

DIOGO JOSÉ DE REZENDE COELHO

MAPEAMENTO E ANÁLISE ESPACIAL DO  
AMBIENTE TÉRMICO DE AVIÁRIOS DE POSTURA  
ABERTOS EM SISTEMAS VERTICAIS

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C672m  
2014  
Coelho, Diogo José de Rezende, 1987-  
Mapeamento e análise espacial do ambiente térmico de  
aviários de postura abertos em sistemas verticais / Diogo José de  
Rezende Coelho. – Viçosa, MG, 2014.  
x, 53f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Ave - Criação. 2. Ave - Instalações.  
3. Acondicionamento térmico. 4. Conforto térmico.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia  
Agrícola. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola.  
II. Título.

CDD 22. ed. 636.51

DIOGO JOSÉ DE REZENDE COELHO

MAPEAMENTO E ANÁLISE ESPACIAL DO  
AMBIENTE TÉRMICO DE AVIÁRIOS DE POSTURA  
ABERTOS EM SISTEMAS VERTICAIS

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de fevereiro de 2014

---

Marcos Oliveira de Paula

---

Cecília de Fátima Souza  
(Coorientadora)

---

Ilda de Fátima Ferreira Tinôco  
(Orientadora)

*Dedico:*

Aos meus pais, José Geraldo e Vânia, irmãos Valéria e Bruno, pelo amor, amizade, carinho e todo apoio e incentivo em minha vida.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, que me deu forças para concluir mais esta etapa de minha vida.

A minha família, pelo amor e compreensão nos momentos difíceis e ausente, em que tive que me dedicar ao este trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola e aos colegas da Área de Construções Rurais e Ambiência, pelo apoio recebido durante o meu trabalho.

A minha orientadora, Professora Ilda Tinôco, pela amizade e ter acreditado e confiado em mim desde os meus primeiros dias no Ambiagro.

A Professora Cecília de Fátima pelos ensinamentos e sugestões.

Aos meus amigos Luís Gustavo, Fatinha, Fernanda, e Múcio fundamentais para montagem e desenvolvimento deste trabalho.

A todos os amigos do Ambiagro pela companhia e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pesquisa de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

A Granja Mantiqueira e seus funcionários pelo apoio e oportunidade de realização deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Diogo José de Rezende Coelho, filho de José Geraldo Coelho e Vânia Lucia de Rezende Coelho, nasceu em Barbacena, Minas Gerais, em 03 de outubro de 1987.

Em março de 2007, iniciou o Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, concluindo-o em dezembro de 2011.

Em fevereiro de 2012, ingressou no programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em nível de mestrado, na área de Construções Rurais e Ambiência.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
3. ARTIGO I: Mapeamento do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistema vertical para a fase de pico de postura das aves.....	6
3.1. RESUMO.....	6
3.2. ABSTRACT.....	6
3.3. INTRODUÇÃO.....	7
3.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.4.1. Caracterização da area experimental.....	10
3.4.2. Sistema de aquisição dos dados experimentais.....	11
3.4.3. Medições e mapeamento do ambiente.....	12
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
3.5.1. Temperatura.....	14
3.5.1.1. Comportamento da temperatura do ar do aviário em relação aos níveis horizontais.....	14
3.5.1.2. Comportamento da temperatura do ar do aviário em relação aos perfis verticais.....	17
3.5.2. Umidade relativa do ar.....	22
3.5.2.1. Comportamento da umidade relativa do ar do aviário em relação aos níveis horizontais.....	22
3.5.2.2. Comportamento da umidade relativa do ar do aviário em relação aos perfis verticais.....	24
3.5.3. Índice de Temperatura e Umidade.....	26
3.6. CONCLUSÃO.....	29
3.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
4. ARTIGO II: Determinação da posição espacial representativa das condições médias de temperatura e umidade do ar para aviários de postura em sistemas verticais de produção.....	32
4.1. RESUMO.....	32
4.2. ABSTRACT.....	33
4.3. INTRODUÇÃO.....	33
4.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.4.1. Área experimental.....	35
4.4.2. Sistema de aquisição dos dados experimentais.....	36

4.4.3.	Distribuição do sistema de aquisição de dados .....	37
4.4.4.	Determinação da posição espacial representativa das condições térmicas do aviário .....	39
4.5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
4.5.1.	Temperaturas médias .....	41
4.5.2.	Temperaturas médias máximas .....	44
4.5.3.	Umidade relativa do ar .....	47
4.5.4.	Análise de agrupamento .....	48
4.6.	CONCLUSÃO .....	51
4.7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53



## RESUMO

COELHO, Diogo José de Rezende, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2014. Mapeamento e análise espacial do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistemas verticais. Orientador: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Coorientador: Cecília de Fátima Souza.

Na avicultura atual, os avanços nas áreas da nutrição, genética, manejo e sanidade animal, juntamente com a importância que passou a ser dada à ambientação da ave à sua faixa de conforto térmico, permitiram que a atividade se consolidasse como uma das mais importantes do setor agropecuário. O ambiente de produção desempenha papel fundamental para o sucesso ou fracasso da atividade, sendo que fatores ambientais tais como, temperatura e umidade relativa do ar são os que afetam mais diretamente as aves, pois comprometem a sua função basal mais importante, que é a manutenção da própria homeotermia. Sendo assim, as aves necessitam de valores de temperatura e umidade relativa do ar ambiente dentro de certas faixas específicas e, fora desta zona de conforto, tem seu desempenho comprometido. Objetivou-se com este trabalho realizar o mapeamento térmico completo de aviário de postura típico dos padrões praticados no Brasil, sistemas verticais de criação, bem como estabelecer a posição espacial mais representativa das condições médias de temperatura e umidade relativa do ar interna do alojamento para melhor posicionamento dos sensores de comando dos painéis climatizadores. O trabalho foi desenvolvido no município de Itanhandu - Minas Gerais, em uma granja comercial de aves de postura, sendo o aviário utilizado típico dos padrões de criação praticados no Brasil, denominados sistemas verticais, durante a fase de pico de postura das aves. O aviário é 100% automatizado, possuindo 100.000 aves/aviário, alojadas em quatro baterias com seis andares de gaiolas. Os resultados obtidos foram apresentados em dois artigos: Artigo I - Mapeamento do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistema vertical para a fase de pico de postura das aves; Artigo II - Determinação da posição espacial representativa das condições médias de temperatura e umidade relativa do ar para aviários de postura em sistemas verticais de criação. Por meio dos resultados da pesquisa realizada, pode-se observar uma variabilidade térmica dentro do aviário, com a

região central apresentando temperaturas superiores as das extremidades, e nas situações de temperaturas máximas ocorrência de estresse calórico das aves. Foi possível também determinar que os melhores posicionamentos espaciais para alocação dos sensores de temperatura e umidade dentro da instalação, e que estes representassem as condições térmicas internas, são distantes das extremidades do aviário, à  $\frac{1}{4}$  o comprimento da instalação, e também afastadas das laterais do aviário, de modo a ser posicionado nos corredores intermediários, na altura média da bateria de gaiolas.

## ABSTRACT

COELHO, Diogo José de Rezende, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2014. Mapping and spatial analysis of the thermal environment of open laying hens housing in vertical system. Adviser: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Co-advisers: Cecília de Fátima Souza.

In the current poultry industry, advances in the areas of nutrition, genetics, management and animal health, along with the importance now being given to the ambiance of the bird to its range of thermal comfort, the activity is allowed to consolidate as one of the most important agricultural sector. The production environment does a fundamental role in the success or failure of the activity, and environmental factors such as temperature and relative humidity are those that most directly affect the birds, because compromise their most important baseline function, which is to maintain of homeothermic own. Thus, the birds require values of temperature and relative humidity of the environmental air within certain specific ranges, and out of this comfort zone, have compromised their performance. The objective of this work was to realize the full thermal mapping of typical barns for layers practiced in Brazil, vertical rearing systems, and to establish the most representative spatial position of the average conditions of temperature and relative humidity of the air inside the housing for better positioning the sensors command of air conditioners panels. The study was conducted in Itanhandu, in Minas Gerais State - Brazil, in a commercial laying hens barn, with the typical patterns used barn creation practiced in Brazil, called vertical systems, during the peak egg production. The barn is 100% automated, having 100,000 birds / barn, housed in four batteries with six levels of cages. The results were presented in two articles: Article I - Mapping the thermal environment of open aviaries in vertical position for the phase of peak egg production system; Article II - Determination of representative spatial position of the average temperature and relative humidity for layer hens in vertical rearing systems. Through the results of the survey, one can observe a thermal variability within the aviary, with the central region had higher temperatures of the extremities, and in situations of maximum temperatures occurrence of heat stress in birds. It was also possible to determine the best allocation for spatial positioning of the temperature sensors and humidity within

the facility, and that they represent the internal thermal conditions are distant extremities of the aviary at  $\frac{1}{4}$  the length of the installation, and also away from the sides of barn, so as to be positioned in the intermediate runners, the average height of the battery cages.

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução nas áreas da nutrição, genética, manejo e sanidade animal, juntamente com a importância que passou a ser dada à ambientação da ave à sua faixa de conforto térmico, permitiu que avicultura brasileira se consolidasse como uma das atividades econômicas mais importantes do setor agropecuário.

No cenário da avicultura de postura os estados de São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo destacam-se entre os maiores produtores do país (UBABEF, 2014). De acordo com a União Brasileira de Avicultura, a produção de ovos de galinha atingiu a marca de 34,12 bilhões de unidades de janeiro a dezembro de 2013, valor 7,4% superior ao mesmo período de 2012. Apesar da elevada produção nacional, o consumo per capita de ovos no país (168,7 ovos/habitante em 2013) ainda é baixo se comparado ao de outros países, como China, Dinamarca, Japão e México, indicando o enorme potencial de crescimento do mercado interno.

Na avicultura atual, a qual busca obter alta produtividade em espaço físico e tempo relativamente reduzidos, o ambiente de produção desempenha papel fundamental. O sucesso da produção avícola depende, entre outros fatores, da redução dos efeitos climáticos sobre os animais, sendo, portanto necessário a caracterização do ambiente térmico (DAMASCENO et al., 2010).

Entretanto, no Brasil, assim como ocorre em todos os países de climas tropicais e subtropicais, fatores ambientais representados por elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar no interior das instalações, especialmente no verão e nas horas mais quentes do dia, podem limitar a produtividade e o bem estar animal, afetando o desempenho final do lote e comprometendo os aspectos econômicos da atividade (CARCALHO, 2012).

Segundo TINÔCO (2001) o fato é que a ave necessita no meio em que habita, de condições específicas do ambiente, tais como valores de temperatura e umidade relativa do ar, pressão atmosférica, luminosidade e nível de ruídos, dentro de certas faixas de tolerância. Cada animal tem capacidade de sobreviver, até certo limite de adversidade do ambiente, sendo que esta sobrevivência depende de diversos fatores como, por exemplo, a aclimação, a idade, estado fisiológico e o sexo.

Dentre os fatores ambientais que afetam os animais homeotermos, certamente a temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e

movimentação do ar, são aqueles os que afetam mais diretamente, uma vez que comprometem a sua função basal mais importante, que é a manutenção da própria homeotermia. Sendo assim, por serem animais homeotermos a aves necessitam manter a temperatura interna do corpo em níveis relativamente constantes, mesmo que a custos de duras compensações fisiológicas (TINÔCO, 2001).

Há determinadas faixas térmicas do ambiente, na qual o gasto de energia pela ave, no seu processo de manutenção da homeotermia é mínimo e, por esta razão, seu desempenho produtivo é máximo. Estas faixas térmicas, conhecidas como faixas de conforto térmico ambiente, são muito importantes de serem mantidas durante a maior parte do tempo em que a ave encontra-se alojada em um determinado ambiente (BAËTA& SOUZA, 2010).

Contudo, o ambiente de um mesmo aviário, pode apresentar variações muito grandes de temperatura e umidade relativa do ar, em diferentes posições (diferentes alturas, diferentes afastamentos dos fechamentos laterais, etc). No caso da avicultura de postura a situação é ainda mais crítica, principalmente para os aviários com sistemas verticais de criação, em função de suas dimensões e números de aves alojadas.

Esta variabilidade costuma ser um grande complicante no manejo dos sistemas de acondicionamento térmico ambiente, tais como sistemas de ventilação, sistemas de resfriamento adiabático evaporativo, sistemas de abertura e fechamento de cortinas, etc, uma vez que os sensores para o comando liga/desliga destes sistemas podem estar em posições que não representam a realidade térmica do conjunto da área do abrigo, ou as condições de conforto térmico real da grande maioria da população das aves, gerando ações de acondicionamento térmico equivocadas e, por conseguinte, afetando negativamente a produtividade e a uniformidade do lote.

Ademais, segundo Albuquerque (2004) as aves possuem exigências diferentes conforme a idade: na fase inicial de criação a exigência por calor é maior; já na fase de postura observa-se, a partir do limite superior da zona de conforto térmico, uma correlação inversa entre a temperatura e a produtividade animal, já que a ocorrência de altas temperaturas ambientais irá provocar queda no consumo de ração pela ave (na sua tentativa em reduzir a produção

de calor metabólico), com conseqüente redução na produção, massa dos ovos e piora na qualidade de casca e clara.

O estresse por calor também gera o aumento no consumo de água, o que gera fezes mais líquidas e mais propensas à geração de amônia, podendo também ocorrer aumento da temperatura corpórea e intensificação da frequência respiratória.

Segundo Miller & Sunde (1975), citados por Carcalho (2012), o estresse por calor em galinhas poedeiras adultas causa redução na secreção de FSH e, conseqüentemente, diminui o tamanho da gema. Sob temperaturas elevadas as aves tem seu fluxo sanguíneo dirigido preferencialmente para a periferia, diminuindo a irrigação dos órgãos e, com isso, reduzindo a quantidade de cálcio que chega a glândula da casca e aminoácidos ao magno. Como conseqüência do estresse calórico, a ingestão reduzida de ração, combinada ao mencionado problema de menor secreção de FSH, menores deposições de aminoácidos no magno e quantidade de cálcio disponível no útero, irá ocorrer produção de ovos de tamanho reduzido e com pior qualidade de casca.

Assim, diante do crescimento da avicultura de postura e, sabendo que variáveis ambientais tais como temperatura e umidade relativa do ar, influenciam a produtividade, comportamento e bem estar dos animais e, por conseqüência, toda produtividade e desempenho geral dos lotes (podendo levar a enormes prejuízos financeiros), torna-se necessário que se proceda o monitoramento destas variáveis em tempo real, para se ter o conhecimento da variabilidade espacial do microclima dentro dos aviários, especialmente os verticais.

Desta forma, a geração de mapas e análise das variáveis ambientais pode permitir melhor compreensão do ambiente térmico a fim de possibilitar melhorias nos manejos dos sistemas climatizadores de ambiente, influenciando em um maior desempenho geral da atividade, além de redução de mortalidade e melhoria do nível de bem estar animal.

Com base no exposto, objetivou-se, com o presente trabalho realizar o mapeamento térmico completo de aviário de postura típico dos padrões de criação praticados no Brasil e estabelecer a posição mais representativa das condições médias de temperatura e umidade relativa do ar interna do

alojamento para melhor posicionamento dos sensores utilizados para o comando dos painéis climatizadores.

Buscando reportar os resultados desta pesquisa, de acordo os objetivos estabelecidos previamente, a tese foi organizada em artigos, da seguinte forma:

- Artigo 1: Mapeamento do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistema vertical para a fase de pico de postura das aves.
- Artigo 2: Determinação da posição espacial representativa das condições médias de temperatura e umidade relativa do ar para aviários de postura em sistemas verticais de criação.



## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, R. Tópicos importantes na produção de poedeiras comerciais. **Avicultura Industrial**, Porto Feliz, ano 95, n. 3, p. 53-56, ed. 1121, 2004.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais – Conforto animal**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 2a ed. 269 p.

CARCALHO, L. S. S. Nutrição de poedeiras em clima quente. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, nº 18, Janeiro 2012. Disponível em: <<http://www.revista.inf.br>>. Acesso em: 29 de outubro de 2013

DAMASCENO, F.A.; SCHIASSI, L.; SARAZ, J.A.O.; GOMES, R.C.C.; BAÊTA, F.C. Concepções arquitetônicas das instalações utilizadas para a produção avícola visando o conforto térmico em climas tropicais e subtropicais. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 42, Ed. 147, Art. 991, 2010.

MILLER, P. C.; SUNDE, M. L. The effects of precise constant and cyclic environments on shell quality and other performance factors with Leghorn pullets. **Poultry Science Association**, v.54, nº1, p. 36 – 46, Fevereiro, 1975.

TINOCO, I.F.F. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, nº1, p.01 -26, Campinas, Janeiro 2001.

UBABEF, União Brasileira de Avicultura. **Relatório anual 2014**. Disponível em:<[http://www.abef.com.br/ubabef/publicacoes\\_relatoriosanuais.php](http://www.abef.com.br/ubabef/publicacoes_relatoriosanuais.php)> Acesso em: 06 de abril 2014.

### **3. ARTIGO I: Mapeamento do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistema vertical para a fase de pico de postura das aves**

#### **3.1. RESUMO**

Com a produção de aves em sistemas de altas densidades, tornou-se fundamental a mudança cultural por parte dos produtores, os quais passaram a dar maior importância às condições ambientais internas dos aviários, dentre as quais pode-se destacar o ambiente térmico. Assim sendo, objetivou-se com este trabalho monitorar, em tempo real, o ambiente térmico de um aviário de postura e realizar o mapeamento completo da distribuição das variáveis temperatura do ar, umidade relativa do ar e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) no alojamento. O trabalho foi conduzido em uma granja comercial de aves de postura, típico dos padrões de criação praticados no Brasil, sistemas verticais, durante a fase de pico de postura das aves. O aviário é totalmente automatizado, possuindo 100.000 aves alojadas em quatro baterias com seis níveis de andares de gaiola. Os mapas térmicos resultantes demonstram que ocorreu uma variação térmica em diferentes posições espaciais no interior do aviário, com a região central apresentando temperaturas superiores as das extremidades. Para a situação de temperaturas médias as condições térmicas do aviário estavam dentro da faixa de conforto preconizado para as aves, mas durante extremos de calor, momentos em que a temperatura interna alcançou 33.0°C, os animais se encontravam em situação de estresse calórico.

**Palavras chaves:** avicultura de postura, distribuição térmica, conforto térmico.

#### **3.2. ABSTRACT**

With poultry production systems in high densities, became fundamental the cultural change on the part of producers, which started to pay more attention to internal environmental conditions of aviaries, among which we can highlight the thermal environment. Therefore, the objective of this work was to monitor, in real time, the thermal environment of laying hens housing and perform a complete mapping of the distribution of the variables air temperature, relative humidity and temperature and humidity index (THI ) in the barn. The study was conducted on a commercial layer hens barn, typical patterns of creation

practiced in Brazil, vertical systems, during the peak egg production. The barn is fully automated, having 100,000 birds housed in four batteries with six levels cage. The resulting thermal maps demonstrate that there was a thermal variation at different spatial positions within the laying hens housing, the central region having higher temperature of the extremities. For the situation of average temperatures the thermal conditions of the barn were within the range recommended for birds comfort, but during extreme heat, times when the internal temperature reached 33.0°C, the animals were in a situation of heat stress.

**Keywords:** laying hens, thermal distribution, thermal comfort.

### 3.3. INTRODUÇÃO

A avicultura de postura brasileira é uma das atividades econômicas mais importantes do setor agropecuário, sendo que grandes avanços e investimentos foram realizados na área, o que colocou o Brasil como o quinto maior produtor mundial de ovos. Contudo, e em especial devido a tipologia de aviários predominantemente abertos praticados no país, o ambiente térmico continua sendo um desafio para a avicultura de postura do Brasil.

O fato é que a ave necessita de condições específicas do ambiente, tais como valores de temperatura e umidade relativa do ar, pressão atmosférica, luminosidade e nível de ruídos, dentro de certas faixas de tolerância. Cada animal tem a capacidade de sobreviver, até certo limite de adversidade, quando alguma dessas variáveis ambientais se altera, sendo que esta sobrevivência depende de diversos fatores como, por exemplo, a aclimação da ave, a idade, o estado fisiológico e o sexo (TINÔCO, 2001).

Assim, o ambiente de criação desempenha um papel significativo na expressão do potencial genético das aves, apesar de enormes recursos financeiros investidos no desenvolvimento de linhagens de poedeiras comerciais (OGUNTUNJI et al., 2008b), sendo que a variável temperatura do ar se apresenta como o principal fator do ambiente causador de perdas na produção (VITORASSO & PEREIRA, 2009).

As aves apresentam exigências diferentes conforme a idade: na fase inicial de criação a exigência por calor é maior; já na fase de postura observa-se, a partir do limite superior da zona de conforto térmico, uma correlação

inversa entre a temperatura e a produtividade animal, já que ocorrência de altas temperaturas ambientais irá provocar queda no consumo de ração pela ave, na sua tentativa em reduzir a produção de calor metabólico, com consequente redução na produção, massa dos ovos e piora na qualidade de casca e clara, além do aumento no consumo de água, o que gera fezes mais líquidas e mais propensas à geração de amônia, e aumento da temperatura corpórea e da frequência respiratória (ALBUQUERQUE, 2004).

Na tentativa de aumentar a dissipação de calor, as aves em estresse calórico utilizam alguns mecanismos, para isso aumentam a área superficial, mantendo as asas abertas, eriçando as penas e intensificando a circulação periférica (BORGES et al. 2003 e FURLAN, 2006). A fim de perder calor por evaporação, há um aumento da frequência respiratória, porém este processo pode levar a alcalose respiratória, devido a um desequilíbrio ácido-básico.

Assim, grande parte da energia alimentar ingerida pelas aves é empregada na manutenção fisiológica, nos mecanismos de homeotermia ou é perdida para o ambiente na forma de calor, sendo o restante convertido na produção de ovos ou carne (SOUZA, 2005).

Elevadas temperaturas do ambiente interferem negativamente não somente o desempenho das aves, mas também na resistência a doenças. O estresse calórico deprime a função imunológica das aves ao afetar a produção de anticorpos e a resposta imunológica celular (ZULKIFLI et al., 2000).

O que ocorre é que as aves de postura estão sujeitas a estresses térmicos, seja por alta ou baixa temperatura, que podem durar horas, dias ou até mesmo semanas. Devido a localização geográfica do Brasil, situado na faixa mais quente do planeta, com temperaturas médias ao longo do ano atingindo 27°C, uma maior atenção deve ser dada ao possível estresse por calor do que propriamente por frio.

Desta forma, tem sido um desafio projetar e adequar as instalações de aves, sem afetar os custos de produção, de maneira a permitir a manutenção da temperatura e umidade relativa do ar, em limites que proporcionem um ambiente térmico ideal no interior do alojamento, adequados às exigências das aves (ABREU & ABREU, 2001; BIAGGIONI et al., 2008). Diante disso torna-se indispensável o estudo do microclima do local onde serão implantados os aviários.

A determinação isolada de variáveis ambientais como temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e movimentação do ar não permite caracterizar corretamente o ambiente adequado dentro das instalações. Assim foram propostos índices, onde são consideradas duas ou mais variáveis em conjunto, que expressam melhor o conforto térmico do animal em determinado ambiente. Thom (1959) desenvolveu o Índice de Desconforto, mais tarde chamado de Índice de Temperatura e Umidade, até hoje utilizado como índice na avaliação do nível de estresse térmico dos animais. O ITU é um valor considerado adimensional, e segundo Thom (1959), valores abaixo de 74 representam ambientes confortáveis, de 74 a 79 estado de alerta, de 79 a 84 faixa de perigo e valores superiores a 84 condição de emergência. Contudo, um índice isolado não representa a realidade de um alojamento animal, uma vez que ocorre variação térmica no espaço e no tempo.

Para o caso da avicultura de postura a situação é ainda mais crítica, especialmente para os alojamentos de criação em sistemas verticais, os quais possuem vãos relativamente grandes e comprimentos também longos, tendo níveis de gaiolas de até oito andares, as quais alojam cerca de 100.000 galinhas poedeiras, no caso do Brasil. Nestes aviários o gradiente térmico é muito variável, levando à ocorrência de níveis de estresse calórico espacialmente muito diferenciados, dependendo da hora do dia, tipo de material de cobertura e posição das aves.

Diante do exposto, sabendo que fatores ambientais afetam a avicultura de postura, torna-se necessário conhecer o ambiente em que as aves estão alojadas. Com isso a geração de mapas das variáveis ambientais pode permitir melhor compreensão do microclima dentro das instalações a fim de possibilitar melhorias nos sistemas de manejo do ambiente, influenciando em um maior desempenho geral da atividade, além de redução de mortalidade e melhoria do nível de bem estar animal.

Assim sendo, objetivou-se com este trabalho monitorar, em tempo real, a temperatura e umidade relativa do ar e realizar o mapeamento completo da distribuição das variáveis temperatura do ar, umidade relativa do ar e Índice de Temperatura e Umidade (ITU), para aviário de postura aberto, típico dos padrões de criação praticados no Brasil, sistemas verticais, durante a fase de pico de postura das aves.

### 3.4. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.4.1. Caracterização da area experimental

O trabalho foi conduzido durante verão de 2013, em granja comercial de aves de postura, no município de Itanhandu - Minas Gerais, localizado na Serra da Mantiqueira, a 892 m de altitude, latitude de 22° 17' 45" S e longitude 44° 56' 06" W. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cwb, caracterizado por um clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado.

Para a realização da pesquisa foi selecionado um dos 24 galpões de postura idênticos (Figura 1), componentes da granja, optando-se por um no qual estivessem alojadas galinhas que se encontravam em período de produção máxima de ovos (pico de postura). O alojamento é concebido no sistema vertical, em alta densidade de alojamento, com dimensões de 134 m de comprimento, 12,5 m de largura, 5 m de pé direito, 0,5 m de beiral, em estrutura metálica e cobertura com telhas onduladas de aço galvanizado, com presença de lanternim. O aviário é 100% automatizado, sendo comedouros automáticos, bebedouros tipo *nipple* e retirada de dejetos mecanizada por meio de esteiras. A retirada e o transporte de ovos também são operações realizadas de forma mecanizada, o que possibilita o manejo de 100.000 aves dentro de um único galpão. O aviário é equipado com sistema de arrefecimento operado apenas pelo uso de nebulização, sendo o seu entorno aberto nas faces norte/sul e fechado nas faces leste/oeste, de forma a ser contemplado por ventilação natural.



Figura 1-Vista frontal (A) e vista interna (B) da instalação experimental.

As 100.000 aves presentes no aviário eram da linhagem HyLine W-36, alojadas em gaiolas com dimensões de 0,6 m X 0,5 m X 0,4 m, na densidade de 10 aves/gaiola (300cm<sup>2</sup>/ave) e distribuídas em 4 baterias com 6 níveis de altura de gaiolas. Durante o período experimental as aves encontravam-se na 35ª semana de idade.

### 3.4.2. Sistema de aquisição dos dados experimentais

O sistema 1-Wire™, desenvolvido pelas Dallas Semiconductor, foi implementado no experimento para aquisição dos dados de temperatura e umidade relativa do ar. Essa tecnologia compreende uma rede de transmissão de dados que possibilita a comunicação digital entre um computador (mestre), com um programa de controle e gerenciamento das atividades, e dispositivos da série 1-Wire™ (escravos), tais como adaptadores e sensores endereçados (STEIDLE et al., 2005).

Os dispositivos endereçáveis utilizados na coleta de dados de temperatura foram DS18B20 e DS2438 (Figura 2), com faixas de temperatura de funcionamento entre -55°C e 125°C e -40°C e 85°C, respectivamente (MAXIM, 2009). Para coleta dos dados referentes à umidade relativa do ar foi utilizado o sensor HIH4000, sendo este não endereçável, mas que, ao ser integrado ao sensor DS2438, permite ser reconhecido e endereçado, configurando juntos um dispositivo de medição de temperatura e umidade relativa do ar. O programa computacional STRADA, desenvolvido por Rocha (2008), fez o controle e gerenciamento da transmissão dos dados medidos pelos sensores.

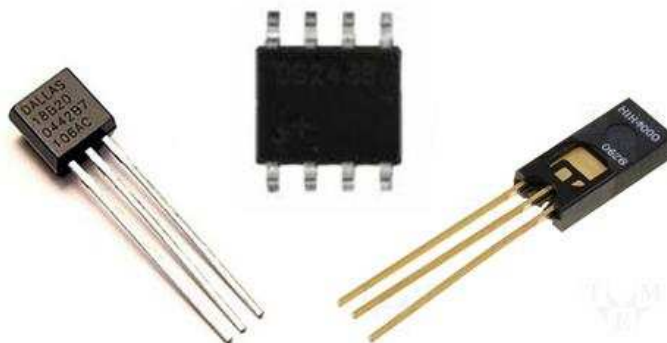


Figura 2 - Sensores de temperatura DS18B20 e DS2438, e umidade relativa do ar HIH4000.

### 3.4.3. Medições e mapeamento do ambiente

Com intuito de caracterizar, com confiabilidade, todo o ambiente interno ao aviário, distribuiu-se 50 sensores de temperatura, segundo diferentes eixos espaciais e perfis. Desta forma, os sensores foram posicionados entre as baterias de gaiolas de forma uniforme e equidistante ao longo do comprimento do galpão e em dois níveis de altura (0,65 metros e 2,75 metros do piso do aviário), que são as alturas do primeiro e do último nível de gaiolas. Foram distribuídos, também, no interior do aviário, de forma semelhante aos sensores de temperatura, nos mencionados dois níveis de altura, 18 sensores de umidade relativa do ar. Assim, todo volume do ambiente interno do aviário foi monitorado.

Os sensores foram conectados entre si, formando cinco redes de transmissão, composta por cinco computadores instalados dentro do aviário, conforme observado na Figura 3. Para avaliação da temperatura e umidade relativa do ar externa, foi utilizado um abrigo meteorológico, no interior do qual foram dispostos sensores de temperatura e umidade relativa do ar, os quais foram conectados a uma das redes internas de transmissão de dados do aviário.

A coleta de dados aconteceu de forma contínua (24 horas por dia) durante oito dias consecutivos, período durante o qual ocorreu forte intensidade solar e sem precipitação pluviométrica. Os dados monitorados foram registrados em tempo real, em intervalos de 1 min.

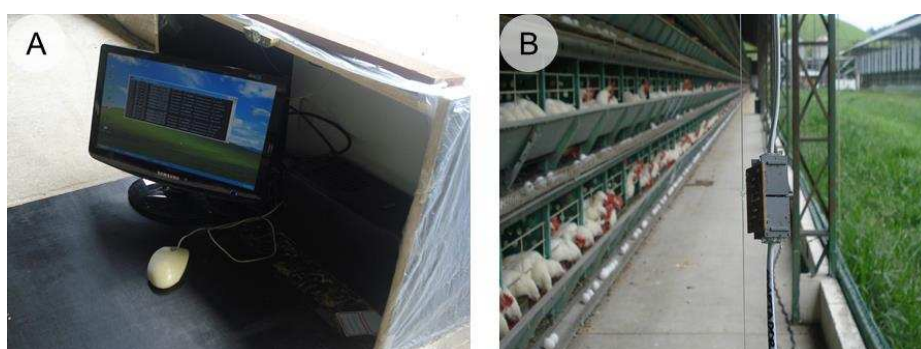


Figura 3 – Vista parcial do aviário mostrando um dos computadores para controle e aquisição dos dados experimentais (A) e sensor temperatura (B), posicionados nas extremidades laterais da instalação.



Considerando que o objetivo principal desta investigação foi o de analisar a distribuição térmica interna ao aviário de postura, foram obtidas as médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar no interior e exterior da instalação dos oito dias experimentais. Os resultados do ambiente térmico foram apresentados para dois momentos distintos, sendo período diurno e período noturno, assim como também as temperaturas máximas atingidas, em diferentes níveis e perfis, sendo cinco perfis longitudinais (1L, 2L, 3L, 4L e 5L), distantes 2,8 metros entre si, e cinco perfis transversais (1T, 2T, 3T, 4T e 5T), distantes 31 metros entre si, conforme esquematizado na Figura 4.

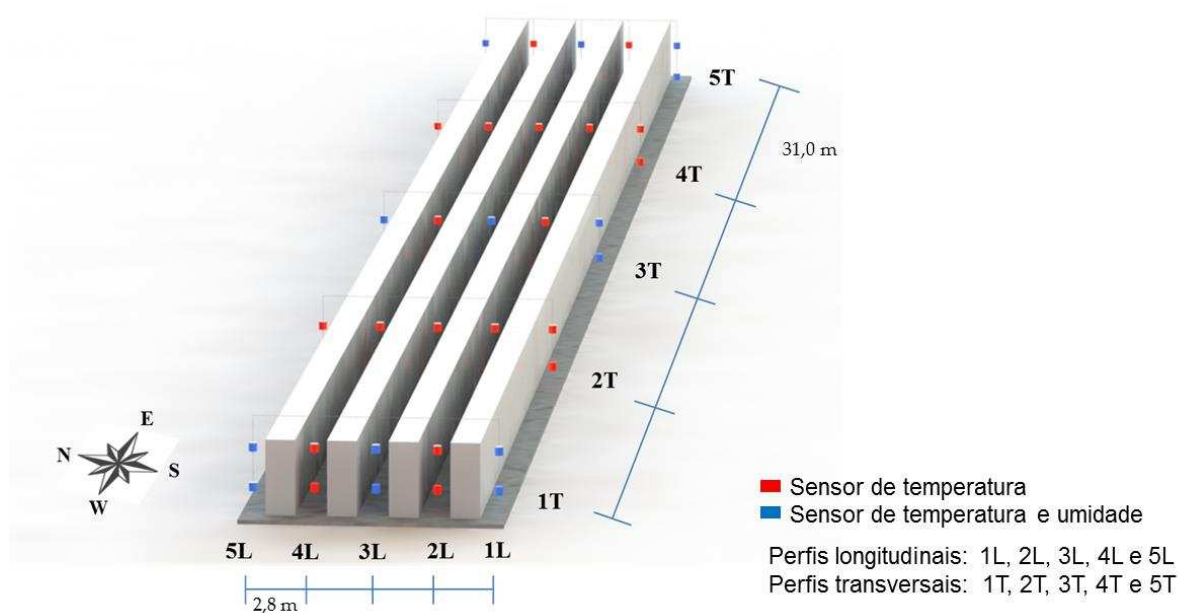


Figura 4 - Representação esquemática da distribuição dos sensores de temperatura e umidade, e dos perfis longitudinais e transversais na parte interna do aviário.

Neste trabalho teve-se o interesse, também, de estudar o comportamento térmico interno a instalação nas situações de extremo calor, interpretada aqui como sendo aquela representada pelas temperaturas máximas atingidas no ambiente, a partir das quais se obteve a temperatura média das máximas registradas durante os dias experimentais.

Assim sendo, com base nos dados coletados de temperatura e umidade relativa do ar, determinou-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), desenvolvido por THOM (1959), o qual pode ser calculado segundo

BUFFINGTON et al.(1982), pela Equação 1. Também, com base nos dados, foram gerados mapas transversais, longitudinais e horizontais descritores do ambiente térmico, de temperatura do ar, umidade relativa do ar e de ITU do aviário, para períodos noturnos e diurnos, utilizando-se como ferramenta o programa SigmaPlot 12.0.

$$ITU = 0.8 \times Tbs + \frac{UR \times (Tbs - 14.3)}{100} + 46.3 \text{Equação 1}$$

em que:

ITU = índice de temperatura e umidade, adimensional;

Tbs = temperatura de bulbo seco, °C;

UR = umidade relativa, %.

### **3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.5.1. Temperatura**

##### **3.5.1.1. Comportamento da temperatura do ar do aviário em relação aos níveis horizontais**

Na Figura 5, estão apresentados os mapas de temperatura média dos oito dias experimentais para os dois níveis de altura analisados, 0,65 e 2,75 metros do piso do aviário. Observa-se que o mapa de distribuição térmica para o período diurno, para ambos os níveis, apresentam-se equilibrados em termos de um aumento uniforme no gradiente térmico das áreas mais próximas ao contorno externo da instalação, em direção ao centro do abrigo. A variação térmica ocorrida nos valores médios de temperatura obtidos no nível inferior, a 0,65 metros do piso, altura referente às gaiolas mais baixas, atingiu uma variação de 2,5°C, já o nível superior, a 2,75 metros de altura, apresentou uma maior variação, sendo de 4,0°C.

Esta variação apresentada entre as regiões mais próximas ao contorno externo e o centro da instalação pode ser explicada por dois motivos: a) pela presença das baterias de gaiolas, as quais funcionam como barreira, impedindo que ventilação natural chegue até a parte central, variável ambiental que auxilia na redução térmica; b) também pela presença das aves que, devido

à atividade metabólica, produzem calor, contribuindo com o aumento do gradiente térmico.

De forma geral, durante o dia, a temperatura do nível mais alto (2,75 metros de altura do piso) apresentou-se superior à do nível mais baixo (0,65 metros), sendo isso explicado por dois motivos: a) em função da radiação térmica proveniente da cobertura, o que causa um efeito térmico pior no nível superior, aumentando a temperatura, devido a maior proximidade ao telhado; b) moléculas de ar quando aquecidas sobem para as camadas superiores do alojamento, contribuindo para incidência de maiores temperaturas próxima ao telhado.

Para o período noturno, as temperaturas obtidas nos dois níveis de altura analisados apresentam-se bem mais aproximadas comparativamente ao período diurno, com uma variação térmica uniforme. Verificou-se, também, que a região central também retém mais o calor, tendo com isso temperaturas superiores em relação as extremidades.

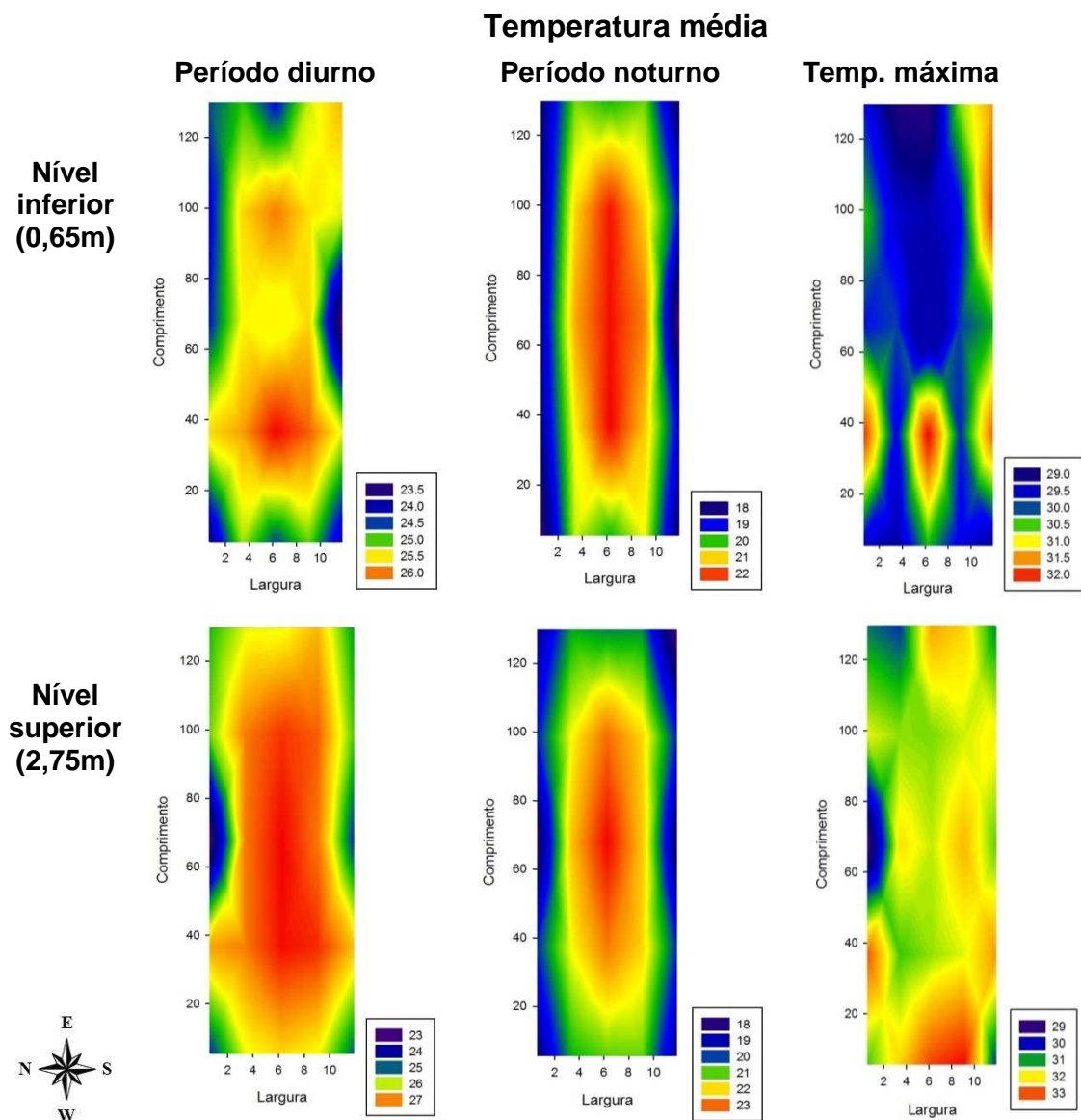


Figura 5 - Mapas de temperatura média para o período diurno e noturno, e temperatura máxima em dois níveis de altura (0,65 e 2,75 metros) durante todo experimento.

Diante dos valores de temperaturas máximas observadas, verifica-se uma heterogeneidade da distribuição térmica, sendo que as maiores temperaturas registradas estão nas laterais voltadas para o sul e oeste, em função da maior incidência solar nas horas mais quentes dos dias e também em função de que há, naturalmente, uma maior incidência de ventilação natural no sentido sudeste.

### **3.5.1.2. Comportamento da temperatura do ar do aviário em relação aos perfis verticais**

Conforme ilustrado na Figura 6, verifica-se que a distribuição de calor nos perfis 2L, 3L e 4L(perfis internos) se apresenta de forma semelhante, para ambos os períodos, com um aumento no gradiente térmico do nível inferior para o nível superior e das faces laterais para o centro, conforme foi discutido. Porém, as temperaturas registradas no período noturno são inferiores as registradas no período diurno, conforme esperado, devido a inversão térmica natural. Observa também que os perfis laterais 1L e 5L sofreram uma maior influência das condições externas tendo, assim, uma maior redução térmica. Adicionalmente ao que já foi discutido, vale ressaltar que gaiolas e aves colaboram para maior amortecimento e retardo térmico mantendo a temperatura das áreas mais internas do aviário em níveis mais elevados e constantes. Áreas externas são mais expostas as correntes de ventos e inversões térmicas naturais, tornando-se mais vulneráveis a oscilações térmicas.

Desta forma nos perfis 1L e 5L, tanto para o período diurno quanto para o noturno, a distribuição térmica não se apresentou conforme ocorreu nos perfis 2L, 3L e 4L, sendo os registros de temperatura encontrados nos perfis externos inferiores aos da região central.

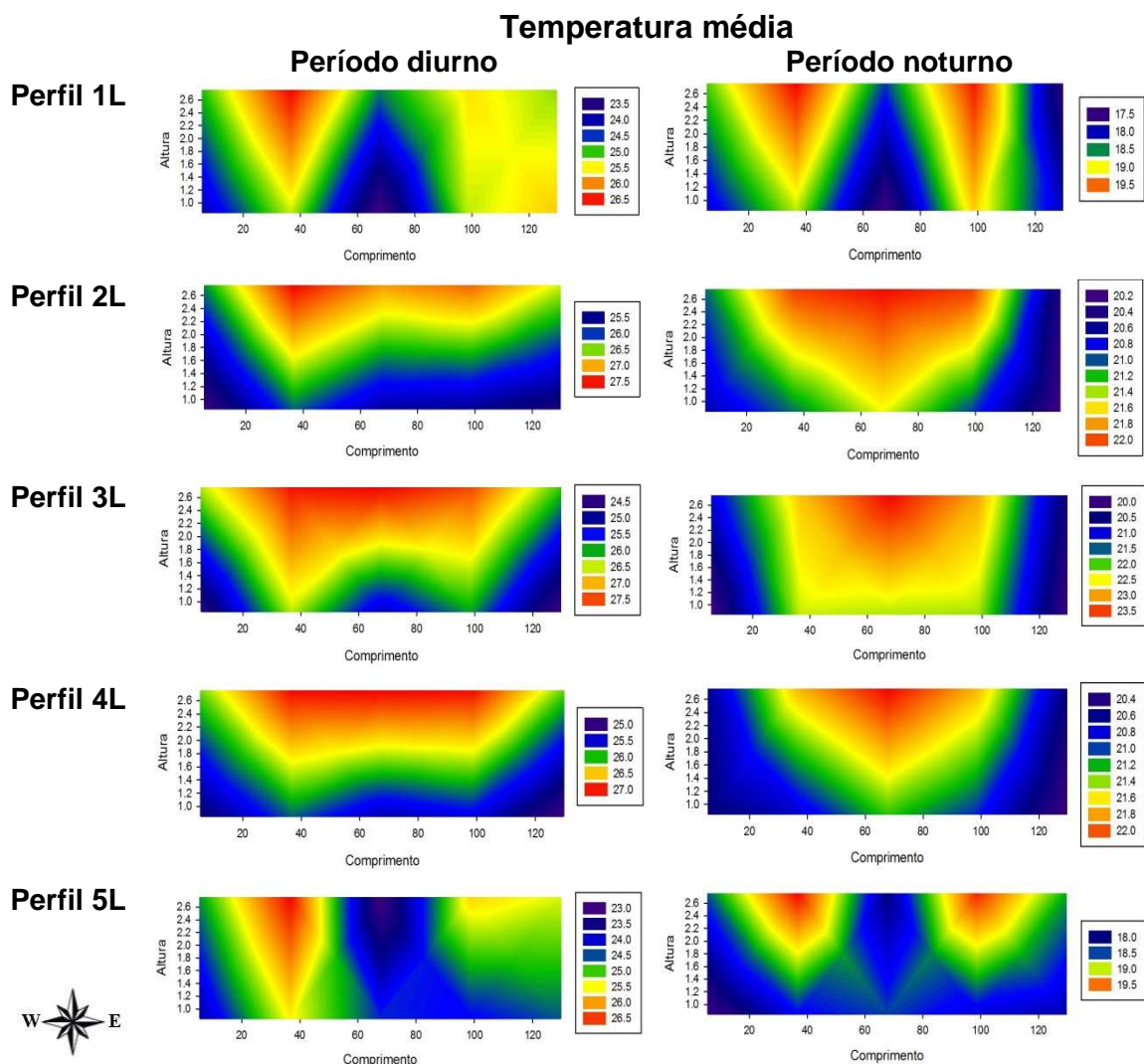


Figura 6 - Mapas de temperatura para o período diurno e noturno em perfil longitudinal

Ilustrados na Figura 7, estão os perfis transversais de temperatura. Para todos os cinco perfis, a temperatura se comportou de forma semelhante. Durante o dia se observa uma maior temperatura na parte superior dos perfis, em função da maior proximidade do telhado, a radiação térmica proveniente da cobertura do aviário afeta com maiores proporções esta região superior, a medida que se distância da cobertura em direção ao piso do aviário a temperatura vai reduzindo.

Diante dos mapas térmicos noturnos percebe-se uma distribuição uniforme, em que há uma redução da temperatura do centro em direção as faces laterais. Esta maior temperatura no centro deve-se as baterias de gaiolas, que agem como barreiras à ventilação natural, e ao calor produzido

pelas aves na sua atividade metabólica, as laterais da instalação como estão expostas ao ambiente externo, sofrem influência das condições térmicas externas, com isso apresentam as temperaturas mais baixas.

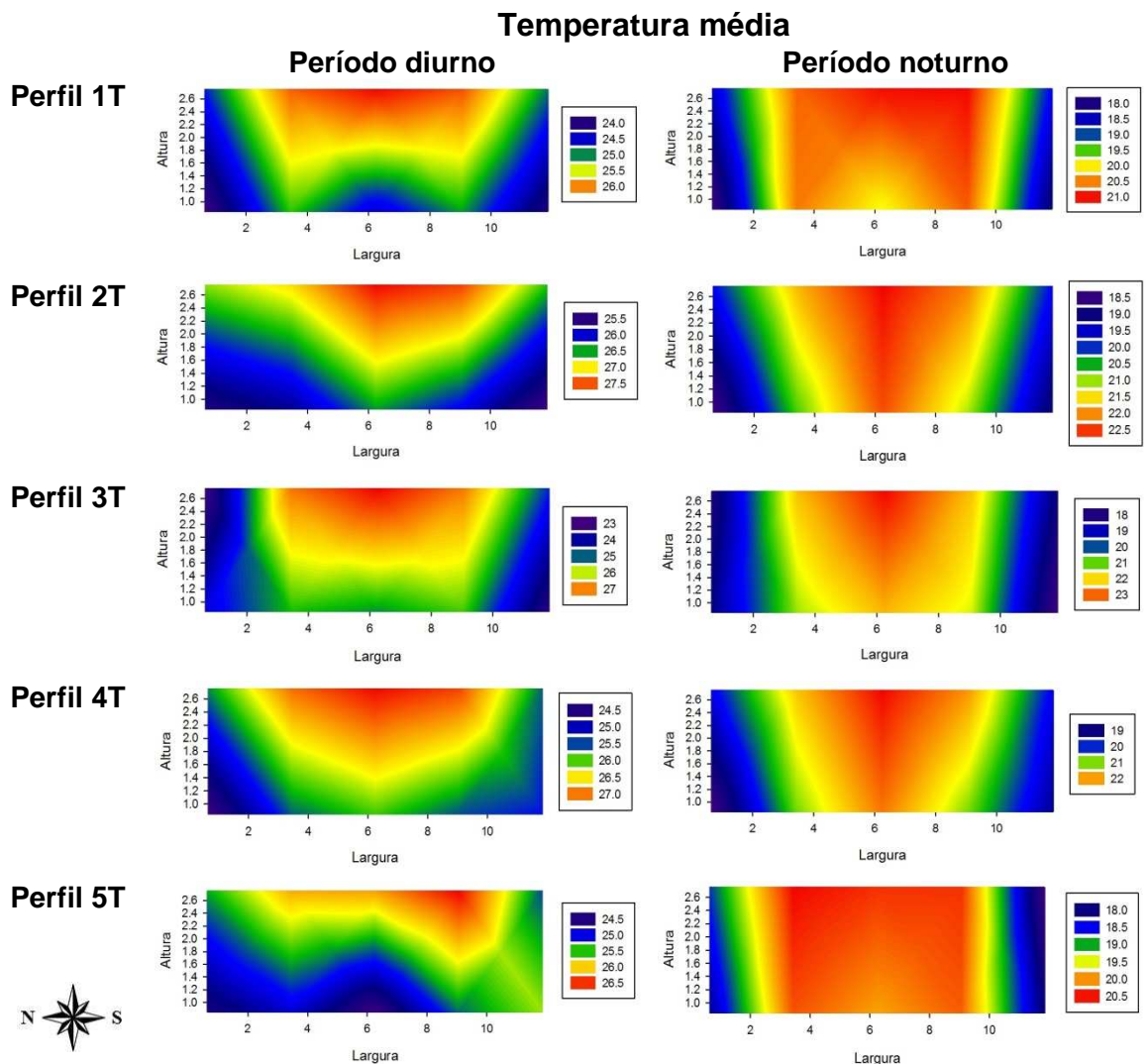


Figura 7 - Mapas de temperatura para o período diurno e noturno em perfil transversal

Como visualizado nos mapas térmicos, os valores médios de temperaturas interna a instalação para ambos os períodos, diurno e noturno, estiveram próximos do recomendado, como sendo temperaturas de conforto para galinhas em fase de postura entre, 21°C e 28°C (Silva et. al., 2001), sugerindo que as aves se encontravam em condições térmicas adequadas para que fossem capazes de atingir seu melhor desempenho produtivo. Para o ambiente externo o valor médio de temperatura foi de 24,4°C e 18,0°C, para dia



e noite, respectivamente, o que contribuiu para que a temperatura interna a instalação estivesse na faixa ideal.

Entretanto, temperaturas médias somente não são suficientes para diagnosticar corretamente se os animais estão ou não submetidos a estresse calórico. Por essa razão, optou-se por estudar também as temperaturas máximas observadas no ambiente.

Conforme apresentado nas Figuras 8 e 9, as temperaturas máximas observadas apresentaram uma heterogeneidade na distribuição térmica, para os perfis longitudinais e transversais, variando entre 29,0°C e 33,0°C, sendo que os maiores valores de temperaturas máximas, foram observados nas laterais voltadas para sul e oeste, em função da incidência solar que afeta essa região com maior proporção nas horas mais quentes dos dias.

Segundo Silva et al. (2001), a temperatura ideal para aves de postura durante a fase de produção de ovos está entre 21°C e 28°C. Assim, apesar dos valores médios de temperatura interna ao aviário ao longo do dia e noite estarem próximos da faixa de conforto das aves, nas horas mais quentes do dia, as temperaturas máximas dentro do aviário se encontraram muito acima do recomendado, chegando a atingir 33,0°C, levando assim as aves a situações de grande desconforto térmico. Diante desse fato, deve-se atentar para as condições do ambiente térmico dentro da instalação nas situações mais críticas, ou seja, quando as temperaturas internas ao alojamento estão fora da faixa ideal aos animais, afim de evitar que a produtividade e desempenho do lote sejam comprometidos.



## Temperatura Máxima

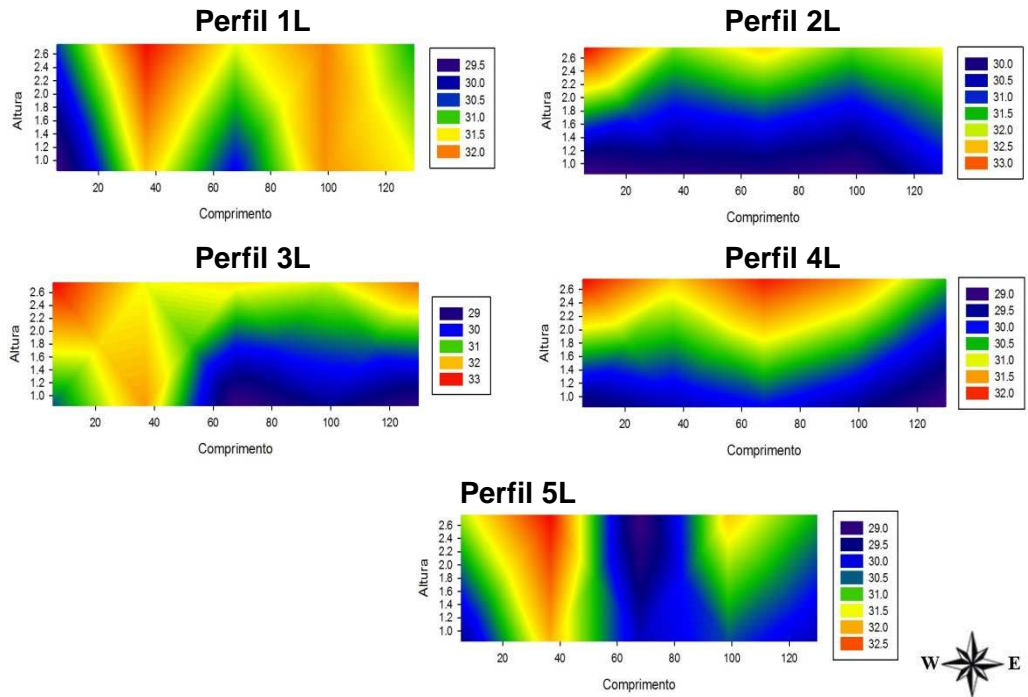


Figura 8 - Mapas de temperatura máxima em perfil longitudinal

## Temperatura máxima

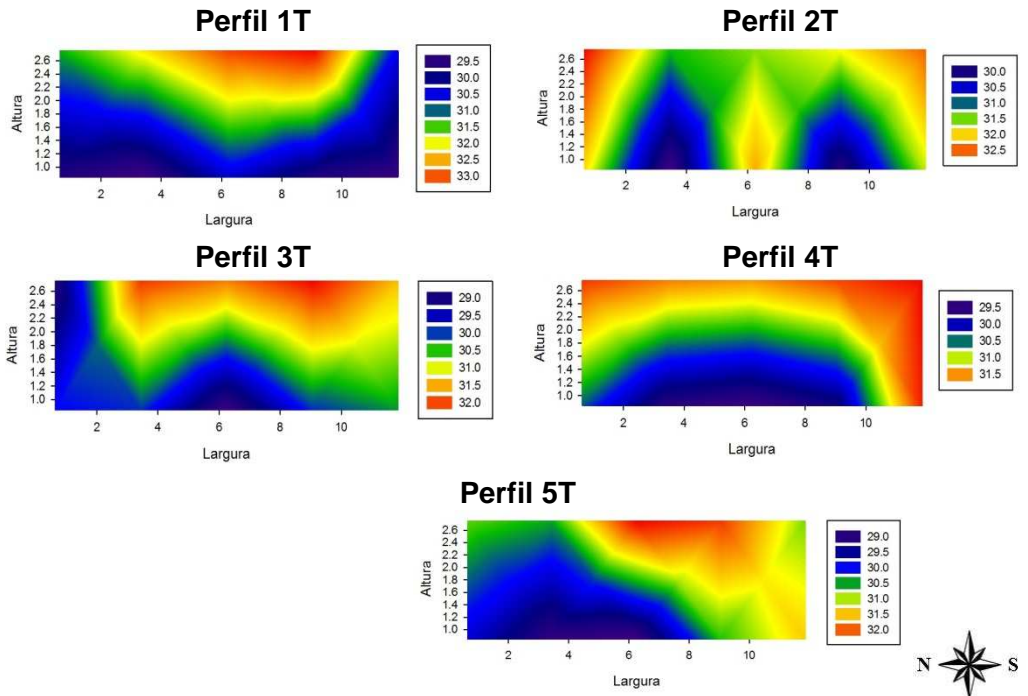


Figura 9 - Mapas de temperatura máxima em perfil transversal

Mashaly et al. (2004), trabalhando com aves poedeiras sob condição de estresse térmico constante de 35°C e 50% UR, verificou uma redução no ganho de peso das aves, no consumo de ração, bem como no peso dos ovos e espessura da casca.

Feize et al. (2012) avaliando o efeito do estresse térmico em galinhas poedeiras, com 50 semanas de idade, sobre a produção e qualidades dos ovos, concluiu que o estresse por calor em aves mantidas a 32-36°C teve um efeito marcante, devendo manter a aves na faixa de temperatura de 27°C para se obter produção máxima.

Franco Jimenez et al. (2007) avaliando três linhagens de aves de postura, Hy-Line Brown, W36 e W98, expostas durante 2 semanas a 22°C, passando a 35 °C, estresse térmico por 2 semanas, seguido de duas semanas de recuperação a 22°C, verificou que todos os parâmetros de desempenho, exceto mortalidade, foram reduzidos, na situação de estresse térmico, em todas as linhagens.

Allahverdi et al. (2013) estudando o efeito do estresse térmico sobre o desequilíbrio ácido-base, a concentração plasmática de Ca, a produção de ovos e a qualidade dos ovos em poedeiras comerciais, com 40 semanas de idade, concluíram que nas aves expostas a 22-36°C apresentaram redução na concentração de Ca, aumento no nível de pH, assim como diminuição na produção e qualidade dos ovos, em relação ao grupo controle, mantido a 20-26°C.

### **3.5.2. Umidade relativa do ar**

#### **3.5.2.1. Comportamento da umidade relativa do ar do aviário em relação aos níveis horizontais**

Na Figura 10, está ilustrada a distribuição espacial da umidade relativa do ar para os dois níveis de altura analisados, 0,65 e 2,75 metros do piso do aviário. Nota-se que, durante o dia, os valores de umidade relativa do ar apresentam uma pequena variação dentro da instalação. No nível inferior ocorre uma redução da umidade do centro em direção ao contorno externo, enquanto que, para o nível superior ocorre o inverso, ou seja, a região central apresenta menores valores de umidade do ar. Para o período noturno pode-se observar uma maior variação nos valores de umidade, tanto para o nível

inferior quanto superior, com as extremidades do contorno do abrigo apresentando maiores valores de umidade relativa do ar, o que, pode ser explicado pelo fato de que se trata de uma instalação aberta, que conseqüentemente, sofre influência do ambiente externo, no qual, durante a noite, foi registrada umidade média de 87%.

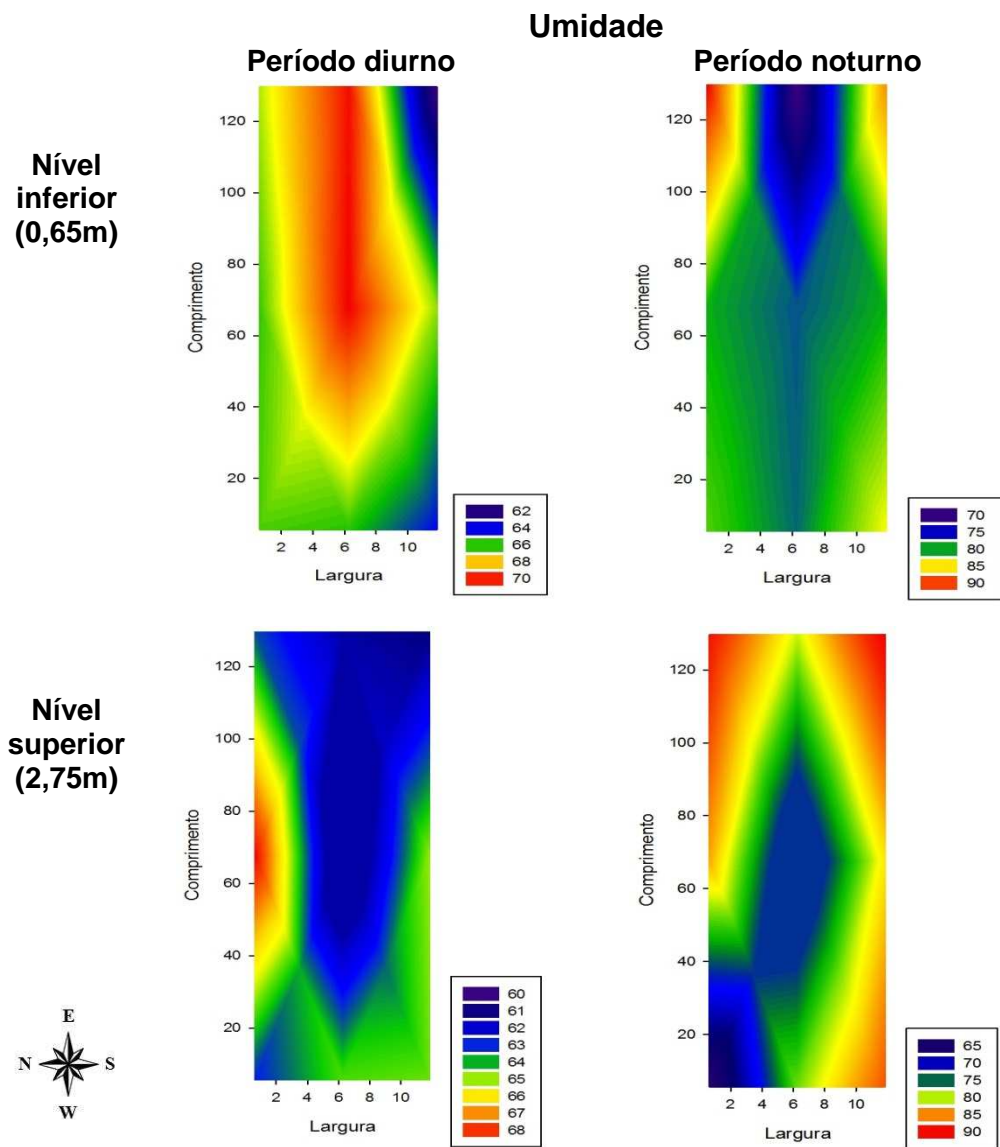


Figura 10- Mapas de umidade para o período diurno e noturno em dois níveis de altura.

### 3.5.2.2. Comportamento da umidade relativa do ar do aviário em relação aos perfis verticais

Encontram-se apresentados nas Figuras 11 e 12, os mapas de distribuição da umidade relativa do ar interna ao aviário de postura, em diferentes perfis longitudinais e transversais. Conforme pode-se observar, a umidade relativa do ar não apresenta uma distribuição homogênea, entre perfis e alturas de medições. De forma geral, durante o dia ocorreu baixa variação de umidade relativa, cujos valores estiveram próximos aos valores registrados no ambiente externo (em torno de 66%). Dentre os perfis longitudinais, o perfil 3L, posicionado entre as baterias de gaiolas na região central do aviário, para o período noturno, foi o que apresentou os menores registros de umidade, sendo o menos influenciado pelo ambiente externo.

Quanto à umidade relativa do ar ideal para aves de postura, de uma maneira geral, segundo Tinôco (2001) o ambiente é tido como confortável para aves adultas, em termos de umidade, quando apresenta valores entre 50 a 70%.

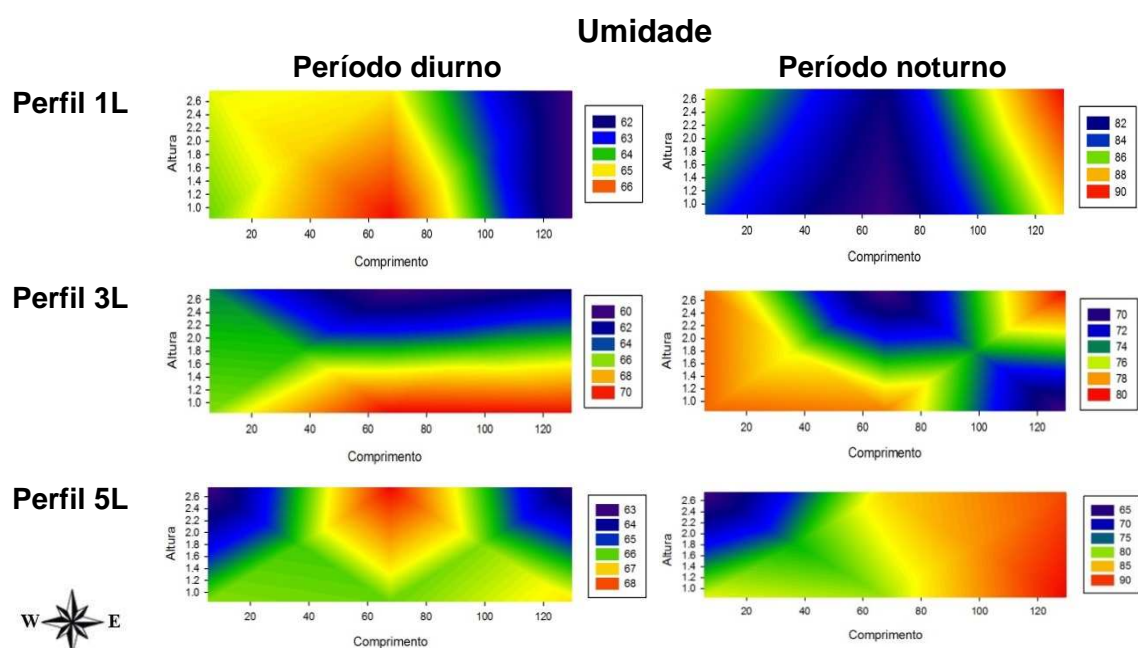


Figura 11 - Mapas de umidade para o período diurno e noturno em perfil longitudinal.

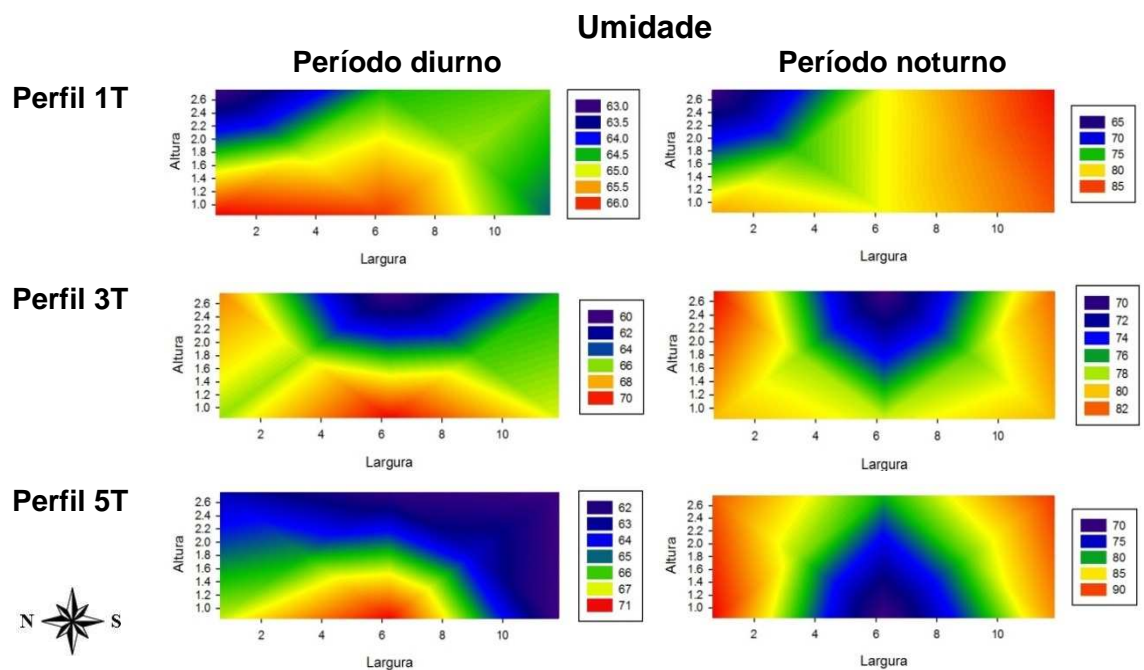


Figura 12 - Mapas de umidade para o período diurno e noturno em perfil transversal

Os valores médios de umidade relativa do ar mensurados neste trabalho, para o período diurno, permaneceram, na maioria dos casos, dentro dos limites sugeridos por Tinôco (2001), que varia entre 50 a 70%. Porém, em determinadas regiões no aviário, para o período noturno, apresentaram valores mais elevados. Nestas condições, se a temperatura também estiver elevada, a condição ambiental torna-se inadequada a criação animal.

De acordo com Baêta & Souza (2010), a umidade relativa do ar exerce grande influência no bem estar e na produtividade do animal, principalmente se muito baixa, causando diversas doenças no aparelho respiratório, ou se muito alta, quando associada a altas temperaturas do ar, dificultando a dissipação de calor corporal por processos evaporativos.

Oliveira et al. (2006) afirmam que a capacidade das aves em suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade do ar, sendo que, quanto maior a umidade relativa do ar, maior a dificuldade dos animais em remover calor interno pelas vias aéreas, o que leva ao aumento da frequência respiratória.

### **3.5.3. Índice de Temperatura e Umidade**

Com base na Figura 13, observa-se que, durante o período noturno, os valores de ITU permaneceram na faixa de conforto, segundo os limites de Thom (1959), tanto para o nível inferior (0,65 metros) quanto para o nível superior (2,75 metros), os quais se apresentam bem semelhantes e com distribuição uniforme, estando a região central do aviário com valores acima dos encontrados nas extremidades. Para o período diurno, o nível inferior mostra-se dentro da faixa de conforto, apresentando a face leste e a região central os maiores valores de ITU, bem próximos ao limite que é de 74. Já o nível superior apresenta a região central em estado de alerta, e as faces voltadas para leste e oeste atingindo o valor limite para um ambiente confortável.

Armstrong (1994) classificou o estresse térmico de acordo com as variações de ITU, sendo de 72 a 78 estresse brando, de 79 a 88 moderado, de 89 a 98 severo, e abaixo de 72 ambiente sem estresse térmico. Baseado na classificação de Armstrong, durante o período diurno, o aviário em quase todas as suas regiões se encontrava em estresse brando.

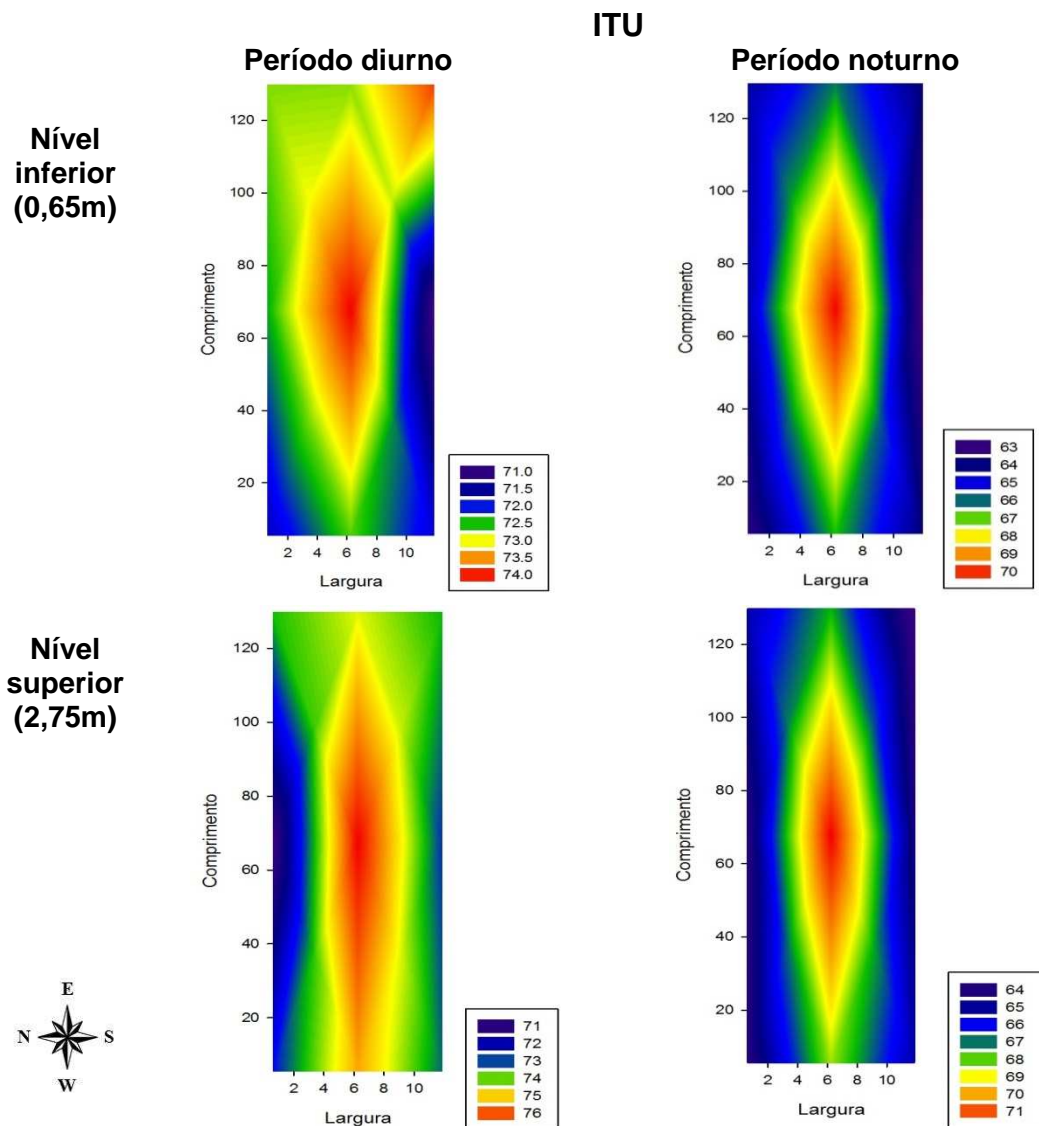


Figura 13 - Mapas de ITU para o período diurno e noturno em dois níveis de altura.

Nas Figuras 14 e 15, estão os mapas de distribuição de ITU em perfis longitudinais e transversais do aviário. Dentre os perfis longitudinais, o perfil 3L tem os piores valores de ITU, estando durante o período diurno na faixa de alerta, segundo a classificação de Thom (1959). Logo as baterias de gaiolas do corredor central da instalação apresentam a situação mais crítica em relação ao estresse por calor. Os perfis 1L e 5L apresentam desuniformidade na distribuição do ITU ao longo do comprimento do galpão, porém os valores se encontram dentro dos limites de conforto térmico.



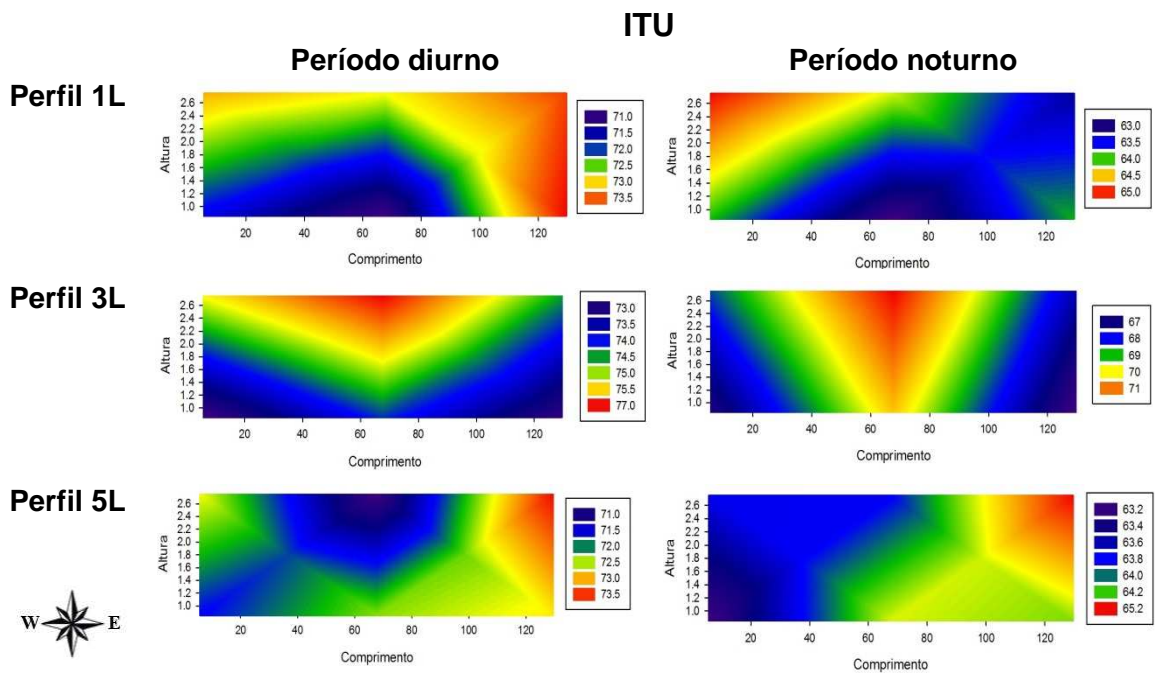


Figura 14 - Mapas de ITU para o período diurno e noturno em perfil longitudinal

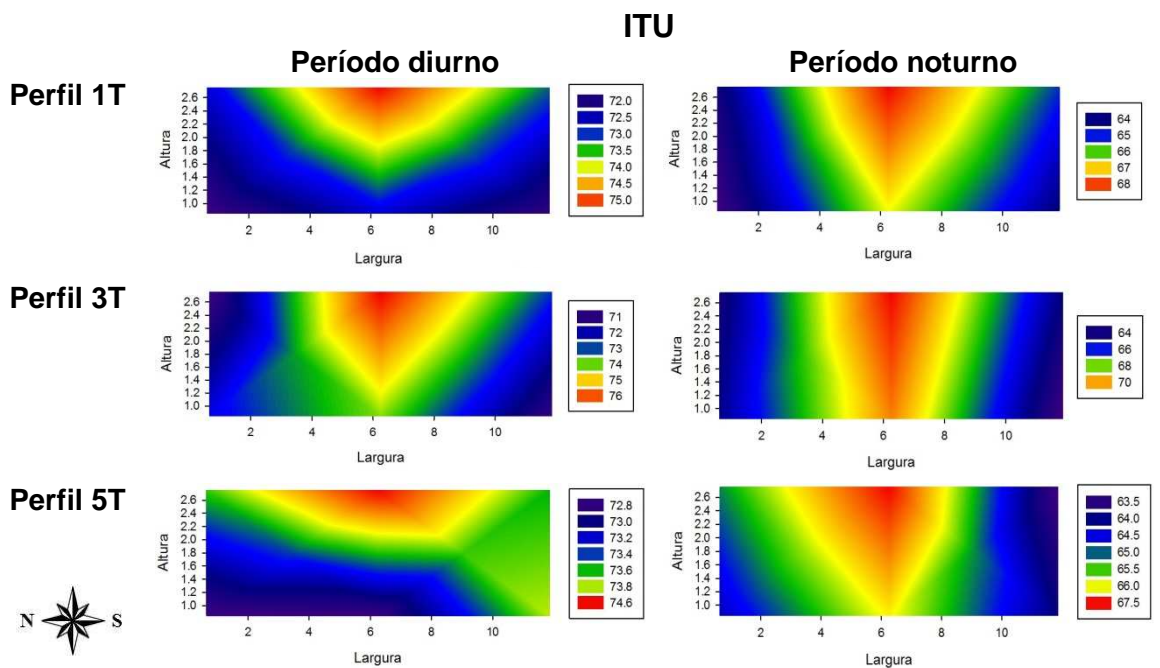


Figura 15 - Mapas de ITU para o período diurno e noturno em perfil transversal.

Com base na Figura 15, pode ser observado que, em todos os perfis, os valores de ITU médios tornam-se menores à medida que se distancia do centro da instalação, conforme era esperado, devido ao arrefecimento do ar pela



ventilação natural nas extremidades laterais do abrigo. Porém, no perfil 5 observa-se uma menor redução de ITU em uma das faces laterais, em consequência de maior incidência solar nesta região nas horas mais quentes do dia, afetando assim os animais alojados nessa região.

### 3.6. CONCLUSÃO

Com base na pesquisa realizada e pelos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- O monitoramento em tempo real das condições térmicas do aviário permitiu a geração dos mapas de temperatura do ar, umidade relativa do ar e Índice de Temperatura e Umidade;
- Os mapas facilitaram o diagnóstico das reais condições do conforto térmico do alojamento;
- O ambiente apresenta variação térmica entre diferentes posições espaciais da instalação.

### 3.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Diagnóstico Bioclimático: qual sua importância na produção de aves?. **Avicultura Industrial**, Porto Feliz, ano 91, n.09, p.16-20, edição 1093,2001.

ALLAHVERDI, A.; FEIZI, A.; TAKHTFOOLADI, H.A.; NIKPIRAN, H. Effects of heat stress on acid-base imbalance, plasma calcium concentration, egg production and egg quality in commercial layers. **Global Veterinaria** 10 (2): 203-207, 2013.

ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2044-2050, 1994.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais – Conforto animal**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 2a ed. 269 p.

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

BIAGGIONI, M.A.M.; MATTOS, S.P.J.; TARGA, L.A. Desempenho térmico de aviário de postura acondicionado naturalmente. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.4, p.961-972. 2008.

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

FEIZE, A.; SHAHBAZI, M.; TAIFEBAGERLU, J.; HAGHIGAT, A.; Effect of heat stress (HS) on production of Hy-line layers. **Research Journal of Biological Sciences** 7 (5): 206-208, 2012.

FRANCO JIMENEZ, D.J.; SCHEIDELER, S.E.; KITTOK, R.J.; BROWN BRANDL, T.M.; ROBESON, L.R.; TAIRA, H.; BECK, M.M.; Differential Effects of Heat Stress in Three Strains of Laying Hens. **Poultry Science**, nº16, p. 628-634, 2007

FURLAN, R. L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: **Simpósio BrasilSul de Avicultura**. Chapecó, p. 104-135. 2006.

MASHALY, M.M.; HENDRICKS, G.L.; KALAMA, M.A.; GEHAD, A.E; ABBAS, A.O.; PATTERSON, P.H. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poultry Science**, v.83, nº6, p. 889-894, 2004.

MAXIM. One Wire Viemer – User’s Guide, Version 1.3. **Dallas Maxim Semiconductor**, 2009.

OGUNTUNJI, A.O., LAWAL, T.E., ALABI, O.M. and ADEREMI, F.A. Effect of season on performance of egg-type chicken.(2008b) Proceedings of 13th **Animal Science Association of Nigeria (ASAN)** September 2008, Ahmadu Bello University, Zaria. pp. 97-99.

OLIVEIRA, G. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; CECON, P. R.; VAZ, R. G. M. V.; ORLANDO, U. A. D. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte dos 22 aos 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1398-1405, ago. 2006.

ROCHA, K.S.O. **Sistema computacional multiplataforma para armazenamento e transmissão remota de dados**. Departamento de Engenharia Agrícola – DEA. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa – UFV. *Magister Scientiae*: 47 (2008).

SILVA, I. J. O.; SEVEGNANI, K. B. **Ambiência na produção de aves de postura**. In: Silva, I. J. O. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, p.150- 214, 2001.

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

STEIDLE NETO, A. J. S.; BAÊTA F. C.; MARTINS J. H.; ZOLNIER S.; MONTEIRO P. M. B. **Avaliação da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-Wire™**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, p.29-36, jan./abr.2005.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, p.57-59, 1959.

TINOCO, I.F.F. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.º1, p.01-26, Campinas, Janeiro 2001.

VITORASSO, G.; PEREIRA, D. F.. Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.º6, p.788-794, Campina Grande, 2009.

ZULKIFI, I., NORMA, M. T., ISRAF, D. A. and OMAR, A. R. The effect of early age feed restriction on subsequent response to high environmental temperatures in female broiler chickens. **Poultry Science**. 79:1401–1407, 2000.

#### **4. ARTIGO II: Determinação da posição espacial representativa das condições médias de temperatura e umidade do ar para aviários de postura em sistemas verticais de criação.**

##### **4.1. RESUMO**

A manutenção das condições de conforto térmico em um alojamento de poedeira é fundamental para garantia de máximo desempenho produtivo dos planteis. No entanto, os modelos de aviários de postura atuais, os quais são abertos, com elevada capacidade de alojamento e grandes dimensões, até 130 metros de comprimento e 5 metros de pé direito, apresentam variações de temperatura e umidade do ar, o que torna um grande complicante no manejo dos sistemas de climatização, gerando ações de acondicionamento térmico equivocadas e, por conseguinte, afetando negativamente a produtividade e a uniformidade do lote. Portanto, objetivou-se com presente estudo uma análise de diferentes regiões internas de aviário de postura estabelecendo a posição espacial mais representativa das condições médias de temperatura e umidade relativa do ar internas do alojamento para alocação dos sensores de comando dos sistemas de climatização. O trabalho foi desenvolvido em uma granja comercial de aves de postura, típico dos padrões de criação praticados no Brasil, sistemas verticais, durante a fase de pico de postura das aves. O aviário é totalmente automatizado, possuindo 100.000 aves alojadas em quatro baterias com seis níveis de altura de gaiolas. Foi possível determinar que os melhores posicionamentos espaciais para alocação dos sensores de temperatura e umidade dentro da instalação, e que estes representassem as condições térmicas internas, são distantes das extremidades do aviário, à  $\frac{1}{4}$  do comprimento da instalação, e também afastadas das laterais, de modo a ser posicionado nos corredores intermediários, na altura média da bateria de gaiolas.

**Palavras chaves:** aves de postura, ambiente térmico, acondicionamento térmico.

## 4.2. ABSTRACT

Maintaining thermal comfort conditions in laying hens housing is critical to ensuring maximum productive performance. However, current models of layer hens barn, which are open , with high accommodation capacity and dimensions, up to 130 meters long and 5 meters in height, exhibit variations in temperature and humidity, which can make complicated the management of conditioning of the environment systems, generating actions of mistakes thermal condition and therefore negatively affecting productivity and uniformity of the lot. Therefore, the objective of the present study was to analyze different internal regions of laying hens barn, establishing the best spatial position represents the average conditions of temperature and relative humidity of the air inside the barn for determination of the best place for allocating sensors control of acclimatization system. The study was conducted on a commercial laying hens housing, typical patterns of creation practiced in Brazil, vertical systems, during the peak egg production. The barn is fully automated, having 100,000 birds housed in four batteries with six height levels cages. It was possible to determine the best allocation for spatial positioning of the temperature sensors and humidity within the facility, and that they represent the internal thermal conditions are distant extremities of the aviary at  $\frac{1}{4}$  the length of the installation, and also away from the sides of barn, so as to be positioned in the intermediate runners, the average height of the battery cages.

**Keywords:** laying hens, thermal environment, thermal condition.

## 4.3. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira faz parte das atividades econômicas de maior destaque do setor agropecuário, posição alcançada em função de avanços em nutrição, genética, manejo e sanidade, juntamente com a maior atenção dada ao bem-estar animal.

Segundo Baêta & Souza (2010) o ambiente interno de uma instalação normalmente é resultante das condições locais externas, das características construtivas e dos materiais utilizados na construção, da espécie e do número de animais, do manejo, e das modificações causadas tanto pelos equipamentos componentes do sistema produtivo quanto por aqueles destinados ao acondicionamento ambiental.

Dentre os fatores térmicos, a temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação térmica e movimentação do ar, são os que afetam mais diretamente as aves, uma vez que estes comprometem a sua função vital mais importante, que é a manutenção da própria homeotermia (TINÔCO, 2001).

Assim, há determinadas faixas térmicas do ambiente, nas quais o gasto de energia pela ave, no seu processo de manutenção da homeotermia é mínimo e, por esta razão, seu desempenho produtivo é máximo. Estas faixas térmicas, conhecidas como faixas de conforto térmico ambiente, são muito importantes de serem mantidas durante a maior parte do tempo em que a ave encontra-se alojada em um determinado ambiente (BAÊTA & SOUZA, 2010).

Contudo, o ambiente de um mesmo aviário, pode apresentar variações muito grandes de temperatura e umidade relativa do ar, em diferentes posições (diferentes alturas, diferentes afastamentos dos fechamentos laterais, etc).

Esta variabilidade costuma ser um grande complicante no manejo dos sistemas de acondicionamento térmico ambiente, tais como sistemas de ventilação, sistemas de resfriamento adiabático evaporativo, sistemas de abertura e fechamento de cortinas, etc, uma vez que os sensores para o comando liga/desliga destes sistemas podem estar em posições que não representam a realidade térmica do conjunto da área do abrigo, ou as condições de conforto térmico real da grande maioria da população das aves, gerando ações de acondicionamento térmico equivocadas e, por conseguinte, afetando negativamente a produtividade e a uniformidade do lote.

Para o caso da avicultura de postura a situação é ainda mais crítica, especialmente para os alojamentos de criação em alta densidade, também denominados aviários verticais, os quais possuem até oito níveis de andares de gaiolas distribuídas em vãos relativamente grandes e em comprimentos também longos, o que leva a grande capacidade de alojamento (cerca de 100.000 galinhas poedeiras por aviário, no caso do Brasil). Nestes aviários, com elevados pés-direitos (cerca de 5,0 m de altura ou mais), o gradiente térmico é muito variável, não somente na dimensão vertical como também nas duas horizontais do galpão, levando a ocorrência de níveis de estresse calórico espacialmente muito diferenciados, dependendo da hora do dia, tipo de material de cobertura e posição das aves.

Resultados de muitos estudos evidenciaram uma série de consequências que ocorrem com aves de posturas expostas a temperaturas elevadas, ressaltando-se redução na ingestão de alimentos, diminuição da massa corporal, queda na produção de ovos e na qualidade das cascas, especialmente representada por decréscimo nos valores de espessura desta e presença de ovos deformados (BAIÃO & CANÇADO, 2001; LIN et al., 2002; MASHALY et al., 2004).

Assim, diante do crescimento da avicultura de postura e, sabendo que variáveis ambientais tais como temperatura e umidade relativa do ar, influenciam a produtividade, comportamento e bem estar dos animais e, por consequência, toda produtividade e desempenho geral dos lotes (podendo levar a enormes prejuízos financeiros), torna-se necessário que se conheça a variabilidade espacial do microclima dentro dos aviários, especialmente os verticais à fim de possibilitar melhorias nos manejos dos sistemas climatizadores de ambiente, possibilitando maior desempenho geral da atividade, além de redução de mortalidade e melhoria do nível de bem estar animal.

Com base no exposto, o presente trabalho objetivou determinar o comportamento da temperatura interna ao aviário e estabelecer a posição espacial mais representativa das condições médias de temperatura e umidade relativa do ar internas do alojamento para melhor posicionamento dos sensores utilizados para o comando dos painéis climatizadores ou sistemas de acondicionamento ambiente

#### **4.4. MATERIAL E MÉTODOS**

##### **4.4.1. Área experimental**

O trabalho foi conduzido durante verão de 2013, em granja comercial de aves de postura situada no município de Itanhandu - Minas Gerais, localizado na Serra da Mantiqueira, a 892 metros de altitude, latitude de 22° 17' 45" S e longitude 44° 56' 06" W. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cwb, caracterizado por um clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado.

O experimento foi conduzido em um dos 24 galpões idênticos de postura, optando-se por um onde estivessem alojadas aves que se encontravam em período de produção máxima de ovos, pico de postura. O aviário é concebido no sistema vertical, em alta densidade de alojamento, com dimensões de 134 m de comprimento, 12,5 m de largura, 5 m de pé direito, 0,5 m de beiral, estrutura metálica e cobertura de telhas onduladas de aço galvanizado, com presença de lanternim. O aviário é 100% automatizado, com sistema automático de abastecimento e distribuição da ração, fornecimento de água em bebedouros tipo *nipple* e retirada de dejetos mecanizada por meio de esteiras. A retirada dos ovos do aviário e o transporte até a sala de classificação também são operações realizadas de forma mecanizada, o que possibilitava o manejo de até 100.000 aves dentro de um único galpão. O aviário é equipado com sistema de arrefecimento operado apenas pelo uso de nebulização, seu entorno é aberto nas faces norte/sul e fechado nas faces leste/oeste, de forma a ser contemplado por ventilação natural.

As 100.000 aves presentes no aviário eram da linhagem HyLine W-36, alojadas em gaiolas com dimensões de 0,6 m X 0,5 m X 0,4 m, na densidade de 10 aves por gaiola ( $300\text{cm}^2/\text{ave}$ ), e distribuídas em 4 baterias com 6 níveis de andares de gaiolas, conforme pode ser observado na Figura 1. Durante o período experimental as aves encontravam-se na 35ª semana de idade.



Figura1 - Vista superior (A) e vista lateral (B) das baterias de gaiolas.

#### 4.4.2. Sistema de aquisição dos dados experimentais

Desenvolvido pelas Dallas Semiconductor, o sistema 1-Wire™, foi implementado no experimento para aquisição dos dados de temperatura do ar



e umidade relativa do ar. Essa tecnologia compreende uma rede de transmissão de dados que possibilita a comunicação digital entre um computador (mestre), com um programa de controle e gerenciamento das atividades, e dispositivos da série 1-Wire™ (escravos), tais como adaptadores e sensores endereçados (STEIDLE et al., 2005).

Os dispositivos endereçáveis utilizados na coleta de dados de temperatura foram DS18B20 e DS2438, Figura 2, com faixas de temperatura de funcionamento entre -55°C e 125°C e -40°C e 85°C, respectivamente (MAXIM, 2009). Para coleta dos dados referentes a umidade relativa do ar foi utilizado o dispositivo HIH4000, sendo este não endereçável, mas que, ao ser integrado ao sensor DS2438, permite ser reconhecido e endereçado, configurando juntos um dispositivo de medição de temperatura e umidade relativa do ar. O controle e gerenciamento da transmissão dos dados medidos pelos sensores foi realizado pelo programa computacional STRADA, desenvolvido por Rocha (2008).

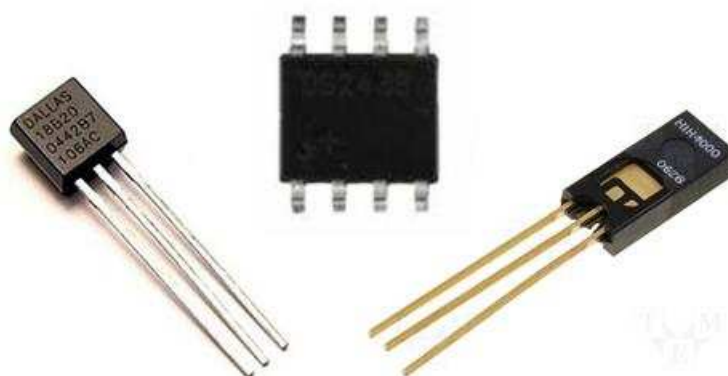


Figura 2 - Sensores de temperatura DS18B20 e DS2438, e umidade relativa do ar HIH4000.

#### 4.4.3. Distribuição do sistema de aquisição de dados

Com intuito de caracterizar, com confiabilidade, todo o ambiente interno ao aviário, distribuiu-se os sensores de temperatura e umidade relativa do ar segundo diferentes eixos espaciais e perfis, conforme Figura 3. Desta forma, 50 sensores de temperatura foram posicionados entre as baterias de gaiolas de forma uniforme e equidistante ao longo do comprimento do galpão e em dois níveis de altura (0,65 metros e 2,75 metros do piso do aviário), que são as alturas médias do primeiro e do último nível de gaiolas, conforme Figura 4.

Foram distribuídos, também, no interior do aviário, de forma semelhante aos sensores de temperatura, nos mencionados dois níveis de altura, 18 sensores de umidade relativa do ar, conforme Figura 5. Assim, todo volume do ambiente interno da instalação foi monitorado.



Figura 3 - Vista parcial do aviário com os sensores de temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B) posicionados nas extremidades laterais da instalação.

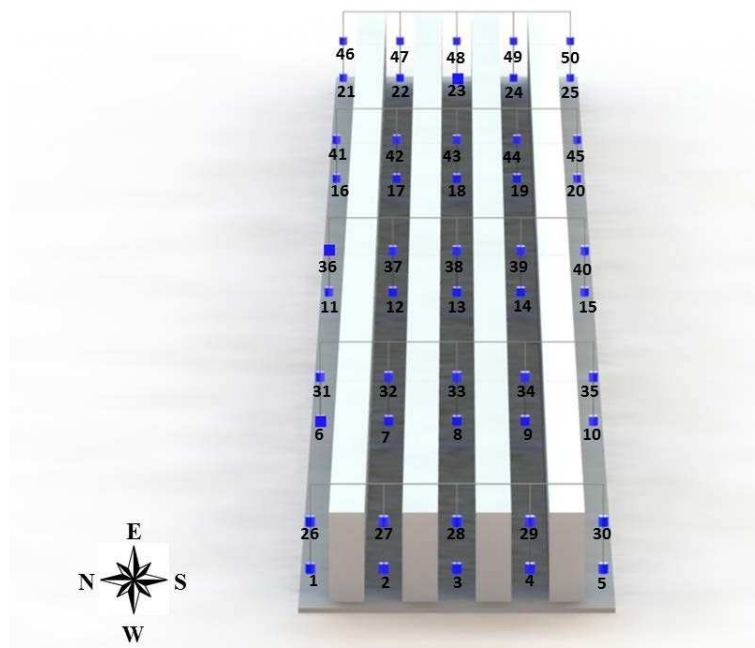


Figura 4 – Representação esquemática da distribuição e identificação dos sensores de temperatura entre as baterias de gaiolas e ao longo do comprimento, largura e altura do aviário experimental.

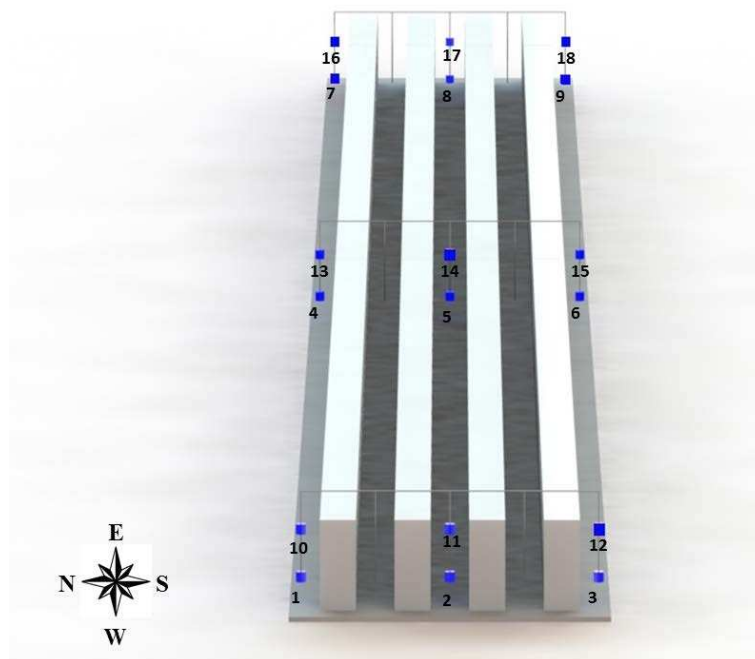


Figura 5 – Representação esquemática da distribuição e identificação dos sensores de umidade entre as baterias de gaiolas e ao longo do comprimento, largura e altura do aviário experimental.

Os sensores foram conectados entre si, formando cinco redes de transmissão, composta por cinco computadores instalados dentro do aviário. Para avaliação da temperatura e umidade relativa do ar externa, foi utilizado um abrigo meteorológico, no interior do qual foram dispostos sensores de temperatura e umidade relativa do ar, os quais foram conectados a uma das redes internas de transmissão de dados do aviário.

A coleta de dados aconteceu durante dezesseis dias consecutivos de forma contínua, apresentado, durante este intervalo experimental, dias com e sem presença de precipitação pluviométrica. Os dados monitorados foram registrados em tempo real, em intervalos de 1 min.

#### 4.4.4. Determinação da posição espacial representativa das condições térmicas do aviário

A fim de definir o melhor posicionamento dos sensores para controle dos sistemas de acondicionamento térmico dentro do aviário, de tal forma que estes realmente representassem melhor as condições térmicas médias de toda a área da instalação, foram obtidas as médias das temperaturas e umidades

relativa do ar, dos dezesseis dias experimentais, de cada ponto no interior do aviário utilizado para aquisição dos dados térmicos, assim como as médias das temperaturas máximas diárias, as quais representaram situações de extremo de calor, e realizou-se análise estatística por meio do teste *t*. Foi analisado o posicionamento dos sensores considerando os níveis superior e inferior separadamente e em conjunto, ambos para as situações de temperatura média diária e temperatura média máxima (situação térmica mais crítica).

Os dados coletados de temperatura do ar nos dezesseis dias experimentais, também foram utilizados para determinação dos parâmetros do modelo de variação temporal da temperatura do ar definido por Campbell & Norman (1998), equação 1.

$$\begin{aligned}
 T(t) &= T_{x,i-1}\Gamma(t) + T_{n,i}[1 - \Gamma(t)] & 0 < t \leq 5 \\
 T(t) &= T_{x,i}\Gamma(t) + T_{n,i}[1 - \Gamma(t)] & 5 < t \leq 14 \\
 T(t) &= T_{x,i}\Gamma(t) + T_{n,i+1}[1 - \Gamma(t)] & 14 < t \leq 24
 \end{aligned}
 \tag{Equação (1)}$$

em que:

$$\Gamma(t) = 0,44 - 0,46 \sin\left[\left(\frac{\pi}{12}\right)t + 0,9\right] + 0,11 \sin\left[2\left(\frac{\pi}{12}\right)t + 0,9\right]$$

*t* – hora do dia

$T_{x,i-1}$  – temperatura máxima dia anterior

$T_{x,i}$  – temperatura máxima diária

$T_{n,i+1}$  – temperatura mínima dia seguinte

$T_{n,i}$  – temperatura mínima diária

A partir dos modelos de variação temporal da temperatura obtidos para cada ponto de alocação dos sensores 1-wire dentro do aviário (pontos utilizados para coleta dos dados experimentais), foi aplicado o processo de análise de agrupamento, método de Tocher, com finalidade de unir os pontos, com comportamentos térmicos semelhantes ao longo do dia, em grupos.

O método de agrupamento por otimização ou Tocher apresentado em Cruz & Carneiro (2003) constitui em um método de agrupamento simultâneo, o qual dado um conjunto de unidades amostrais (indivíduos, tratamentos, genótipos, etc.), os quais são medidos segundo variáveis características,

permite obter um esquema que possibilite reunir as unidades em um número de grupos de tal forma que exista homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os grupos.

## 4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.5.1. Temperaturas médias

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios de temperatura, referentes a cada ponto de coleta de dados, considerando os níveis inferior e superior, simultaneamente, sendo a temperatura média de toda a instalação igual a 22,56°C.

Na Figura 6 estão apresentados (de acordo com os resultados do teste t, ao nível de 5% de significância,  $p < 0,05$ ), os pontos representados em vermelho, os quais as temperaturas diferem da temperatura média interna ao aviário, e em azul os pontos sem diferença significativa com a temperatura média do alojamento.

Tabela 1 – Valores médios de temperatura do ar em °C durante o período experimental, para os níveis inferior (0,65m) e superior (2,75m).

Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.
1	20,11*	14	23,29	26	21,29*	39	24,40*
2	22,71	15	20,02*	27	23,08	40	21,56*
3	21,86	16	21,02*	28	23,49*	41	22,39
4	22,44	17	22,99	29	23,25	42	24,18*
5	20,58*	18	23,86*	30	21,45*	43	25,09*
6	21,21*	19	23,06	31	22,41	44	24,61*
7	22,75	20	21,99	32	23,93*	45	22,43
8	24,08*	21	20,65*	33	24,88*	46	21,09*
9	23,14	22	22,20	34	24,37*	47	22,83
10	21,47*	23	21,75*	35	22,59	48	22,76
11	20,92*	24	22,35	36	20,12*	49	23,04
12	23,02	25	20,79*	37	24,32*	50	21,09*
13	23,64*			38	25,44*		

\*Significativo ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Com base na Figura 6, observa-se que as temperaturas da região central e das faces laterais norte e sul do aviário, exceto em alguns pontos, não representam a situação térmica média de todo aviário, sendo, portanto

posições espaciais inadequadas para posicionamento dos sensores de acionamento/comando dos sistemas de climatização.

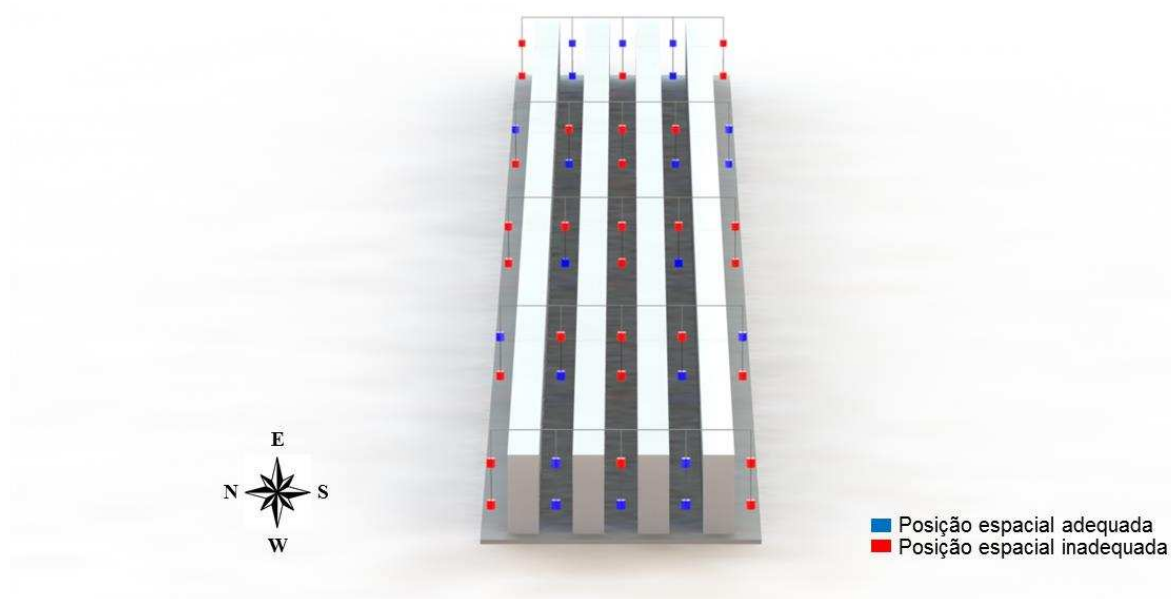


Figura 6 – Posições espaciais para alocação de sensores em condições de temperaturas médias.

Na Tabela 2 encontram-se os valores médios de temperatura, referentes a cada ponto de coleta de dados, considerando apenas o nível inferior, em que a temperatura média foi de 22,08°C. Assim como na Tabela 3 encontra-se os valores médios de temperatura considerando somente o nível superior, em que a temperatura média foi de 23,05°C.

Tabela 2 – Valores médios de temperatura do ar em °C, durante o período experimental, para o nível inferior (0,65m).

Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.
<b>1</b>	20,11*	<b>8</b>	24,08*	<b>14</b>	23,29*	<b>20</b>	21,99
<b>2</b>	22,71	<b>9</b>	23,14*	<b>15</b>	20,02*	<b>21</b>	20,65*
<b>3</b>	21,86	<b>10</b>	21,48	<b>16</b>	21,02*	<b>22</b>	22,20
<b>4</b>	22,44	<b>11</b>	20,92*	<b>17</b>	22,99*	<b>23</b>	21,75
<b>5</b>	20,58*	<b>12</b>	23,02*	<b>18</b>	23,86*	<b>24</b>	22,35
<b>6</b>	21,21*	<b>13</b>	23,64*	<b>19</b>	23,06*	<b>25</b>	20,79*
<b>7</b>	22,75						

\*Significativo ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Tabela 3 – Valores médios de temperatura do ar em °C, durante o período experimental, para o nível superior (2,75m).

Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.
26	21,29*	33	24,88*	39	24,40*	45	22,43
27	23,08	34	24,37*	40	21,56*	46	21,09*
28	23,49	35	22,59	41	22,39	47	22,83
29	23,25	36	20,12*	42	24,18*	48	22,76
30	21,45*	37	24,32*	43	25,09*	49	23,04
31	22,41	38	25,44*	44	24,61*	50	21,09*
32	23,93*						

\*Significativo ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Na Figura 7 encontram-se apresentados, conforme o resultado do teste t ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) considerando os níveis individualmente, os pontos representados em vermelho, nos quais as temperaturas diferem da temperatura média interna ao aviário, e em azul os pontos sem diferença significativa.

Quando os níveis superior e inferior são analisados individualmente, em relação ao posicionamento adequado para os sensores, estes apresentam resultados bem semelhantes, conforme observa-se na Figura 7.

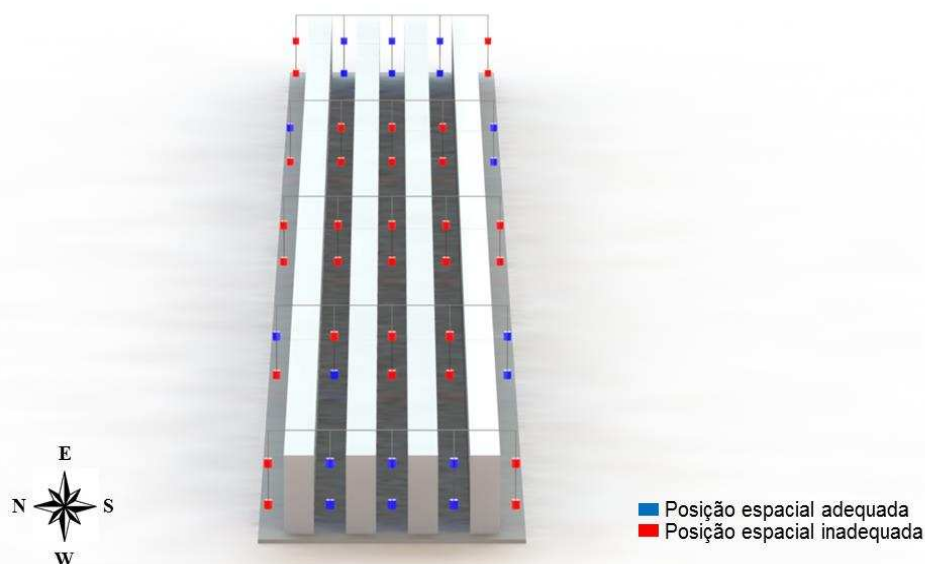


Figura 7 - Posições espaciais para alocação de sensores em condições de temperaturas médias.

Baseados nos resultados do teste t pode-se inferir que os pontos 2, 4, 22, 24 do nível inferior (0,65 metros) e 27, 29, 47 e 49 do nível superior (2,75 metros) representam as condições de temperatura média interna de todo o aviário, tanto para análise dos níveis individualmente quanto em conjunto. Portanto, quaisquer um destes pontos é posição espacial adequada para instalação de sensores, sendo ideal, para se obter uma maior confiabilidade e segurança no acionamento dos sistemas de climatização a utilização de mais de um ponto para registro dos dados térmicos do aviário.

#### 4.5.2. Temperaturas medias máximas

Na Tabela4 encontram-se apresentados os valores médios da temperatura máxima interna ao aviário, referentes a cada ponto de coleta de dados, considerando os níveis inferior (0,65 metros) e superior (2,75 metros) simultaneamente, sendo a temperatura média máxima de todo a instalação igual a 29,37°C.

Tabela 4 – Valores médios da temperatura máxima do ar em °C, durante o período experimental, para os níveis inferior (0,65m) e superior (2,75m).

Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.
<b>1</b>	27,66*	<b>14</b>	28,90	<b>26</b>	29,58	<b>39</b>	31,21*
<b>2</b>	27,94*	<b>15</b>	28,27	<b>27</b>	30,15	<b>40</b>	29,74
<b>3</b>	27,94	<b>16</b>	28,85	<b>28</b>	31,03	<b>41</b>	30,19
<b>4</b>	28,23	<b>17</b>	28,19	<b>29</b>	30,82	<b>42</b>	30,29
<b>5</b>	27,71	<b>18</b>	28,25	<b>30</b>	29,13	<b>43</b>	30,39
<b>6</b>	30,33	<b>19</b>	28,47	<b>31</b>	31,29*	<b>44</b>	30,61
<b>7</b>	28,46	<b>20</b>	30,26	<b>32</b>	30,34	<b>45</b>	30,52
<b>8</b>	29,97	<b>21</b>	28,60	<b>33</b>	30,62	<b>46</b>	29,10
<b>9</b>	28,81	<b>22</b>	27,57*	<b>34</b>	30,98*	<b>47</b>	29,26
<b>10</b>	30,06	<b>23</b>	26,91*	<b>35</b>	31,23*	<b>48</b>	29,44
<b>11</b>	28,50	<b>24</b>	28,31	<b>36</b>	27,22*	<b>49</b>	29,96
<b>12</b>	28,73	<b>25</b>	29,43	<b>37</b>	30,92*	<b>50</b>	29,37
<b>13</b>	27,85*			<b>38</b>	30,67		

\*Significativo ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Na Figura 8 estão apresentados, conforme o resultado do teste t, ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ), os pontos representados em vermelho, nos quais as temperaturas diferem da temperatura média máxima interna ao aviário, e em azul os pontos sem diferença significativa.



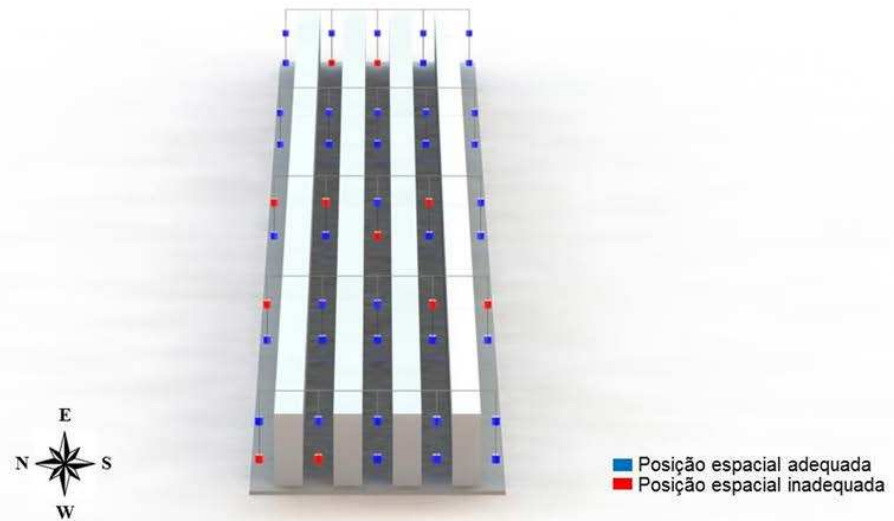


Figura 8 - Posições espaciais para alocação de sensores em condições de temperaturas médias máximas.

Conforme observado na Figura 8, quando a análise de posicionamento dos sensores é realizada para situações de extremo de calor, ou seja, quando as aves se encontram em estresse térmico, em poucos pontos a temperatura apresenta diferença significativa da temperatura média de toda a instalação. Portanto, em qualquer região do aviário, exceto nesses pontos, pode-se alocar os sensores térmicos, de maneira que estes representem todo volume da instalação.

Na Tabela 5 encontram-se apresentados os valores médios de temperatura máxima interna ao aviário, referentes a cada ponto de coleta de dados, considerando apenas o nível inferior, em que a temperatura média foi de 28,57°C. Similarmente na Tabela 6 encontram-se apresentados os valores médios de temperatura máxima para cada ponto, considerando somente o nível superior, em que a temperatura média máxima foi de 30,16°C.

Tabela 5 – Valores médios da temperatura máxima do ar em °C, durante o período experimental, para o nível inferior(0,65m).

Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.
<b>1</b>	27,66	<b>8</b>	29,97	<b>14</b>	28,90	<b>20</b>	30,26
<b>2</b>	27,94	<b>9</b>	28,81	<b>15</b>	28,27	<b>21</b>	28,60
<b>3</b>	27,94	<b>10</b>	30,06	<b>16</b>	28,85	<b>22</b>	27,57
<b>4</b>	28,23	<b>11</b>	28,50	<b>17</b>	28,19	<b>23</b>	26,91*
<b>5</b>	27,70	<b>12</b>	28,73	<b>18</b>	28,25	<b>24</b>	28,31
<b>6</b>	30,33*	<b>13</b>	27,85	<b>19</b>	28,47	<b>25</b>	29,43
<b>7</b>	28,46						

\*Significativo ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Tabela 6 – Valores médios da temperatura máxima do ar em °C, durante o período experimental, para o nível superior (2,75m).

Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.
<b>26</b>	29,58	<b>33</b>	30,62	<b>39</b>	31,21	<b>45</b>	30,52
<b>27</b>	30,15	<b>34</b>	30,98	<b>40</b>	29,74	<b>46</b>	29,10
<b>28</b>	31,03	<b>35</b>	31,23	<b>41</b>	30,19	<b>47</b>	29,26
<b>29</b>	30,82	<b>36</b>	27,22*	<b>42</b>	30,29	<b>48</b>	29,44
<b>30</b>	29,13	<b>37</b>	30,92	<b>43</b>	30,39	<b>49</b>	29,96
<b>31</b>	31,29	<b>38</b>	30,67	<b>44</b>	30,61	<b>50</b>	29,37
<b>32</b>	30,34						

\*Significativo ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Na Figura 9, encontram-se apresentados os pontos destacados em vermelho, nos quais as temperaturas diferem da temperatura média máxima interna ao aviário, e destacados em azul os pontos sem diferença significativa. A diferença foi avaliada com base no resultado do teste t, ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ), considerando-se os níveis individualmente.

Observa-se pela Figura9, que ao se analisar os níveis inferior e superior separadamente, estes apresentam apenas dois e um ponto respectivamente, nos quais as temperaturas apresentam diferença significativa da temperatura média de toda a instalação. Com isso, pode-se inferir que quaisquer um dos pontos, exceto 6, 23 e 36, representam as condições de temperatura de seus níveis para situação de extremo de calor.

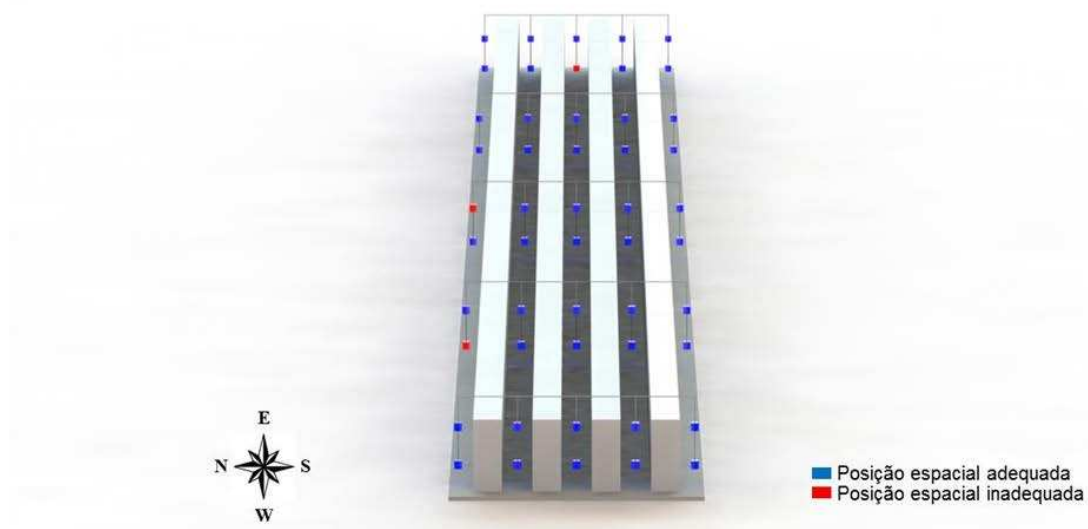


Figura 9 - Posições espaciais para alocação de sensores em condições de temperaturas médias máximas.

#### 4.5.3. Umidade relativa do ar

Na Tabela 7 encontram-se apresentados os valores médios de umidade relativa do ar interna ao aviário, referentes a cada ponto de coleta de dados, considerando os níveis inferior e superior, simultaneamente, sendo a umidade relativa média do ar de toda a instalação igual a 75,55%.

Tabela 7 – Valores médios de umidade relativa do ar em %, durante o período experimental, para os níveis inferior e superior.

Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.
1	78,28	6	75,15	10	71,65	15	75,13
2	74,83	7	80,23*	11	76,01	16	69,19*
3	79,14	8	78,57	12	80,49*	17	74,65
4	77,16	9	71,86*	13	77,20	18	78,82*
5	75,38			14	66,05*		

\*Significativo ao nível de 5% de significância pelo teste t.

Na Figura 10 estão apresentados, conforme o resultado do teste t, ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ), os pontos representados em vermelho, nos quais as umidades diferem da umidade média interna ao aviário, e em azul os pontos sem diferença significativa.

Conforme observado na Figura 10, as umidades dos pontos situados na região central e na lateral do aviário voltada para oeste, baseados no teste t, não apresentam diferença significativa em relação a umidade média do aviário,

sendo assim posições espaciais adequadas para posicionar sensores de umidade relativa do ar que auxiliam no manejo do ambiente térmico afim de proporcionar a aves alojadas condições favoráveis de bem estar.

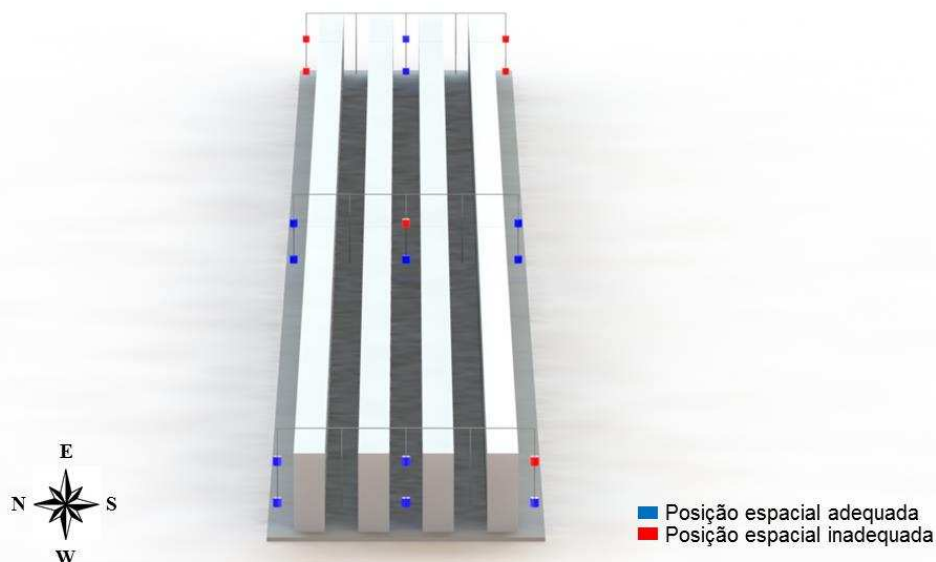


Figura 10 - Posições espaciais para alocação de sensores em condições de valores médios de umidade.

#### 4.5.4. Análise de agrupamento

A análise de agrupamento, pelo método de Tocher, foi realizada entre os modelos temporais de temperatura, encontrando cinco grupos distribuídos no interior do aviário, nos quais as regiões pertencentes a cada grupo possuía um comportamento térmico característico, conforme apresentados nas Figuras 11 e 12.

Observa-se na Figura 12 semelhanças nas curvas de comportamento térmico dos grupos, com valores de temperaturas reduzidas no período noturno e acentuadas no período diurno, porém com diferentes faixas de variações de temperatura entre elas.

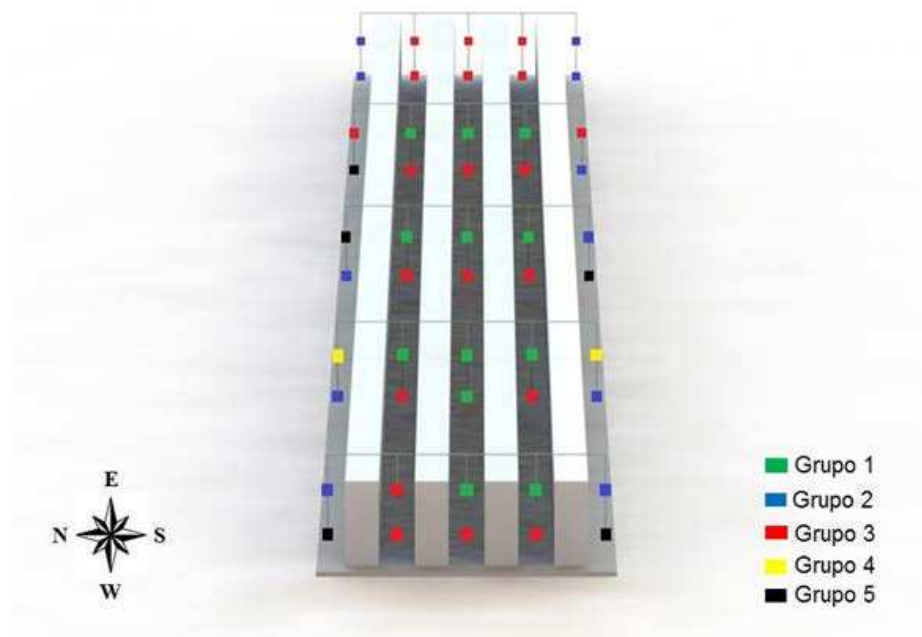


Figura 11 – Representação esquemática da distribuição dos grupos definidos pelo método de Tocher.

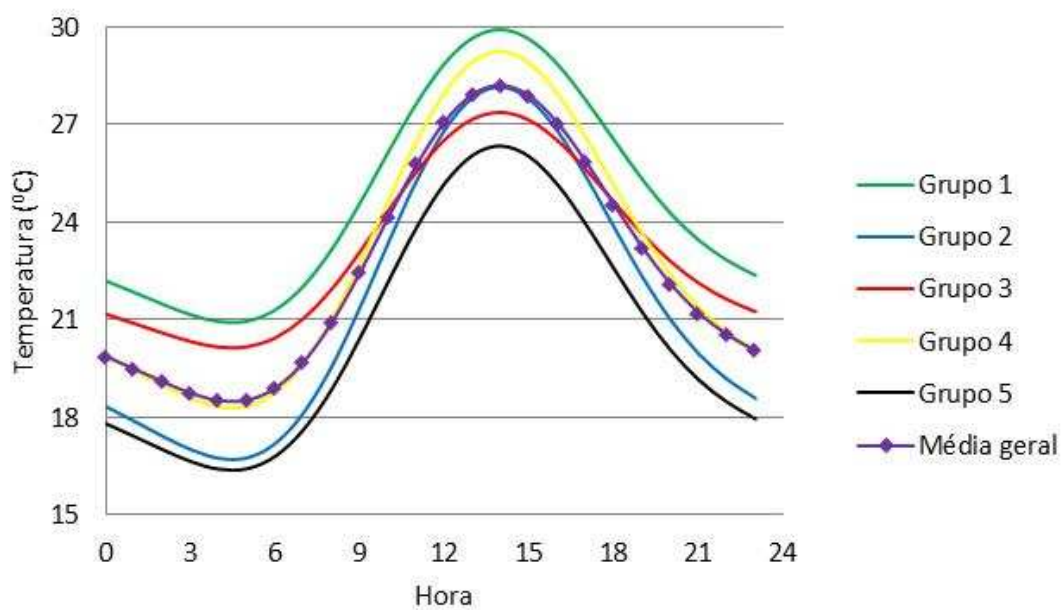


Figura 12 – Curvas características do comportamento térmico interno ao aviário, para cada região, definidas a partir do modelo de Campbell & Norman.

Com base nas análises estáticas pelo teste *t* e nas curvas de comportamento temporal da temperatura e, cientes que sistemas de acondicionamento térmicos e climatizadores de ambiente são, em geral, utilizados principalmente em situações de extremos de calor, período no qual as aves estão sujeitas a estresse térmico, pode-se definir que as melhores posições espaciais, dentro do aviário, para alocação dos sensores de acionamento e comando dos sistemas de acondicionamento térmico e climatizadores, são distantes das extremidades do aviário, à  $\frac{1}{4}$  do comprimento da instalação, e também afastados das laterais, de modo a ser posicionado nos corredores intermediários, na altura média da bateria de gaiolas, conforme pode ser visualizado na Figura 13. Vale reportar que, quanto maior o número de sensores alocados, maior será a confiabilidade dos dados e mais representativos das condições térmicas do aviário. Este posicionamento dos sensores pode ser aplicado também em aviários implementados em regiões com características climáticas semelhantes à estudada, e que apresentem as mesmas características construtivas.

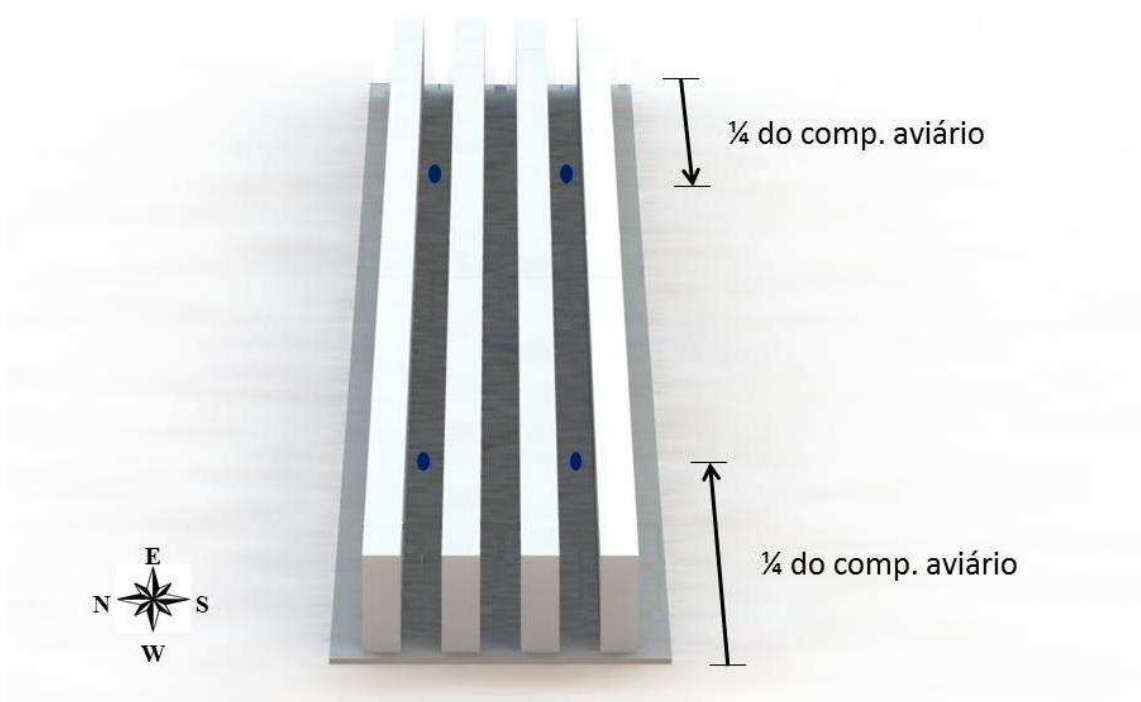


Figura 13 – Representação esquemática da posição espacial para alocação de sensores em aviário de postura.

#### 4.6. CONCLUSÃO

Diante da pesquisa realizada e com base nos resultados encontrados foi possível determinar que os melhores posicionamentos espaciais para alocação dos sensores de temperatura e umidade dentro da instalação, e que estes representassem as condições térmicas internas, são distantes das extremidades do aviário, à  $\frac{1}{4}$  do comprimento da instalação, e também afastados das laterais, de modo a ser posicionado nos corredores intermediários, na altura média da bateria de gaiolas.

#### 4.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais – Conforto animal**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 2a ed. 269 p.

BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V. **Artifícios biológicos para aliviar o estresse calórico em frangos de corte**. Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária (UFMG), Belo Horizonte, n.34, p. 15-22, 2001.

CAMPBELL, G. S.; NORMAN, J. M. **Na introduction to environmental biophysics**. New York: Springer-Verlag, 1998. 2a ed. 286p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 2.ed. 585 p.

LIN, H.; WANG, L. F.; SONG, J. L.; XIE, Y. M.; YANG, Q. M. Effect of dietary supplemental levels of vitamin A on the egg production and immune responses of heat- stressed laying hens. **Poultry Science**, v. 81, p. 458-465, 2002.

MASHALY, M.M.; HENDRICKS, G.L.; KALAMA, M.A.; GEHAD, A.E.; ABBAS, A.O.; PATTERSON, P.H. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poultry Science**, v. 83, p. 889-894, 2004.

MAXIM. One Wire Viemer – User's Guide, Version 1.3. **Dallas Maxim Semiconductor**, 2009.

ROCHA, K.S.O. **Sistema computacional multiplataforma para armazenamento e transmissão remota de dados**. Departamento de Engenharia Agrícola – DEA. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa – UFV. *Magister Scientiae*: 47 (2008).

STEIDLE NETO, A. J. S.; BAÊTA F. C.; MARTINS J. H.; ZOLNIER S.;MONTEIRO P. M. B. **Avaliação da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-Wire™**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, p.29-36, jan./abr. 2005.

TINOCO, I.F.F. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.º1, p.01 -26, Campinas, Janeiro 2001.



## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É de grande importância o conhecimento do ambiente térmico e que este esteja em condições que permita o animal expressar o seu melhor desempenho, como garantia de maior produção de ovos e menor mortalidade, e conseqüentemente maior lucratividade na atividade.

Com base na pesquisa realizada, o monitoramento, em tempo real, das condições térmicas do aviário permitiu a geração dos mapas de temperatura do ar, umidade relativa do ar e Índice de Temperatura e Umidade, e estes mapas evidenciaram a variabilidade térmica dentro do aviário, em condições médias de temperatura e umidade, identificando nas situações de extremo de calor, estresse térmico para os animais ocupantes da instalação.

Foi possível também, com base no estudo realizado, determinar a melhor região interna do aviário para alocação de sensores térmicos essenciais no acionamento e comando dos sistemas de acondicionamento térmico e climatização do ambiente.