; ASSIS, A. P.; MAIA, G. V. C. Níveis de cromo orgânico na dieta de codornas japonesas mantidas em estresse por calor na fase de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.3, p.584-588, maio/ jun. 2007.

BORGES, G.; MIRANDA, K. O. S.; RODRIGUES, V. C.; RISI, N. Uso da geoestatística para avaliar a captação automática dos níveis de pressão sonora em instalações de creche para suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.377-385, 2010.

COSTA, C. H. R. Níveis de fósforo e de cálcio em dietas para codorna japonesa em postura. 2006. 73p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa.

CORNELISSEN, A.M.G.; VAN DEN BERG, J.; KOOPS, W.J.; KAYMAK, U. Eliciting expert knowledge for fuzzy evaluation of agricultural production systems. **Rotterdam: Erasmus Research Institute of Management**, 2002. (Report, ERS-2002-108-LIS). Disponível em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=371055>. Acesso em: 20 dez. 2011.

FERREIRA, L.; YANAGI JUNIOR, T.; NÄÄS, I. A.; LOPES, M. A. Development of algorithm using fuzzy logic to predict estrus in dairy cows: part I. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**. Manuscript IT 06 004. Vol.IX. September, 2007.

FUKAYAMA, E. H.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R.; FREITAS, E. R. Efeito da temperatura ambiente e do empenamento sobre o desempenho de frangas leves e semipesadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.6, p.1272-1280, nov./dez., 2005.

GEWEHR, C. E.; COTTA, J. T. B.; OLIVEIRA, A. I. G.; FREITAS, H. J. Efeitos do programas de iluminação na produção de ovos de codornas (*Coturnix coturnix*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.857-865, jul./ago., 2005.

LIMA, H. J. D.; BARRETO, S. L. T.; VALERIANO, M. H.; VIEIRA, D. V. G.; COSTA, S. L. Densidade inicial de alojamento de codornas japonesas na fase de postura. **Global Science and Technology**, v.5, n.2, p.186-193, maio./ago. 2012.

McDOWELL, R. E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales**. 1.ed. Zaragoza: Acribia, 1974. 692p.

MEDEIROS, C. M.; BAETA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, n.4, p.660-665, out./dez. 2005.

MELO, E. R.; CASTANHO, M. J. P. Modelagem *fuzzy* para diagnóstico diferencial da febre aftosa em bovinos. *Revista Eletrônica Lato Sensu*, p.1-10, ISSN:1980-6116, 2008.

MOURA, G. S.; BARRETO, S. L. T.; LANNA, E. A. T. Efeito da redução da densidade energética de dietas sobre as características do ovo de codorna japonesa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.39, n.6, p.1266-1271, jun. 2010.

NAZARENO, A. C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GIONGO, P. R. ; PEDROSA, E. M. R.; GUISELINI, C. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.13, n.6, p.802-808, 2009.

OLIVEIRA H. L.; AMENDOLA, M.; NÄÄS, I. A.; Estimativa das condições de conforto térmico para avicultura de postura usando a teoria dos conjuntos *fuzzy*. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.2, p.300-307, maio/ago. 2005.

PAYNE, G. C. Practical aspects of environmental temperature for laying hens. *World's Poultry Science Journal*, Cambridge, v.22, p.126-139, 1966.

PEREIRA D. F.; BIGHI, C. A.; GABRIEL FILHO, L. R. A. G.; GABRIEL, C. P. C. Sistema *fuzzy* para estimativa do bem-estar de matrizes pesadas. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.4, p.624-634, out./dez. 2008.

PINTO, R.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; ALBINO, L. F. T.; SOARES, R. T. R. N.; SILVA, M. A.; PEREIRA, R. A. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.32, n.5, p.1166-1173, 2003a.

PINTO, R.; FERREIRA, A. S.; DONZELE, J. L.; SILVA, M. A.; SOARES, R. T. R. N.; CUSTÓDIO, G. S.; PENA, K. S. Exigência de lisina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.32, n.5, p.1181-1189, 2003b.

PONCIANO, P. F.; LOPES, M. A.; YANAGI JUNIOR, T.; FERRAZ, G. A. S. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica *fuzzy*: uma revisão. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.60, n.1, p.1-13, 2011.

PONCIANO, P. F.; YANAGI JUNIOR, T.; SCHIASSI, L.; CAMPOS, A. T.; NASCIMENTO, J. W. B. Sistema *fuzzy* para predição do desempenho produtivo de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal v. 32, n.3, p. 446-458, 2012.

ROCHA, H. P.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, J. H. V. Índices bioclimáticos e produtivos em diferentes galpões avícolas no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.12, p.1330-1336, dez. 2010.

RONDÓN, E. O. O.; MURAKAMI, A. E.; SAKAGUTI, E. S. Modelagem computacional para produção e pesquisa em avicultura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, n.1, p.199-207, jan./mar. 2002.

RUTZ, F. Aspectos fisiológicos que regulam o conforto térmico das aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, Santos. **Anais...** Santos: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1994. p.99-110.

SILVA, J. H. V.; JORDÃO FILHO, J.; COSTA, F. G. P.; LACERDA, P. B.; VARGAS, D. G. V.; LIMA, M. R. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.3, p.775-790, jul./set. 2012.

SILVA, E. G.; SANTOS, A. C; FERREIRA, C. L. S.; SOUSA, J. P. L.; ROCHA, J. M. L.; SILVEIRA JÚNIOR, O. Variabilidade espacial das características ambientais e peso de frangos de corte em galpão de ventilação negativa. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.1, p.132-141, jan./mar. 2013.

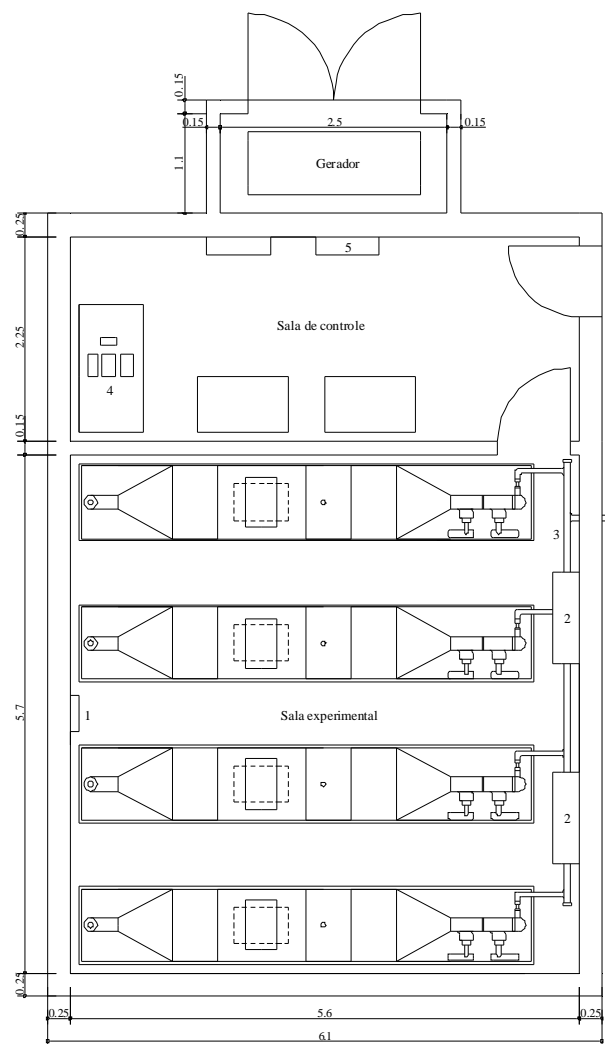
SAHIN, K.; KUCUK, O. Zinc supplementation alleviates heat stress in laying Japanese quail. **The Journal of Nutrition**, n.133, p.2808-2811, 2003.

TEIXEIRA, B. B.; EUCLYDES, R. F.; TEIXEIRA, R. B.; SILVA, L. P.; TORRES, R. A.; SILVA, F. G.; LEHNER, H. G.; CAETANO, G. C. Herdabilidade de características de produção e postura em matizes de codornas de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.2, p.361-365, fev. 2013.

VERCESE, F. Efeito da temperatura sobre o desempenho e qualidade dos ovos de codornas japonesas. 2010. 59p. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista.

YOUNG, B. A. Effect of environmental stress on nutrient needs. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **The ruminant animal**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. p.456-467.

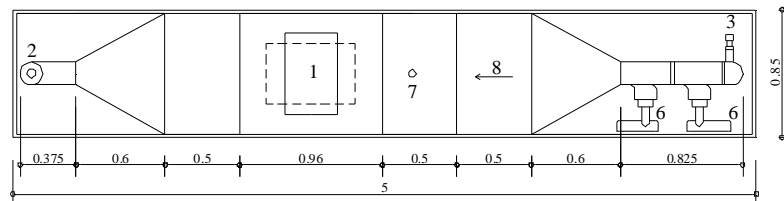
ANEXO A - Esquema ilustrativo do Laboratório de Ambiência Animal



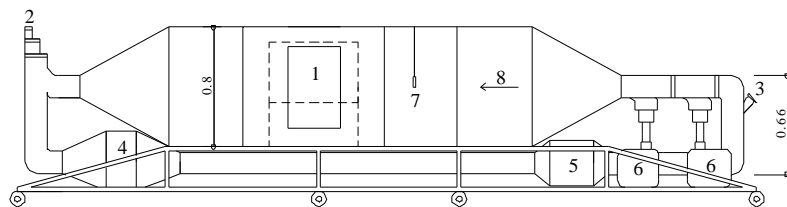
- | | |
|---------------------------|--|
| 1. Contatores | 4. Módulo de aquisição, armazenamento e controle |
| 2. Ar condicionado | 5. Painel de controle do gerador |
| 3. Dutos para saída de ar | |

ANEXO B - Vistas superior (a) e lateral (b) do túnel de vento climatizado.

a)



b)



1. Gaiola para os animais

2. Entrada de ar

3. Saída de ar

4. Ventiladores

5. Aquecedores

6. Nebulizadores

7. Sensores

8. Sentido do fluxo de ar

ANEXO C - Ingredientes e composição química da dieta basal.

| Ingrediente | % |
|-----------------------------|-------------|
| Milho | 56,08 |
| F. de Soja | 33,14 |
| Óleo | 1,52 |
| Fosf. Bicálcico | 1,15 |
| Calcário | 6,95 |
| Sal | 0,33 |
| Px. Minerais ¹ | 0,10 |
| Px. Vitamínico ² | 0,10 |
| DL-metionina 99 | 0,36 |
| L-lisina 78 | 0,16 |
| L-treonina 98 | 0,01 |
| Bac. De zinco 15% | 0,00 |
| Cloreto de colina | 0,10 |
| Composição química | |
| EM | 2800 kcal/g |
| PB | 19,76% |
| Ca | 3,0% |
| P disp | 0,32% |
| Na | 0,15% |
| M + C DIG | 0,88% |
| Lis disp | 1,07% |
| Trip DIG | 0,22% |
| Tre DIG | 0,67% |