

MÚCIO ANDRE DOS SANTOS ALVES MENDES

**CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO DE AVIÁRIOS DE
POSTURA, EM SISTEMAS VERTICAIS, VENTILADOS NATURALMENTE
E POR PRESSÃO NEGATIVA EM MODO TÚNEL**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M538c
2015
Mendes, Múcio André dos Santos Alves, 1984-
Caracterização do ambiente térmico de aviários de postura,
em sistemas verticais, ventilados naturalmente e por pressão
negativa em modo túnel / Múcio André dos Santos Alves
Mendes. – Viçosa, MG, 2015.
xi, 138f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Richard Stephen Gates.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Aviários - Instalações - Aquecimento e ventilação.
2. Galinhas poedeiras. 3. Ovos - Produção. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 636.0831

MÚCIO ANDRÉ DOS SANTOS ALVES MENDES

**CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO DE AVIÁRIOS DE
POSTURA, EM SISTEMAS VERTICAIS, VENTILADOS NATURALMENTE E
POR PRESSÃO NEGATIVA EM MODO TÚNEL**

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

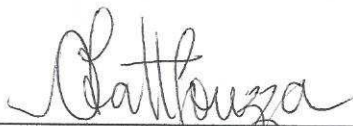
APROVADA: 25 de novembro de 2015



Fátima de Jesus Folgôa Baptista



Marcos Oliveira de Paula



Cecília de Fátima Souza
(Coorientadora)



Ilda de Fátima Ferreira Tinôco
(Coorientadora)



Prof. Richard Stephen Gates
(Orientador)

À minha família, dedico este trabalho!

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as conquistas, proteção e presença constante em minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola e seus funcionários.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro.

Ao Professor Richard S. Gates pela orientação e confiança.

À Professora Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, pelos valiosos ensinamentos, conselhos, incentivo e confiança.

À Professora Cecília de Fátima Souza pelas orientações, conselhos e incentivo durante toda a minha formação acadêmica.

Ao Diogo e a Maria de Fátima pelo auxílio durante todo o período do experimento.

Ao Luís Gustavo, Jadson e Keller, pelo auxílio na montagem do experimento.

Aos companheiros do AMBIAGRO;

À Tamara pelo companheirismo, compreensão nos momentos de estresse e auxílio em todas as etapas deste trabalho.

À minha mãe Denise, ao meu pai Nivaldo e meus irmãos; Mayara, Melissa, Mariana e Igor por me darem forças para seguir em frente, pela confiança e apoio as minhas decisões.

À minha madrinha Ruth Helena pelo apoio em todas as etapas de minha vida.

Aos meus amigos de Viçosa.

CONTEÚDO

RESUMO	VIII
ABSTRACT	X
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
1.1. Introdução geral	1
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO 1: REFERENCIAL TEÓRICO DA AVICULTURA INDUSTRIAL DO BRASIL	8
1. INTRODUÇÃO	8
2. REQUERIMENTO TÉRMICO E AMBIENTAL PARA GALINHAS POEDEIRAS	9
2.1. A homeotermia e as aves	9
2.2. Temperatura e umidade relativa do ar em um aviário ambiência térmica	10
2.3. Índices de conforto térmico	22
2.4. Alojamento de galinhas poedeiras no brasil	23
2.5. Sistema de criação em gaiolas convencionais	23
2.6. Disposição de Gaiolas	25
2.7. Orientação e disposição dos aviários	26
2.8. Climatização de galpões avícolas	27
2.8.1. Ventilação natural	27
2.8.2. Ventilação mecânica	28
2.9. Estudo das instalações	29
3. Considerações Finais	30
4. Referências	31
CAPÍTULO II: ARTIGO TÉCNICO-CIENTÍFICO	37
CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DO AMBIENTE TÉRMICO DE AVIÁRIOS DE POSTURA VERTICAIS, ABERTOS E SUBMETIDOS À VENTILAÇÃO NATURAL	37
RESUMO	37
ABSTRACT	39
.....	39
1. INTRODUÇÃO	40
2. MATERIAL E MÉTODOS	42
2.1. Caracterização dos Galpões	42

2.2.	Disposição das gaiolas e manejo das aves	43
2.3.	Sistema de coleta de dados experimentais	43
2.4.	Avaliação da temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários	44
2.4.1.	Sistema de aquisição de dados	44
2.4.2.	Mapeamento da distribuição de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários	44
2.5.	Análises estatísticas dos dados	47
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.1.	Temperatura média interna do aviário	47
3.2.	Distribuição horizontal da temperatura no interior do aviário	50
3.3.	Distribuição Horizontal da umidade relativa do ar no interior do aviário	53
3.4.	Distribuição Horizontal do índice de temperatura e umidade (ITU) no interior do aviário	54
3.5.	Determinação da posição espacial representativa das condições térmicas do aviário	56
3.6.	Agrupamento	59
4.	CONCLUSÃO	62
5.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	64
	CAPÍTULO III: ARTIGO TÉCNICO-CIENTÍFICO	67
	CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DO AMBIENTE TÉRMICO EM AVIÁRIOS DE POSTURA VERTICAIS, FECHADOS E CLIMATIZADOS VIA VENTILAÇÃO POR PRESSÃO NEGATIVA EM MODO TÚNEL	67
	RESUMO	67
	ABSTRACT	69
	70
1.	INTRODUÇÃO	71
2.	MATERIAL E MÉTODOS	74
2.1.	Caracterização dos Galpões	74
2.2.	Disposição das gaiolas e Manejo das aves	74
2.3.	Manejo do sistema de climatização do aviário	75
2.4.	Sistema de coleta de dados experimentais	75
2.5.	Avaliação do comportamento dos valores de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários	76
2.5.1.	Sistema de aquisição de dados	76
2.5.2.	Mapeamento da distribuição de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários	76

2.6. Análise estatística dos dados	79
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
3.1. Temperatura média interna do aviário	79
3.2. Distribuição horizontal da temperatura no interior do aviário	81
3.3. Distribuição Horizontal da umidade relativa do ar no interior do aviário	84
3.4. Distribuição Horizontal do índice de temperatura e umidade (ITU) no interior do aviário	86
3.5. Determinação da posição espacial representativa das condições térmicas do aviário.....	87
3.6. Agrupamento	90
4. CONCLUSÕES	91
5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	92
CAPÍTULO IV: ARTIGO TÉCNICO-CIENTÍFICO.....	94
AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO AMBIENTE TÉRMICO DO AVIÁRIO DE POSTURA VERTICAL SUBMETIDO A VENTILAÇÃO NATURAL E AVIÁRIO DE POSTURA VERTICAL SUBMETIDO A VENTILAÇÃO POR PRESSÃO NEGATIVA NO MODO TÚNEL.....	94
RESUMO	94
ABSTRACT	96
1. INTRODUÇÃO	98
2. MATERIAL E MÉTODOS	101
5.1. Caracterização dos Galpões.....	101
5.1.1. Aviário aberto submetido à ventilação natural.....	101
5.1.2. Aviário fechado ou híbrido submetido à ventilação por pressão negativa.....	101
5.2. Manejo das aves.....	102
5.2.1. Sistema de ventilação aviário submetido a ventilação por pressão negativa.	102
5.2.2. Sistema de coleta de dados experimentais.....	103
5.3. Avaliação da temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários	103
5.3.1. Sistema de aquisição de dados	103
5.3.2. Mapeamento da distribuição de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários	104
5.4. Análises estatísticas dos dados.....	106
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	107
6.1. Temperatura média interna dos aviários.....	107

6.2. Distribuição horizontal da temperatura no interior dos aviários	108
6.3. Distribuição Horizontal da umidade relativa do ar no interior do aviário	114
6.4. Temperatura no interior das gaiolas	117
7. CONCLUSÃO	120
8. REFERÊNCIAS.....	121
CONCLUSÕES GERAIS	123
APÊNDICE 01	124
APÊNDICE 02	125
APÊNDICE 03	132

RESUMO

MENDES, Mucio André dos Santos Alves, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2015. **Caracterização do ambiente térmico de aviários de postura, em sistemas verticais, ventilados naturalmente e por pressão negativa em modo túnel.** Orientador: Richard Stephen Gates. Coorientadores: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco e Cecília de Fátima Souza.

Com a presente pesquisa objetivou-se levantar e avaliar, comparativamente, o ambiente térmico no interior de dois aviários de postura verticais. As tipologias representativas da avicultura industrial do Brasil em sistemas intensivos de produção avaliadas foram: ventilados naturalmente e com sistemas de ventilação por pressão negativa em modo túnel. Esta pesquisa foi realizada em granja comercial, situada no município de Pouso Alto - Minas Gerais, localizado na Serra da Mantiqueira. Os galpões eram constituídos por cinco alas de gaiolas com seis níveis de altura cada, o que permite o alojamento de até 100 mil aves. No interior de cada aviário estudado, foram utilizados sessenta sensores de temperatura e vinte sensores de umidade relativa do ar, os quais foram distribuídos nos corredores entre as baterias de gaiolas e nas laterais de forma uniforme e equidistante ao longo do comprimento do galpão em dois níveis de altura. Um sensor de umidade relativa e um sensor de temperatura foram instalados no interior de um abrigo meteorológico, nas proximidades dos galpões, a fim de monitorar as condições ambientais externas. A tese foi organizada em capítulos, assim distribuídos: Capítulo 1: Sistemas arquitetônicos ambientais para produção de ovos no Brasil - Revisão bibliográfica; Capítulo 2: Caracterização espacial do ambiente térmico de aviários de postura verticais, abertos e submetidos a ventilação natural; Capítulo 3: Caracterização espacial do ambiente térmico em aviários de postura verticais, fechados e climatizados via ventilação por pressão negativa em modo túnel; Capítulo 4: Avaliação comparativa do ambiente térmico do aviário de postura vertical submetido a ventilação natural e aviário de postura vertical submetido a ventilação por pressão negativa no modo túnel. Observou-se por meio de análises realizadas que a utilização do aviário submetido à ventilação no modo túnel acarreta uma temperatura média e umidade relativa do ar média no interior da instalação com menor amplitude ao longo do tempo. Porém esta instalação apresenta gradiente longitudinal de

temperatura elevado. Com exceção das gaiolas posicionadas próximas as faces leste e oeste do aviário ventilado naturalmente, as demais gaiolas apresentaram valores de temperatura com diferença significativa, de aproximadamente 2°C, em relação à temperatura aferida pelo sensor localizado no corredor próximo a gaiola monitorada. Em relação à umidade relativa do ar aferidos no interior das gaiolas, todos os valores apresentaram diferença significativa, quando comparados aos valores coletados nos corredores do aviário, os quais apresentaram valores maiores de umidade relativa do ar. Em relação à posição ideal de alocação dos sensores de temperatura e umidade nos aviários, tem-se que para o aviário submetido à ventilação natural; as posições centrais no nível inferior são indicados para a alocação de sensores de temperatura no interior da instalação e as posições próximas a face leste ao sul e a face oeste ao norte são indicados para melhor alocação de sensores de umidade relativa do ar no interior da instalação. Já, para o aviário submetido à ventilação por pressão negativa no modo túnel, a posição central do nível inferior e as centrais próximas à face sul são aquelas indicadas para a melhor alocação de sensores de temperatura no interior da instalação. Ao passo que para a alocação de sensores de umidade relativa do ar, as posições centrais laterais são aquelas indicadas.

ABSTRACT

MENDES, Mucio André dos Santos Alves, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2015. **Characterization of the thermal environment of laying hens housed in vertical systems, naturally ventilated and by negative pressure in tunnel mode.** Adviser: Richard Stephen Gates. Co-Advisers: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco and Cecília de Fátima Souza.

This study aimed to raise and evaluate comparatively the thermal environment inside two different barns equipped by two environment conditioning systems, in vertical system: a) open facilities with natural ventilation, and b) closed facilities mechanically ventilated subjected to negative pressure in tunnel mode and with evaporative cooling. This research was carried out on a commercial farm, located in the Pouso Alegre city - Minas Gerais, located the Serra da Mantiqueira. The sheds were comprised of five rows of cages and six levels height each, which allows housing of up to 100 thousand birds. Within each facility were used sixty temperature sensors and twenty humidity sensors distributed in the halls between the battery cages and in the sides uniformly and equidistantly along the shed length at two levels height. One humidity sensor and one temperature sensor were installed inside a weather shelter, near the facilities to monitor the external environmental conditions. The thesis is organized into chapters as follows: Chapter 1: Environmental Architectural Systems for egg production in Brazil - Review; Chapter 2: Characterization of the thermal environment in open facilities with natural ventilation, in vertical systems; Chapter 3: Temperature characterization in closed facilities mechanically ventilated subjected to negative pressure in tunnel mode; Chapter 4: Comparison of the thermal environment of the open facilities with natural ventilation and closed facilities mechanically ventilated subjected to negative pressure in tunnel mode. It was observed that use of closed facilities mechanically ventilated subjected to negative pressure in tunnel mode leads the average temperature and relative humidity inside the sheds with lower amplitude over time. However, this installation presents longitudinal gradient high temperature. Except for the cages placed near the east and west, sides of the barn ventilated naturally, the other cages presented temperatures significant difference about 2°C compared to temperature measured by the sensor located in the hallway next to monitored cage. Regarding the relative

humidity measured inside the cages, all values showed significant difference when compared to the values checked in the hallway, which had higher humidity. About the ideal position to allocated temperature and humidity sensors in the sheds, it was observed that for open facility with natural ventilation; the central position on the lower level is indicated for the temperature sensors and the nearby positions east face to south and west face to north are better to moisture sensors. For the closed facilities mechanically ventilated subjected to negative pressure in tunnel mode, the central position of the lower level and the central position near the south face are those given to allocate the temperature sensors. While for allocation of relative humidity, sensors are the side central positions.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1. Introdução geral

O Brasil, sexto maior produtor de ovos do mundo, apresentou no ano de 2014 a maior produção de ovos já registrada no país, aproximadamente 2,826 bilhões de ovos. Já no primeiro trimestre de 2015 a produção foi de 725,72 milhões de ovos. O estado de Minas Gerais foi responsável por 9,9% da produção nacional, valor que lhe rendeu o status de segundo maior produtor de ovos do país, com produção inferior apenas a do estado de São Paulo, que conta com 29,3 % do total produzido (IBGE, 2015).

A intensificação da produção de ovos no Brasil nas últimas duas décadas teve como facilitador, especialmente a introdução do sistema de criação em bateria de gaiolas. Este sistema é constituído por fileiras de gaiolas sobrepostas, as quais podem chegar a sete níveis, permitindo o alojamento mais intensivo por área de construção, porém mantendo a mesma densidade de alojamento no interior das gaiolas requerido pelas aves. Para alcançar a viabilidade funcional deste sistema, foi necessário à inserção da automação da distribuição de alimento e água, do manejo de dejetos e da coleta de ovos, o que permitiu aumento considerável da capacidade de alojamento dos aviários (FURTADO et al., 2005; ALVES, 2006). Tal fato, contudo, resultou em maior exigência pelo conforto térmico ambiental, bem como a adoção de concepções arquitetônicas e manejos inovadores, atrelados a sistemas de acondicionamento térmicos naturais e artificiais, compatíveis com a realidade própria de cada empresa produtora (TINÔCO, 2001).

Neste contexto, no Brasil, assim como ocorre nos demais países de climas tropicais e subtropicais, fatores ambientais representados por elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar, no interior das instalações podem limitar a produtividade e o bem estar animal. Estas condições afetam o desempenho final do lote e comprometem os aspectos econômicos da atividade (CARVALHO, 2012).

A susceptibilidade das aves ao estresse térmico é muito significativa, sendo que de acordo com inúmeros estudos, temperaturas ambientais superiores a 28°C, podem ser responsáveis pela redução do desempenho produtivo animal (MACARI et al., 1994; TINÔCO, 2001; CAIRES et al., 2008; RABELLO, 2008), diminuição da qualidade dos ovos (MASHALY et al., 2004; HSU et al., 1998; MILLER & SUNDE, 1975) e enfraquecimento do sistema imunológico (ZULKIFLI et al., 1994; GUO et al., 1998; LIN et al., 2002). Além destes fatores, um distúrbio do equilíbrio ácido-base causado pelo aumento da frequência respiratória, associada ao estresse por altas temperaturas, pode levar a maior incidência de alcalose respiratória nas aves (MAHMOUD et al., 1996; BORGES et al., 2003; FURLAN et al., 2005; FRANCO; SAKAMOTO, 2007).

O que se verifica, contudo, é que o ambiente térmico de um alojamento para produção animal tem estreita relação com a concepção arquitetônica, manejo e sistemas de acondicionamento ambiental utilizados (TINÔCO, 2001). No caso da avicultura de postura industrial intensiva brasileira, surgem duas principais tipologias de sistemas de instalações: a) os aviários abertos ventilados naturalmente, b) os aviários fechados ou híbridos (abertos quando a situação térmica do ambiente permite), submetidos à ventilação por pressão negativa, associados a sistemas de resfriamento adiabático evaporativo, composto por placas evaporativas ou nebulizadores. Estes últimos representam a mais recente aposta tecnológica do setor de aves de postura no Brasil, embora tal manejo já esteja sendo utilizado com frequência no setor de frango de corte há cerca de três décadas. Em ambos os casos, aviários abertos ou híbridos, a tipologia construtiva praticada no Brasil, não contempla isolamento térmico satisfatório dos aviários, o que muitas vezes dificulta sobremaneira o controle térmico dos sistemas climatizadores.

Em galpões de frangos de corte ventilados por pressão negativa, de forma corrente, o controle dos mecanismos de arrefecimento térmico são realizados em resposta a sensores instalados na altura das aves, geralmente em número de um a três sensores, dispostos de maneira equidistante ao longo do comprimento do aviário. Contudo este tipo de

ventilação longitudinal, no modo túnel, gera um gradiente diferencial de temperatura de até 6°C ao longo do comprimento do alojamento, conforme analisado por Silva et al. (2013).

Da mesma forma se procede nos aviários de postura, sendo que os sensores dos mecanismos de comando são alocados no ponto central entre os corredores de gaiolas. Contudo, existe a dúvida se a temperatura no corredor representa a temperatura real à qual as galinhas estão expostas no interior das gaiolas e se o posicionamento correto é realmente na parte central da instalação.

Tais fatos tornam necessário o maior cuidado na definição de posicionamento adequado de sensores para comando dos painéis do sistema ambiental, que seja representativo da real média de conforto térmico dos animais, imprescindível para o correto tempo de acionamento/desligamento do sistema de condicionamento ambiente. Neste sentido, estima-se que problemas mais complexos ocorram em alojamentos verticais de aves de postura, submetidos à ventilação por pressão negativa no modo túnel, uma vez que as aves são alojadas em diferentes níveis em relação ao solo, subentendendo-se que as linhas de gaiolas mais altas, recebem maior carga térmica de radiação advinda do telhado.

Desta forma, devido as grandes dimensões dos galpões de galinhas poedeiras em sistemas intensivos utilizados em ambas as tipologias, o monitoramento e controle eficiente do ambiente de criação torna-se fator determinante no balizamento necessário à tomada de decisão quanto aos sistemas adotados e eventuais comparações técnicas. O monitoramento e o controle do ambiente de criação são vistos como formas de equalizar a grande variação do gradiente térmico presente nas instalações, onde é possível observar a ocorrência de níveis de estresse calórico espacialmente muito diferenciados. Deste modo, para melhor compreensão do ambiente térmico de um aviário de postura, torna-se necessário o seu mapeamento e consequente entendimento quanto ao melhor posicionamento de sensores de temperatura e umidade relativa do ar, implicando na alocação dos sensores nos pontos representativos das reais condições térmicas da instalação.

Sob essas circunstâncias e perspectivas, torna-se evidente a necessidade de estudos que abordem a dinâmica da temperatura e umidade relativa do ar no interior das instalações de aves de postura ventiladas por pressão negativa em modo túnel comparativamente a ventilação natural. Tal fato torna o presente trabalho de grande importância estratégica, uma vez que a utilização de galpões de pressão negativa para aves de postura no Brasil está apenas iniciando, com seus primeiros aviários em construção e nada se sabe ainda sobre a eficiência dos mesmos e sua distribuição térmica nos diferentes níveis de gaiolas.

1.2. Objetivos

Esta pesquisa teve como objetivo geral levantar, avaliar e comparar, o ambiente térmico no interior de dois aviários de postura verticais de diferentes tipologias representativas da avicultura industrial do Brasil em sistemas intensivos de produção: ventilados naturalmente e com sistemas de ventilação por pressão negativa em modo túnel.

1.2.1. Objetivos específicos

- I. Elaborar mapas da distribuição de temperatura e umidade relativa do ar no plano horizontal e vertical no interior dos diferentes aviários: ventilados naturalmente, e com sistema de ventilação negativa em modo túnel, sendo aberto e fechado respectivamente;
- II. Avaliar comparativamente as variáveis térmicas de ambas as tipologias de galpões de galinhas poedeiras;
- III. Comparar os valores de temperaturas aferidos entre as baterias de gaiolas e no interior das gaiolas;
- IV. Estabelecer a posição ideal de alocação dos sensores de temperatura e umidade nos aviários.

Com base no exposto, a tese foi organizada em forma de capítulos, assim distribuídos:

Capítulo 1: Referencial teórico da avicultura industrial do Brasil;

Capitulo 2: Caracterização espacial do ambiente térmico de aviários de postura verticais, abertos e submetidos à ventilação natural;

Capitulo 3: Caracterização espacial do ambiente térmico em aviários de postura verticais, fechados e climatizados via ventilação por pressão negativa em modo túnel;

Capitulo 4: Avaliação comparativa do ambiente térmico do aviário de postura vertical submetido a ventilação natural e aviário de postura vertical submetido a ventilação por pressão negativa no modo túnel.

2. REFERÊNCIAS

ALVES, S.P. Uso da zootecnia de precisão na avaliação do bem-estar bioclimático de aves poedeiras em diferentes sistemas de criação. 128p. Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; FISHER DA SILVA, A. V. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. *Ciência Rural*, v. 33, nº. 5, p. 975-981, Setembro/Outubro, 2003.

CAIRES, C. M.; CARVALHO, A. P.; CAIRES, R. M. Nutrição de frangos de corte em clima quente. *Revista eletrônica Nutritime*, v.5, nº3, p.577-583, Maio/junho 2008. Disponível em: < www.nutritime.com.br>. Acessado em 20 de agosto de 2013.

CARVALHO, 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>>. Acessado em 20 de agosto de 2014.

FRANCO, J.R.G.; SAKAMOTO, M.I., Qualidade dos ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam, 2007. *Revista AveWorld*. Disponível em: < <http://www.aveworld.com.br> >. Acessado em: 20 de outubro de 2014.

FURLAN, R.L.; F. S., A.V.; B., S.A.; MACARI, M. Equilíbrio ácido-básico. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2002. p.51-73. 2005.

FURTADO, D.A.; TINOCO, I.F.F.; NASCIMENTO, J.W.B.; LEAL, A.F.; AZEVEDO, M.A. Caracterização das instalações avícolas da mesorregião do agreste paraibano. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.831-840, 2005.

GUO, Y. M., C. N. LIU, Y. P. ZHOU. 1998. Impact of heat stress on broilers and effects of supplemental yeast chromium. *Acta Vet. Zootech. Sinica*. 29:339–344

HSU J.C., LIN C.Y., CHIOU P.W., Effects of ambient temperature and methionine supplementation of a low protein diet on the performance of laying hens. *Animal Feed Science and Technology*, v.74, nº.4, p.289-299, 1998.

IBGE. Censo Agropecuário 2014. Brasília: IBGE, 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>

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.

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

MAHMOUD, K.Z.; BECK, M.M.; SCHEIDELER, S.E. et al. Acute high environmental temperature and calcium-estrogen relationships in the hen. Poultry Science, v.75, p.1555-1562, 1996.

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 Association, v.83, n°6, p. 889-894, Junho 2004.

MILLER, P.C.; SUNDE, M.L. The effects of precise constant and cyclic environmental on shell quality and other performance factors with Leghorn pullets. Poultry Science Association, v.54, n°1, p. 36 – 46, Fevereiro, 1975.

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. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador, v.14, n.1, p.132-141 jan./mar., 2013.

RABELLO, C. B. V. Produção de Aves em Clima Quente. ZooTec, Associação Brasileira de Zootecnica, João Pessoa, PB, 11 p., 2008

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. Revista brasileira de ciência Avícola, v. 3, n. 1, p. 1-26, 2001.

ZULKIFLI, I., E. A. DUNNINGTON, W. B. GROSS, and P. B. SIEGEL. 1994. Inhibition of adrenal steroidogenesis, food restriction and acclimation of high ambient temperatures in chickens. Br. Poultry. Sci. 35:417–426.

CAPÍTULO 1: REFERENCIAL TEÓRICO DA AVICULTURA INDUSTRIAL DO BRASIL

1. Introdução

A avicultura constitui atividade agropecuária globalizada e de alto nível tecnológico quando comparada com as demais atividades. Neste contexto, o Brasil se destaca entre os maiores produtores de ovos do mundo, ocupando a sexta posição no ranking, com uma produção recorde de 2,826 bilhões de ovos no ano de 2014. As granjas produtoras de ovos no país se concentram principalmente na região sudeste.

A intensificação da produção de ovos no Brasil, iniciada a pouco mais de uma década, teve como facilitador especialmente, a introdução do sistema de criação em bateria de gaiolas. Este sistema é constituído por fileiras de gaiolas sobrepostas, as quais podem chegar a sete níveis, permitindo o alojamento mais intensivo por área de construção, porém mantendo a mesma densidade de alojamento requerido pelas aves. Para alcançar a viabilidade funcional deste sistema, foi necessário à inserção da automação da distribuição de alimento e água, do manejo de dejetos e da coleta de ovos, o que permitiu aumento considerável da capacidade de alojamento dos aviários (FURTADO et al., 2005; ALVES, 2006). Tal fato, contudo, resultou em maior exigência pelo conforto térmico ambiental, bem como a adoção de concepções arquitetônicas e manejos inovadores atrelados a sistemas de acondicionamento térmicos naturais e artificiais, compatíveis com a realidade própria de cada empresa produtora (TINÔCO, 2001).

Considerando que sobre o território brasileiro ao norte se passa a Linha do Equador e ao sul o Trópico de Capricórnio, tem-se que a maior parte de seu território está situada nas zonas de latitudes baixas, zona Intertrópica, nas quais prevalecem os climas quentes e úmidos, onde as médias de temperatura ao longo do ano geralmente são muito superiores ao desejável para o conforto térmico das aves. Especialmente no verão, entende-se que se deve atentar prioritariamente para os problemas relativos ao estresse por calor (SILVA et al., 2001).

Os fatores ambientais atrelados à inexistência de isolamento térmico adequado nas instalações avícolas brasileiras possibilitam uma maior amplitude térmica no interior do galpão, podendo limitar a produtividade, o bem estar das aves e implicar em elevados índices de mortalidade, comprometendo os aspectos econômicos da atividade (NACAS et al., 1995).

Para alcançar valores satisfatórios de produção e permitir que as aves consigam expressar sua capacidade máxima de produção, passou-se a dar maior importância à esfera ambiental nas instalações das aves. Desta forma, os alojamentos verticais de galinhas poedeiras dotados de baterias de gaiolas, inicialmente ventilados de forma natural, passaram a ser projetados com fechamentos laterais, uso de ventilação negativa em modo túnel e, em alguns casos, associados a sistemas de resfriamento adiabático evaporativo.

Entretanto, para sistemas de condicionamento ambiental por ventilação negativa em aviários verticais de postura utilizados no Brasil ainda são inexistentes estudos que descrevam o ambiente térmico.

Nesta perspectiva, o presente capítulo tem como objetivo, empreender um olhar sistêmico sob as diversas variáveis que envolvem o tema, por meio de uma vasta revisão bibliográfica.

2. REQUERIMENTO TÉRMICO E AMBIENTAL PARA GALINHAS POEDEIRAS

2.1. A homeotermia e as aves

Dentre os fatores ambientais, os térmicos, representados pela temperatura do ar, umidade, radiação térmica e movimentação do ar, são os que afetam de forma mais contundente as aves. Pois afetam sua função vital mais importante, que é a manutenção da própria homeotermia, alcançada por meio de processos sensíveis e latentes de calor (TINÔCO, 2001).

O hipotálamo, região do sistema nervoso central das aves responsável, dentre outros processos fisiológicos, pelo controle da temperatura corporal, a produção e dissipação de calor por meio de diversos mecanismos, como o

fluxo sanguíneo na pele, variação na frequência cardíaca e respiratória e alteração na taxa metabólica (MORO, 1995).

Entretanto, existe um intervalo de valores de temperatura do ambiente em que aves estão inseridas no qual o controle térmico da temperatura interna do corpo, em níveis constantes (homeotermia), é mais eficiente e mais fácil. Assim, o intervalo de temperatura ambiente em que a homeotermia é mantida com um menor gasto de energia pelo animal é definido como faixa ou zona de conforto térmico, no qual as aves apresentam maior eficiência produtiva (RUTZ, 1994; SOUSA, 2005).

2.2. Temperatura e umidade relativa do ar em um aviário ambiência térmica

O animal porta-se como um sistema termodinâmico que troca energia com o ambiente de forma contínua. Deste modo, o ambiente externo tende a produzir variações internas no animal, o que influencia no montante de energia trocada entre ambos. Este fenômeno leva a necessidade de ajustes fisiológicos para que ocorra o balanço de calor. Tais ajustes exercem ação direta e imediata sobre as respostas comportamentais, produtivas e reprodutivas dos animais (BAËTA e SOUZA, 2010).

Assim, pode-se definir ambiência térmica como o conforto baseado no contexto ambiental térmico, a análise das características ambientais em função da zona de conforto térmico da espécie ligadas a características fisiológicas que atuam na regulação da temperatura interna do animal (BRIDI, 2006).

A umidade relativa do aviário é função da temperatura ambiente, do fluxo de vapor de água que entra no galpão pelo sistema de ventilação, pelo sistema de resfriamento evaporativo e da quantidade de vapor de água proveniente dos bebedouros das aves e dos dejetos (BAËTA e SOUZA, 2010).

A energia calorífica é acrescida ao ambiente interno da instalação avícola por meio de diversas fontes, tais como: o metabolismo, lâmpadas e motores, radiação térmica advinda por meio das cortinas laterais e telhados.

Pode-se citar ainda a fermentação das excretas dos animais alojados em instalações que não utilizam esteiras coletoras e, em alguns casos, o fornecimento de calor suplementar para as aves, comum na fase inicial de vida (VIGODERIS, 2006).

A temperatura e umidade relativa do ar, em conjunto, são as duas variáveis climáticas que proporcionam maior influência ao conforto térmico animal, já que em temperaturas elevadas, o principal meio de dissipação de calor das aves é a evaporação, a qual depende da umidade relativa do ar (BAETA; SOUZA, 2010).

A zona de conforto térmico varia entre espécies e entre indivíduos da mesma espécie. Nas aves, essa faixa de temperatura está relacionada a fatores como sua constituição genética, idade, sexo, tamanho corporal, peso, consumo e tipo de ração, estado fisiológico e estágio de postura (FURTADO et al., 2003). Está ilustrado na Figura 1 a zona de conforto e as demais faixas de temperaturas contidas na zona de sobrevivência do animal.

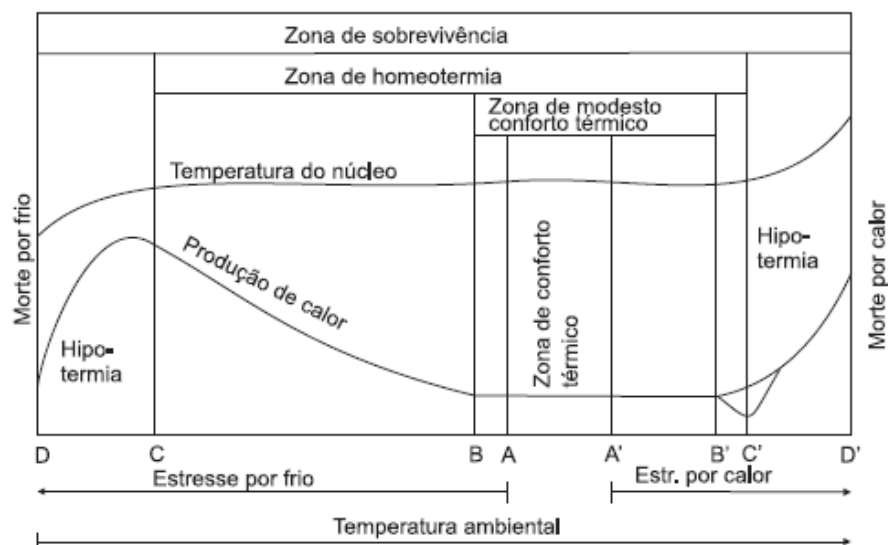


Figura 1 - Representação esquemática simplificada das temperaturas efetivas ambientais críticas (Fonte: Bianca, 1968, apud Baêta e Souza, 2010)

A faixa de temperatura representada por C e C' na Figura 1 representa a zona de temperatura ambiental em que o animal consegue manter a sua temperatura corporal por meio de ajustes fisiológicos.

Na Tabela 1 estão apresentados valores de temperatura indicados para aves em fase de crescimento, pelo manual de poedeiras comerciais da Hy Line W36, linhagem bastante difundida no Brasil.

Tabela 1. Temperaturas Recomendadas no Período Inicial de Criação

Idade (Dias)	Gaiola (°C)	Piso (°C)
1-7	32-33	33-35
4-7	30-32	31-33
8-14	28-30	29-31
15-21	26-28	27-29
22-28	23-26	24-27
29-35	21-23	22-24
36+	21	21

Fonte: Manual de poedeiras comerciais da Hy Line W36 (2013).

Em relação à umidade relativa do ar, de acordo com Baião (1995), para que a perda de calor para o ambiente via evaporativa seja funcional, o teor de umidade relativa do ar não deve ultrapassar 80%.

A zona de conforto térmico para galinhas poedeiras adultas situa-se entre 20 a 24°C e umidade relativa igual a 40±5% (CHEPETE e XIN, 2001; YANAGI JUNIOR et al., 2002). Esta zona é definida como uma faixa de temperatura ambiente em que a taxa metabólica é mínima e independente da temperatura, representada na Figura1, pelos pontos A e A'. Corroboram com esses dados, valores divulgados por Borges et al.,(2003), os quais relatam temperaturas em torno de 23°C como ideais para aves em fase de produção. Segundo o Guia de Manejo de Hy-Line (2015), a temperatura ambiente e a umidade relativa ótimas devem variar de 21 a 23°C e de 40 a 60%,

respectivamente. E de acordo com Freeman (1998), a faixa de termoneutralidade para poedeiras situa-se entre 21 e 28 °C.

Em ambientes com elevada umidade relativa do ar, tem-se o umedecimento das excretas, o que pode provocar a proliferação de microrganismos patogênicos, e dificultar o transporte dos dejetos pelo maior teor de umidade, em casos de instalações equipadas com esteiras de dejetos (TEIXEIRA, 1997). Já em casos de teores baixos de umidade relativa do ar, inferior a 30%, existe uma alta produção de poeira em conjunto com um aumento significativo do número de microrganismos em suspensão e material particulado. Tal situação aumenta a susceptibilidade de doenças respiratórias, tanto das aves quanto dos trabalhadores que atuam no galpão.

Segundo Baião (1995) a capacidade de termorregulação da ave adulta ao frio é maior que a capacidade para reagir ao calor. Esta característica pode ser ilustrada pelo fato do limite inferior da zona de conforto das aves adultas em geral ser em torno de 12 °C, ou seja, 30 °C abaixo de sua temperatura corporal. Ao passo que a temperatura ambiente limite superior é de 47 °C, isto é, apenas 5 °C acima da temperatura basal das aves. Nesta temperatura o ambiente já se torna potencialmente letal as aves.

Em situações em que são submetidas a estresse por calor, as aves reagem fisiologicamente de forma a aumentar a dissipação de calor do seu corpo. Estas utilizam mecanismos de perda de calor sensível e latente. A dissipação de calor sensível ocorre por meio dos mecanismos não evaporativos, ou seja: radiação, convecção e condução. Neste mecanismo de dissipação de calor a ave busca maximizar a área de superfície corporal, agachando, mantendo as asas afastadas do corpo, induzindo a pilo-ereção e por meio do aumento do fluxo sanguíneo para os tecidos periféricos não protegidos por penas, como os pés, a crista e a barbela. Desta forma, o sangue atua no transporte do calor dos tecidos internos até a superfície corporal, a fim de otimizar a troca de calor com o meio ambiente (BORGES et al., 2003; FURLAN, 2006). Entretanto, este mecanismo é dificultado, quando a produção se dá em gaiolas convencionais, nas quais são geralmente utilizadas elevadas densidades.

A perda de calor sensível também ocorre devido ao aumento da produção de urina, quando acompanhada de um maior consumo de água fria (BORGES et al., 2003). Entretanto, é comum observar o aumento proporcional da temperatura da água dos bebedouros, com o aumento da temperatura ambiental, o que torna necessária a intervenção por parte dos tratadores. Estudos realizados por Macari (1995) mostraram que o consumo de água tende a diminuir com o aumento da temperatura desta. Resfriar a água dos bebedouros por meio de uma maior taxa de renovação da água tem demonstrado resultados favoráveis na diminuição dos efeitos negativos de estresse térmico (SILVA, 2000).

O resfriamento evaporativo respiratório constitui-se um dos principais mecanismos de dissipação de calor empregado pelas aves, quando submetidas a temperaturas elevadas, dependendo, entretanto da umidade relativa do ar. Em galinhas poedeiras, a evaporação respiratória pode eliminar cerca de 8% do calor metabólico produzido em um ambiente a 5°C, ao passo que sob 35°C cerca de 40% é dissipado por essa via (SILVA, 2000). Corroboram com estes dados, os valores apresentados por Furlan (2006), sobre o efeito da temperatura e umidade relativa do ar na dissipação de calor por este meio para frangos de corte (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar sobre a dissipação de calor pelo processo evaporativo nos frangos de corte (% do total)

Temperatura	Umidade Relativa	Perda por Evaporação
20	40	25
20	87	25
24	40	50
24	84	22
34	40	80
34	90	39

Fonte: Furlan (2006)

As aves possuem a capacidade de aumentar a frequência respiratória e desta forma aumentar a perda de calor corporal pelo trato respiratório. Linsley e Berger (1964) demonstraram que, sob condições de estresse térmico, as aves podem aumentar a taxa respiratória de 25 até 250 movimentos respiratórios por minuto.

Em experimento realizado utilizando galinhas da linhagem Hy Line W36, Barbosa Filho (2004) verificou um aumento da frequência respiratória das aves expostas a altas temperaturas, quando comparado a frequência respiratória das aves submetidas à temperatura considerada de conforto. O autor verificou valores de 160 a 180 movimentos em ambiente com temperatura de 26°C e umidade relativa do ar de 60%, passando para valores de 300 a 320 movimentos por minuto, em ambientes com temperatura igual a 35°C e umidade relativa do ar igual 70%.

Para aumentar a eficiência deste mecanismo se faz necessário a maior ingestão de água por parte das aves. De acordo Costa (1980), sob temperaturas moderadas, a ingestão de água por uma galinha poedeira é de aproximadamente 1,9 a 2 vezes maior que a quantidade de alimento ingerido. Já em temperaturas acima do conforto térmico esta ingestão de água pode aumentar de 4 a 5 vezes.

Este mecanismo de perda de calor por meio do trato respiratório pode acarretar problemas para as aves, como por exemplo, a geração de calor pela contração muscular, causada pelo aumento da frequência respiratória, a qual pode desencadear quadros de hipertermia. Outra grave consequência do aumento da frequência respiratória é o distúrbio do equilíbrio ácido-base. A hiperventilação gerada pelo aumento da frequência respiratória resulta em elevada eliminação de dióxido de carbono (CO_2), produto final da oxidação de carboidratos, lipídios e proteínas. O CO_2 é importante, porque ele reage com H_2O , sob a ação da enzima anidrase carbônica, formando o ácido carbônico (H_2CO_3). O ácido carbônico, por sua vez, é necessário no tamponamento do pH sanguíneo. Logo, a diminuição da concentração de CO_2 provoca queda na concentração de H_2CO_3 e dos íons de hidrogênio, resultando em alcalose, aumento do pH sanguíneo (FURLAN et al., 1994; TAMIETTI, 2011). A alcalose tem influencia direta na produção de ovos, o desequilíbrio eletrolítico

e mineral e pode resultar em ovos pequenos, de casca fina ou até mesmo sem casca. Isto ocorre porque o aumento do pH é acompanhado pela redução na concentração do cálcio difusível ou livre no sangue, o qual é utilizado pelas aves para a deposição na casca sob a forma de carbonato de cálcio (TAMIETTI, 2011).

Borges et al. (2003) buscaram representar, esquematicamente, as respostas das aves ao estresse por calor, conforme apresentado na Figura 2.

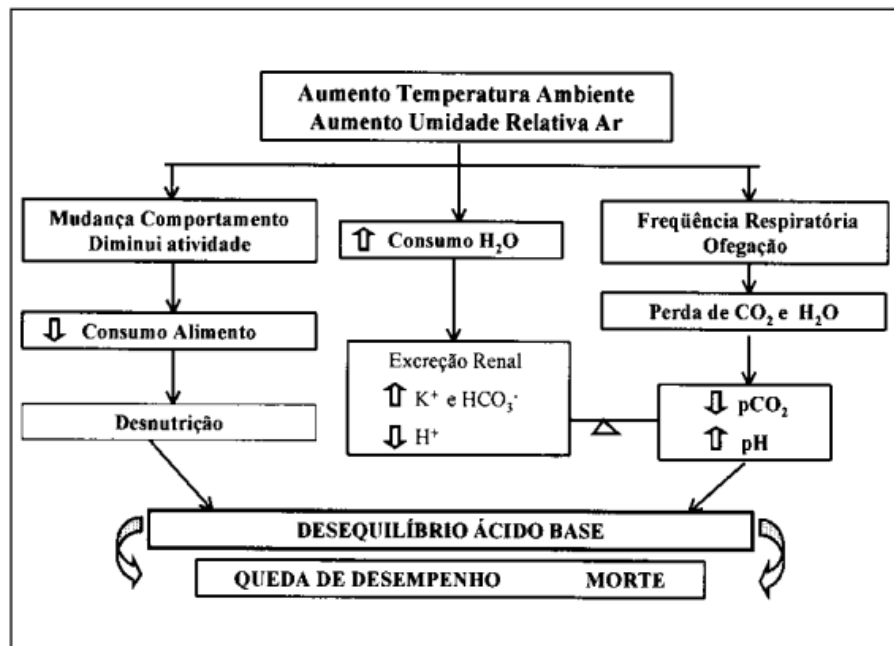


Figura 2 - Respostas fisiológicas das aves ao estresse calórico.

Fonte: BORGES et al. (2003).

Outro efeito do estresse acarretado por altas temperaturas, que afeta a produtividade, é a redução do consumo de ração. No intuito de diminuir a produção de calor interno, as aves reduzem o consumo de ração. Tanto a digestão quanto a absorção dos nutrientes geram energia, que liberada na forma de calor resulta em “incremento calórico”. As aves, desta forma, passam a utilizar a gordura corporal como fonte de energia, pois esta produz um menor “incremento calórico” se comparado ao metabolismo de proteínas e carboidratos da ração. A redução no consumo de ração leva a uma redução na ingestão de nutrientes, o que tem implicação direta do lote, ocorrendo uma redução no ganho de peso das aves (NASCIMENTO e SILVA, 2010).

Barbosa Filho (2004), ao comparar o consumo de ração de aves da linhagem Hy Line W 36 criadas em gaiolas, submetidas a diferentes temperaturas, encontrou uma redução de 36% no consumo das aves submetidas a estresse por calor (35°C e 70%UR) quando comparado a aves submetidas à temperatura considerada de conforto térmico (26°C e 60% UR). Neste mesmo experimento, para as aves submetidas às condições de estresse térmico, o aumento no consumo de água chegou a 50%, quando comparado ao consumo em condições consideradas de conforto.

Tadtiyanant et al. (1991) submeteram galinhas poedeiras a duas comparações de temperaturas de criação, 21,1 °C comparado com 29,4°C e posteriormente 21,1°C comparado com 33,3°C. Como resultado, observou-se a redução da quantidade de albúmen e peso da casca dos ovos produzidos por aves submetidas a ambientes de alta temperatura, em ambas as comparações. Apenas no tratamento das aves submetidas a temperatura de 33,3°C observou-se a diminuição do peso da gema.

A pesquisa realizada por Hussien (2011) teve como objetivo avaliar a resposta produtiva das galinhas poedeiras alojadas em gaiolas piramidais convencionais, submetidas a condições normais de temperatura e condições de estresse térmico por altas temperaturas. Foram utilizadas 1000 aves da linhagem Lohmann Brown durante o período de pico do ciclo de postura (idade 25-28 semanas). As aves foram divididas em dois grupos: grupo submetido à temperatura padrão, 17-18 °C, e grupo submetido ao estresse térmico - 27-29 °C. Como resultado, os autores encontraram que, as aves submetidas à temperatura padrão, apresentaram taxa de postura igual a 92,03%, em quanto que as aves submetidas a temperaturas de estresse por calor apresentaram taxas de postura igual a 89,72%, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Produtividade das aves durante o período de 25° a 28° semanas de idade das aves

Idade das aves	Aves mantidas a 17-18°C			Aves mantidas a 27-29°C		
	N° de aves	Ovos Produzidos	Produção (%)	N° de aves	Ovos Produzidos	Produção (%)
Semana 25	500	447,14	89,43	500	435,43	87,09
Semana 26	497	449,71	90,49	494	438,71	88,81
Semana 27	495	452,43	91,4	491	437,29	89,06
Semana 28	493	453,71	92,03	488	437,86	89,72

Fonte: Hussen (2011)

Em relação a qualidade da casca dos ovos, para as aves submetidas a temperatura padrão, foi encontrado os valores de 0,392 milímetros a espessura da casca e 99,21 % ovos com casca intacta, ao passo que as aves submetidas a temperaturas mais elevadas, apresentaram casca mais fina, 0,367 milímetros e conseqüentemente menos ovos com a casca intacta, 95,6%.

Franco-Jimenez et al. (2007) realizaram experimento utilizando três linhagens de galinhas poedeiras, Hy Line Brown, Hy Line W 36 e W 98. Estas aves foram submetidas por duas semanas a temperatura de 22°C e em seguida expostas por duas semanas a estresse térmico, 35°C. Os parâmetros de produção, como a produção de ovos, consumo de ração e medidas de qualidade de ovos, foram reduzidos para as três linhagens durante o período de estresse térmico, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros de produção de galinhas poedeiras das linhagens Hy-Line Brown, W98 e W36 em função de estresse por calor.

Item	Linhagem	Produção de ovos (%)	Consumo diário de ração (g/ave.dia-1)	Peso da Gema (g)	Espessura da casca (mm)
Temperatura					
22°C	Brown	84.218 ± 3.43 ^{aA}	95.52 ± 0.2 ^{aA}	15.28 ± 0.2 ^{bA}	0.47 ± 0.00 ^{aA}
	W98	82.604 ± 3.43 ^{aA}	93.48 ± 0.2 ^{aA}	16.12 ± 0.2 ^{aA}	0.48 ± 0.00 ^{aA}
	W36	80.729 ± 3.43 ^{aA}	90.89 ± 0.2 ^{aA}	15.75 ± 0.2 ^{aA}	0.43 ± 0.00 ^{bB}
35°C	Brown	58.47 ± 3.65 ^{bB}	62.01 ± 0.2 ^{aB}	15.61 ± 0.2 ^{abA}	0.4 ± 0.00 ^{bB}
	W98	71.94 ± 3.65 ^{aB}	68.36 ± 0.2 ^{aB}	16.02 ± 0.2 ^{aA}	0.43 ± 0.00 ^{aB}
	W36	64.58 ± 3.65 ^{abB}	65.14 ± 0.2 ^{aB}	15.05 ± 0.2 ^{bB}	0.39 ± 0.00 ^{bB}

- Os valores de média seguidos pelas mesmas letras minúsculas de dados referentes a um mesma temperatura para toda as linhagens não diferem entre si (P <0,05). - Os valores de média seguidos pelas mesmas letras maiúsculas de dados referentes a um mesma linhagem para todas as temperaturas não diferem entre si (P <0,05).

Fonte: Franco-Jimenez et al. (2007)

Os autores avaliaram também o equilíbrio ácido – base e encontraram uma redução de CO₂ no sangue, que normalmente ocorre em resposta a hiperventilação dos animais. Este foi consideravelmente menor (13%) nas aves de W98 que nas outras duas linhagens (W36, 24%; Browns, 17%), o que justifica o seu melhor desempenho durante o período de estresse por calor.

Os efeitos adversos da alta temperatura e umidade relativa do ar afetam também a função imunológica das galinhas poedeiras comerciais. Mashaly et al. (2004) realizou experimento utilizando cento e oitenta aves em pico de produção, com 31 semanas de idade. Estas foram alojadas em gaiolas e divididas em três tratamentos: controle (temperatura de 23.9°C e umidade relativa do ar de 50%), cíclica (variação diária da temperatura de 23,9 a 35°C e da umidade relativa do ar de 50 a 15%), e estresse térmico (temperatura de

35°C e umidade relativa do ar de 50%) durante cinco semanas. Os parâmetros de produção como peso e conversão alimentar e consumo foram significativamente reduzidos nas aves submetidas ao estresse por calor. A produção de ovos, peso dos ovos, peso e espessura da casca foram inibidas significativamente entre galinhas submetidas ao estresse por calor, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Efeito do estresse térmico sobre diferentes parâmetros de produção em poedeiras comerciais mantidos sob diferentes condições térmicas.

	Semanas de Tratamento					Média
	1	2	3	4	5	
Consumo ração (g/ave.dia⁻¹)						
Controle	76,3a	96,1a	93,7 ^a	84,1a	83,2a	86,7
Cíclico	50,9b	74,5b	62,8b	70,5b	70,8b	65,9B
Estresse calórico	23,2c	38,4c	54,4c	48,2c	43,8c	41,6C
Produção de Ovo (%)						
Controle	81,2a	88,3a	89,0a	91,0a	87,4a	87,4
Cíclico	78,4a	81,9a	85,7 ^a	83,3a	83,1a	82,5
Estresse calórico	48,0b	52,9b	63,1b	61,1b	55,8b	56,2B
Peso Ovo (g)						
Controle	56,4a	56,3a	56,2 ^a	56,2a	57,1a	56,4
Cíclico	53,2b	53,3b	53,5b	53,5b	54,0b	53,5B
Estresse calórico	51,1c	46,8c	46,0c	45,4c	45,0c	46,9C
Peso de casca (g)						
Controle	5,03a	5,13a	5,09 ^a	5,10a	4,96a	5,06
Cíclico	4,45b	4,77b	4,90b	4,87b	4,82a	4,76B
Estresse calórico	3,44c	3,62c	3,60c	3,51c	3,31b	3,50C
Espessura da casca (x 0.01mm)						
Controle	35,2a	36,2a	35,8 ^a	33,9a	33,1a	34,8
Cíclico	32,2b	35,0b	35,8 ^a	33,6a	33,0a	33,9
Estresse calórico	26,8c	29,3c	28,3b	28,4b	28,7b	28,3B

Os valores seguidos pelas mesmas letras minúsculas e médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: MASHALY et al. (2004)

Foi realizado também a contagem do total de glóbulos brancos e contagens de produção de anticorpos. Estes foram significativamente inibidas

em galinhas no grupo de stress térmico. Além disso, a mortalidade foi mais elevada no grupo de stress de calor em comparação com os grupos cíclicos e de controle.

Em ambientes que proporcionem condições de estresse por frio, animais em crescimento ou adultos, aumentam consumo de alimento, gerando incremento calórico. Porém, a energia que serviria para deposição tecidual, em parte é utilizada para manutenção da temperatura interna, diminuindo assim sua conversão alimentar.

As aves são mais susceptíveis ao frio na fase inicial de vida. Em pintos, durante os primeiros sete dias de vida, ocorre a maior taxa de formação de órgãos vitais. Desta forma, para que este desenvolvimento ocorra de forma normal, aves necessitam ingerir água e ração em quantidades suficientes, o que só ocorrerá em situações ideais de temperatura. Se a temperatura for muito baixa, eles permanecerão agrupados e encolhidos e não irão até os comedouros e bebedouros. Isso reflete no desenvolvimento dos animais, durante as demais fases de sua vida, e consequente queda de produtividade, lotes desuniformes, perda de peso e piora na conversão alimentar, uma vez que haverá maior dificuldade de absorção de nutrientes (CONTO, 2003; ALMEIDA, 2010). De acordo com Baêta e Souza (2010), outra forma utilizada pelas aves para contornar o estresse por frio, são os processos fisiológicos como a vasoconstrição periférica e eriçamento das penas. Este último aumenta a eficiência do isolamento, criando ao redor do corpo um "bolsão de ar" entre as penas, de tal forma que quanto mais penas o animal tiver, mais eficaz será esse sistema de proteção.

A presença da ventilação em situações de estresse por frio, piora a condição ambiental, uma vez que esta acelera a redução do calor corporal, o que leva a uma sensação mais intensa de frio. Nestas situações é aconselhável se trabalhar apenas com a ventilação de higiene (MEDEIROS, 2001).

2.3. Índices de conforto térmico

Diversos índices já foram criados com o intuito de expressar o conforto animal em determinado ambiente. Estes consideram duas ou mais variáveis climáticas, no contexto da avicultura, destacando-se o ITGU e o ITU.

O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981), considera em um único valor os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade relativa, da radiação e da velocidade do ar. O ITGU é indicado para condições de clima quente, por incluir o calor radiante, devido à utilização da temperatura de globo negro (ESMAY, 1969).

$$ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} - 330,08 \quad (\text{Equação 01})$$

Em que:

- ITGU = Índice de Temperatura de Globo e Umidade, adimensional;
- T_{gn} = temperatura de globo negro, K;
- T_{po} = temperatura do ponto de orvalho, K.

O índice de temperatura e umidade (ITU), proposto por Thom (1959), baseia-se na temperatura de bulbo seco e na umidade relativa do ar, avaliada a partir da temperatura do ponto de orvalho. Este é determinado por meio da Equação 02.

$$TU = 0,8 \times T_{bs} + \frac{UR \times (T_{bs} - 14,3)}{100} + 46,5 \quad \text{Equação 02}$$

Em que:

- ITU = índice de temperatura e umidade, adimensional;
- T_{bs} = temperatura de bulbo seco, °C;
- UR = umidade relativa, %.

Valores dos índices para o ambiente de termoneutralidade, recomendados para aves é de ITU até 78, de acordo com Armstrong (1994) e ITGU até 77, de acordo com Teixeira (1983).

Como índice específico para aves, pode-se citar o Índice de temperatura, umidade e velocidade (ITUV), criado por Tao e Xin (2003). Este índice foi desenvolvido para frangos de corte comercial, a partir de uma adaptação do ITU integrado com dados da velocidade do ar. Este é determinado por meio da Equação 03.

$$ITUV = (0,85 \times T_{BS} + 0,15 \times T_{BU}) \times V^{-0,058} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

ITUV= Índice de Temperatura, Umidade Relativa e Velocidade do ar ;

TBS= Temperatura de Bulbo Seco (°C);

TBU= Temperatura de Bulbo Úmido (°C);

V= Velocidade do ar.

Os mesmos estabeleceram valores de conforto térmico para as aves tais como: Nível Normal (70), Nível de Alerta (70 a 75), Níveis de Perigo (76 a 81) e Níveis de Emergência (82 ou mais).

2.4. Alojamento de galinhas poedeiras no brasil

No Brasil, aproximadamente 90% das galinhas poedeiras, porcentagem equivalente a 100 milhões de aves, estão confinadas em sistemas de baterias de gaiolas convencionais (Humane Society International, 2014). Este fato pode ser explicado por se tratar de um sistema de bom retorno econômico e ser permitido pelas leis nacionais. Além disso, o mercado interno absorve quase a totalidade da produção de ovos. Segundo dados da UBABEF (2014), no ano de 2013, apenas 1% da produção de ovos no Brasil foi direcionado para o mercado externo.

2.5. Sistema de criação em gaiolas convencionais

As gaiolas foram introduzidas na produção de ovos, originalmente, para o alojamento individual de cada ave. Estas eram utilizadas com o intuito de

viabilizar o registro individual da produção de ovos e o descarte das aves improdutivas. Posteriormente, com o avanço da genética, surgiu no mercado linhagens de aves híbridas mais produtivas, que associadas ao uso de vacinas, possibilitaram a produção em altas densidades. Paralelo a este desenvolvimento, houve uma redução drástica no trabalho manual. A automação dos aviários, que passaram a ser equipados com alimentadores, sistemas de remoção das excretas e cintas coletoras de ovos automatizados. Tal sistema diminuiu o desperdício de alimentos e trouxe melhoras à qualidade do ar no aviário (APPLEBY et al., 1992; TAUSON, 2005). Além disto, possibilitou um maior número de aves por área de terreno, já que tornou possível a utilização de até oito níveis de gaiolas sobrepostas.

A utilização da gaiola convencional oferece grandes vantagens ao manejo e saúde das aves. Como principais benefícios para os produtores, pode-se citar os baixos custos de produção, maior controle da produção, bons resultados zootécnicos e qualidade dos ovos, incluindo a uniformidade entre os lotes (TAUSON, 2005).

No que se referem ao bem-estar das aves, os benefícios estão relacionados à sanidade e mortalidade. O piso das gaiolas em arame proporciona um ambiente mais limpo, já que as aves deixam de ter contato com camas e excretas, o que facilita o controle de endoparasitas e doenças. Existe também maior facilidade de se aplicar vacinas e medicamentos quando necessário. O que resulta em uma baixa mortalidade (LAY JR. et al., 2011).

Em relação aos ovos, a inclinação do piso da gaiola permite que o ovo role para fora da mesma, o que evita maior contato com os dejetos e com as aves. Além disso, problemas sociais comuns em grupos com grande número de aves, tal como surtos de canibalismo, são minimizados (SILVA e MIRANDA, 2009).

As críticas em relação à utilização das gaiolas tem sido predominantemente o espaço limitado, o qual restringe a liberdade comportamental da ave, impedindo que esta exerça seus comportamentos naturais, o que impossibilita atividades como ciscar, correr, saltar, alongar, tomar banho de areia, empoleirar e utilizar ninhos, primordiais para garantir a saúde e conforto dos animais. Além disso, em sistemas de gaiolas existe

grande incidência de problemas ósseos como osteoporose, o que torna comum a quebra de ossos (SHIELDS e DUNCAN, 2008). O piso das gaiolas, por sua vez, podem causar problemas nos pés das aves e problemas no empenamento, por haver eventual atrito com a ave (TAUSON, 2005).

Atualmente, algumas empresas produtoras de gaiolas estão substituindo o aço galvanizado das laterais das gaiolas por peças de plástico, as quais apresentam aberturas a fim de facilitar a ventilação no interior das mesmas. Outro detalhe interessante, é a malha mais densa e uniforme utilizada no piso da gaiola com o intuito de garantir maior conforto e segurança às aves, e evitar lesões nas pernas e garra. Além disso, com o auxílio da inclinação do piso se garante a saída rápida dos ovos mais limpos e livres de rupturas.

2.6. Disposição de Gaiolas

No sistema de baterias de gaiolas, as mesmas podem ser dispostas de diversas formas (Figura-03), a fim de facilitar o manejo da criação.

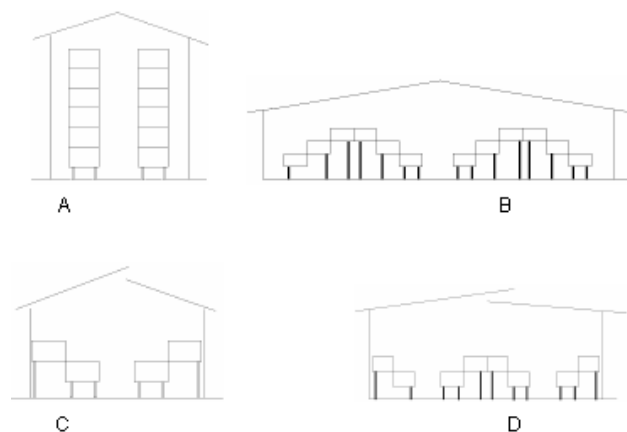


Figura 3 - Possíveis disposições das gaiolas encontradas no “sistema de bateria de gaiolas” no Brasil. A- Vertical, B- Piramidal, C e D- Piramidal de 2 andares.

Fonte: Telatin Junior (2007)

Os diferentes sistemas de baterias de gaiolas são constituídos por aviários retangulares, com dimensões variadas e sem a utilização de paredes laterais, com cortinas de plástico que podem ser utilizadas conforme a

necessidade. Podendo os mesmos serem automatizados ou não (TELATIN JUNIOR, 2007).

Nos sistemas de baterias de gaiolas disposta na forma piramidal, os níveis de gaiolas que podem ser geralmente de 2 a 6, sendo que quanto maior o número de níveis de gaiolas maior é a automação da instalação. Em relação à disposição dos dejetos, estes podem ser dispostos diretamente no solo abaixo das gaiolas, tendo em vista que estas não são sobrepostas. Nestes casos, em geral, os dejetos são retirados apenas no final do lote. Outra opção é a construção de aviários em dois pisos, sendo que o piso inferior utilizado para o acúmulo de dejetos provenientes das gaiolas do piso superior. A retirada dos dejetos é realizada por máquinas em períodos menores, a depender da escala de trabalho do maquinário da propriedade.

No sistema de bateria de gaiolas verticais, os aviários possuem comprimento superior a 100 metros, largura entre 10 e 15 metros e pé direito superior a cinco metros. O sistema é constituído por fileiras de gaiolas sobrepostas, as quais podem chegar a sete níveis, permitindo o alojamento mais intensivo por área de construção, porém mantendo a mesma densidade de alojamento requerido pelas aves. Para alcançar a viabilidade funcional deste sistema, foi necessário à inserção da automação da distribuição de ração e água, a qual se dá por meio do bebedouro tipo nipple. O sistema de coleta de ovos é constituído por esteira transportadora e contador de ovos, os quais auxiliam no controle da produtividade dos ovos. A esteira transporta os ovos do galpão à sala de classificação dos mesmos. Em relação aos dejetos, estes são recolhidos por esteiras de material plástico localizadas na parte inferior de cada nível de gaiolas, o período de coleta é definido pelo operador da granja, o que em geral se dá a cada três dias, a fim de evitar a produção de amônia (TINÔCO et al., 2014).

2.7. Orientação e disposição dos aviários

A definição da orientação da cobertura do aviário está diretamente relacionada ao clima local. Esta localização é mais importante em alojamentos abertos, a fim de possibilitar a insolação interna ou não. No hemisfério sul, as

construções são longitudinalmente orientadas no sentido leste- oeste, para que se minimize a incidência de radiação solar no interior da instalação durante o verão e favoreça a insolação na face norte durante o inverno (TINÔCO, 2001; BAÊTA e SOUZA, 2010).

Em relação à disposição dos aviários, recomenda-se que a distância entre as instalações seja de dez vezes a altura da construção para as duas primeiras instalações a barlavento, e da segundo em diante esta distância seja de 20 a 25 vezes o valor da altura (TINÔCO, 2001). Ainda de acordo com Tinôco (2001), quando não for possível utilizar esta distância, deve-se utilizar o afastamento entre as instalações de no mínimo 35 a 40 metros.

2.8. Climatização de galpões avícolas

2.8.1. Ventilação natural

A ventilação natural constitui a movimentação do ar através de construções abertas. Este movimento do ar pode ocorrer em função da diferença de pressão existente entre o exterior e interior da instalação, ventilação dinâmica; ou em função da diferença de temperatura entre o ar interno e externo, ventilação térmica (BAÊTA e SOUZA, 2010).

A tipologia de instalação mais utilizada para a produção de galinhas poedeiras no Brasil é a de estruturas abertas, com as laterais cobertas com cortinas. A ventilação nestas instalações é controlada principalmente pela abertura e fechamento das cortinas, com base nas temperaturas internas da instalação.

Embora seja extremamente viável potencializar ao máximo o uso da ventilação natural, esta nem sempre permite o controle da qualidade do ar (ventilação higiênica), em níveis satisfatórios. Assim, a manutenção dos níveis adequados de oxigênio, bem como eliminação dos gases nocivos produzidos no aviário, como por exemplo, amônia e CO₂, bem como do excesso de umidade e odores, além do controle da temperatura e umidade relativa do ar (ventilação térmica), nem sempre é possível com o uso exclusivo da ventilação natural (TINÔCO, 2001; BAÊTA e SOUZA, 2010).

Desta forma, a intensidade da ventilação é diretamente proporcional ao movimento do ar natural a que é submetida a instalação. Assim, períodos de baixa velocidade do vento podem potencialmente permitir temperaturas excessivas das instalações devido à falta de ventilação. Desta forma, se faz necessário adotar a ventilação mecânica, nas situações em que a ventilação natural não é suficiente para suprir a demanda da instalação, ou ainda por motivos de segurança.

2.8.2. Ventilação mecânica

Dentre as principais vantagens da ventilação mecânica, pode-se citar a maior homogeneidade da distribuição do ar, a possibilidade de se controlar a taxa de ventilação, por meio de exaustores e ventiladores, bem como a possibilidade de se tratar o ar.

A ventilação mecânica em aviários pode ser introduzida de duas formas distintas: por pressão negativa ou por pressão positiva. No primeiro sistema o ar é retirado do interior da instalação por exaustores, induzindo a renovação do ar interno da instalação. Neste sistema, os exaustores são alocados em extremidades opostas a entrada de ar. No sistema de ventilação por pressão positiva utiliza-se ventiladores para forçar a entrada de ar na instalação.

Em estudo realizado por Ruzal et al., (2011), foi avaliado o efeito da ventilação sobre a produção e qualidade dos ovos em galinhas poedeiras durante a exposição destas à alta temperatura ambiente. Neste estudo as aves foram mantidas em ambiente com temperatura de 35 °C e 50 % de umidade relativa, com taxas de fluxo de ventilação de 0,5, 1,5, 2,0, e 3,0 m / s. A produção de ovos, peso, densidade da casca, bem como o consumo de ração e água foram monitorados. Como o resultado os autores observaram, que a alta temperatura diminui produção e qualidade de ovos e que enquanto a exposição das galinhas a fluxos de ventilação de 2,0 e 3,0 m/s apresentou recuperação significativa destes parâmetros com o tempo, a exposição a uma velocidade de 0,5 m/s afetou negativamente estes parâmetros ao longo do período experimental. O maior consumo de ração e de água foi observado em galinhas expostas a 2,0 e 3,0 m/s, respectivamente. Os autores também

concluíram que alta de ventilação (3,0 m/s) melhorou a produção de ovos enquanto a baixa ventilação (0,5 m/s) prejudicou a produção de ovos.

Um dos principais problemas apresentados pela utilização de uma elevada taxa de ventilação está relacionado com o efeito desta sobre o equilíbrio de água no corpo das aves, devido à perda de água através da pele (YAHAV et al., 2005).

2.9. Estudo das instalações

O mapeamento de instalações avícolas (Tabela 1) tem sido realizado ao longo dos anos por diversos autores, a fim de avaliar as condições e propor melhorias nas instalações. No entanto, ainda não há relatos sobre sistemas aclimatizados por ventilação negativa em sistemas fechados ou híbridos.

Tabela1. Trabalhos de monitoramento e mapeamento de temperaturas em alojamentos avícolas no Brasil.

Produção	Sistema de Produção	Variável	Referência
Galinhas Poedeiras	Pirâmide	Tipos de cobertura	Vitorasso & Pereira, (2009)
Galinhas Poedeiras	Pirâmide	Tipos de cobertura	Jácome et al., (2007)
Galinhas Poedeiras	Pirâmide	Tipos de acondicionamento térmico	Biaggioni et al.,(2008)
Frango de Corte	Cama	Tipos de cobertura	Rocha et al., (2010)
Frango de Corte	Cama	Sistemas de ventilação	Hernández, (2012)
Galinhas Poedeiras	Bateria de Gaiolas	Temperatura	Coelho (2014)

De posse destas informações, torna-se evidente a necessidade de estudos que abordem a dinâmica da temperatura e umidade relativa do ar, no interior das atuais instalações de aves de postura ventiladas por pressão negativa em modo túnel comparativamente a ventilação natural.

3. Considerações Finais

A atividade avícola teve um expressivo crescimento nas últimas décadas. Avanços tecnológicos no âmbito da genética e nutrição proporcionaram aves com altos índices produtivos. Entretanto, para que as mesmas consigam expressar seu máximo potencial de produção é necessário, dentre outros fatores, o maior cuidado com a ambiência das instalações.

Tal preocupação já foi assimilada pelos empresários da área, os quais passaram a investir em instalações mais modernas, e com maior controle ambiental interno. Nos últimos dois anos, passou-se a testar, no Brasil, modelos de produção de ovos em alta densidade de alojamento, com maior controle do ambiente interno dos aviários via sistemas de ventilação por pressão negativa em modo túnel. Entretanto pouco se sabe sobre a eficiência dos mesmos e sua distribuição térmica nos diferentes níveis de gaiolas. Portanto, faz-se necessário a busca por tais informações.

4. Referências

ALMEIDA, E. U. **Níveis de lisina digestível e planos de nutrição para frangos de corte machos de 1 a 42 dias de idade**. 2010. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Centro Universitário de Vila Velha, Vila Velha, Espírito Santo, 2010.

ALVES, S. P. **Uso da zootecnia de precisão na avaliação do bem-estar bioclimático de aves poedeiras em diferentes sistemas de criação**. 2006. 129 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

APPLEBY, M. C.; HUGHES, B. O.; ELSON, H. A. Poultry production systems: behavior, management and welfare. **Wallingford: CAB International**, p. 238, 1992.

ARMSTRONG, D. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of dairy science**, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Editora UFV, 2010. 269 p.

BAIÃO, N. C. Efeitos da alta densidade populacional sobre o ambiente das instalações avícolas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÕES NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, Campinas, São Paulo. **Anais**. Campinas, São Paulo: FACTA, 1995. p. 67-75.

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. 123 f. Mestrado) - Universidade de São Paulo 2004.

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

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

BRIDI, A.M. Instalações e Ambiência em Produção Animal. In: II Curso sobre a qualidade da carne suína. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006. Anais... Londrina, 2006

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE [American Society of Agricultural Engineers](USA)**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.

CHEPETE, H. J.; XIN, H. Heat and Moisture Production of Poultry and Their Housing Systems—A Literature Review. 2001.

COELHO, D. J. R. **Mapeamento e análise espacial do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistemas verticais**. 2014. 53 f. (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

CONTO, L. A. Novos sistemas de aquecimento inicial de pintos de corte. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. In: FACTA, 2003, Campinas. **Anais**. Campinas, 2003. p. 132-136.

COSTA, M. S. Efeito das condições ambientais tropicais na fisiologia e rendimento das poedeira, métodos para diminuir os efeitos prejudiciais das condições ambientais tropicais. In: FUNDAÇÃO CARGIL, 1980, **Anais.**, 1980. p. 121.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. . 1969

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. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, n. 4, p. 628-634, 2007.

FREEMAN, B. M. The domestic fowl in biomedical research: physiological effects of the environment. **World's Poultry Science Journal**, v. 44, p. 41-60, 1998.

FURLAN, R. L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 2006, Chapecó, SC -Brasil. **Anais**. Chapecó, SC -Brasil, 2006. p. 104-135.

FURLAN, R. L.; SILVA, A. V. F.; BORGES, S. A.; MACARI, M. Equilíbrio ácido básico. In: FUNEP/UNESP (Ed.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2 ed. Jaboticabal, 1994. p. 51-73.

FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P. V.; TINÔCO, I. F. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, p. 559-564, 2003.

FURTADO, D. A.; TINOCO, I. F. F.; NASCIMENTO, J. W. B.; LEAL, A. F.; AZEVEDO, M. A. Caracterização das instalações avícolas na Mesorregião do Agreste Paraibano. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 831-840, 2005.

HERNANDEZ, R. O. **Mapeamento, avaliação e modelagem das condições ambientais de aviários de diferentes tipologias durante a fase inicial de crescimento de frangos de corte**. 2012. 86 f. Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

Humane Society International (HSI). As superlotadas gaiolas em bateria: A vida das galinhas poedeiras no Brasil. Disponível em: < http://www.hsi.org/portuguese/issues/gaiolas_de_bateria.html >. Acesso em: 30 de abril de 2014.

HUSSEN, T. S. PRODUCTIVE RESPONSE OF THE LAYING HENS SUBJECTED TO THERMAL STRESS IN CONVENTIONAL CAGES SYSTEM. **Lucrări Științifice-Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Seria Zootehnie**, v. 56, p. 82-87, 2011.

HY-LINE. **W-36 POEDEIRAS COMERCIAIS**. http://www.hylinedobrasil.com.br/hyline/download/guia_w36_2015.pdf. 2015

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

LAY JR., D. C.; FULTON, R. M.; HESTER, P. Y.; KARCHER, D. M.; KJAER, J. B.; MENCH, J. A.; MULLENS, B. A.; NEWBERRY, R. C.; NICOL, C. J.; O'SULLIVAN, N. P. Emerging Issues: Social Sustainability of Egg Production Symposium. **Poultry Science**, 2011.

LINSLEY, J. G.; BERGER, R. R. Respiratory and cardiovascular responses in the hyperthermic domestic fowl. **Poultry Science**, v. 43, 1964.

MACARI, M. Água de beber na dosagem certa. **Aves & Ovos, São Paulo**, n. 6, p. 40-48, 1995.

MASHALY, M. M.; HENDRICKS, G. L.; KALAMA, M. A.; GEHAD, A. E.; ABBAS, A. O.; PATTERSON, P. H. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poultry Science**, v. 83, n. 6, p. 889-894, 2004.

MEDEIROS, C. M. **Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte**. 2001. 125 f. Tese

(Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa., Viçosa, Minas Gerais, 2001.

MORO, D. Sistemas de aquecimento em instalações avícolas na fase inicial. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÕES NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, **Anais**. FACTA Campinas, 1995. p. 139.

NACAS, I. A.; MOURA, D. J.; LAGANÁ, C. A. **A amplitude térmica e seu reflexo na produtividade de frangos de corte**. Conferência Apinco de Ciência e Tecnologias Avícolas. Campinas: FACTA: 203-204. p. 1995.

NASCIMENTO, S. T.; SILVA, I. J. O. **AS PERDAS DE CALOR DAS AVES: ENTENDENDO AS TROCAS DE CALOR COM O MEIO** http://www.avisite.com.br/cet/img/20100916_trocasdecalor.pdf, Acesso em: 16 de maio de 2014 2014.

ROCHA, H. P.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, J. H. V. Índices bioclimáticos e produtivos em diferentes galpões avícolas no semiárido paraibano¹. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1330-1336, 2010.

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

RUZAL, M.; SHINDER, D.; MALKA, I.; YAHAV, S. Ventilation plays an important role in hens' egg production at high ambient temperature. **Poultry Science**, v. 90, n. 4, p. 856-862, 2011.

SHIELDS, S.; DUNCAN, I. J. H. **An HSUS Report: A comparison of the welfare of hens in battery cages and alternative systems**. The Humane Society of the United States (HSUS), p.27. 2008

SILVA, I.; SEVEGNANI, K.; SILVA, I. Ambiente na produção de aves de postura. **Silva, IJO Ambiente na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, p. 150-214, 2001.

SILVA, I. J. O.; MIRANDA, K. O. S. Impactos do bem-estar na produção de ovos. **Thesis**, v. 11, p. 89-115, 2009.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo Nobel, 2000.

SOUSA, P. Avicultura e clima quente: como administrar o bem estar às aves. **Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, Área de Transferência de Tecnologia**, 2005.

TADTIYANANT, C.; LYONS, J. J.; VANDEPOPULIERE, J. M. Influence of wet and dry feed on laying hens under heat stress. **Poultry Science**, v. 70, p. 44-52, 1991.

TAMIETTI, J. **Manejo de poedeiras em clima quente: introdução II**. http://www.hyline.com.br/hyline/noticia.php?id_conteudo=9408&id_categoria=3&id_area=1, Acesso em: 16 de maio de 2014 2014.

TAO, X.; XIN, H. Temperature-Humidity-Velocity Index for market-size broilers. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2003, Las Vegas, Nevada. **Anais**. Las Vegas, Nevada, 2003. p. 27-30 Julho.

TAUSON, R. Management and housing systems for layers - effects on welfare and production. **Worlds Poultry Science Journal**, v. 61, n. 3, p. 477-490, 2005.

TEIXEIRA, V. **Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco, MG. 1983. 62f.** 1983. 62 f.Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1983.

TEIXEIRA, V. H. Construções e ambiência: Instalações para Suínos e Aves. Lavras: UFLA/FAEPE. p. 181, 1997.

TELATIN JUNIOR, A. **Caracterização tipológica e bioclimática da avicultura de postura no Estado de São Paulo—um estudo de caso.** 2007. 71 f.Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

TELATIN JUNIOR, A. **Caracterização tipológica e bioclimática da avicultura de postura no Estado de São Paulo—um estudo de caso.** 2007. 71 f.Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 1, p. 57-59, 1959.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista brasileira de ciência Avícola**, v. 3, p. 01-26, 2001.

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

TINÔCO, I. F. F.; SOUZA, C. F.; BAÊTA, F. C.; COELHO, D. J. R.; MENDES, M. A. S. A.; . **Ambiência e Instalações na Avicultura de Postura Brasileira – Avanços e Perspectivas**. Animal Business Brasil. 4: 6-9 p. 2014.

VIGODERIS, R. B. **Sistemas de aquecimento de aviários e seus efeitos no conforto térmico ambiental, qualidade do ar e performance animal, em condições de inverno, na região sul do Brasil.** 2006. 107 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.

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

YAHAV, S.; SHINDER, D.; TANNY, J.; COHEN, S. Sensible heat loss: the broiler's paradox. **World's Poultry Science Journal**, v. 61, n. 03, p. 419-434, 2005.

YANAGI JUNIOR, T.; XIN, H.; GATES, R. S. Optimization of partial surface wetting to cool caged laying hens. In: TRANSACTIONS OF THE ASAE, 2002, St. Joseph. **Anais**. St. Joseph, 2002. p.

CAPÍTULO II: ARTIGO TÉCNICO-CIENTÍFICO

Caracterização espacial do ambiente térmico de aviários de postura verticais, abertos e submetidos à ventilação natural

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as condições ambientais internas de um galpão para galinhas poedeiras, constituído por cinco baterias de gaiolas, verticais, ventilado naturalmente e não dotado de isolamento térmico na cobertura, no que se refere às variáveis térmicas: temperatura, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade (ITU). Objetivou-se também estabelecer a posição ideal de alocação dos sensores de temperatura e umidade relativa do ar no aviário, que representasse a condição média destas variáveis em seu interior. Esta pesquisa foi realizada em granja comercial, situada no município de Pouso Alto - Minas Gerais, localizada na Serra da Mantiqueira. O galpão é constituído por cinco alas de gaiolas com seis níveis de altura cada, o que permite o alojamento de até 100 mil aves. No interior deste, foram instalados sessenta sensores de temperatura e vinte sensores de umidade relativa do ar, os quais foram distribuídos nos corredores, entre as baterias de gaiolas, e nas laterais de forma uniforme e equidistante ao longo do comprimento do galpão em dois níveis de altura. Um sensor de umidade relativa e um sensor de temperatura foram instalados no interior de um abrigo meteorológico, nas proximidades do galpão, a fim de monitorar as condições ambientais externas. Observou-se por meio de análises dos dados coletados que durante o período avaliado, a temperatura média máxima mensurada no interior da instalação foi igual a 28,5 °C e a temperatura média mínima igual a 19,4 °C, para uma temperatura média máxima de 28,46 °C e a média mínima de 17,9°C no ambiente externo. Em relação à umidade relativa do ar, foram verificados valores máximos de 88,4 % e mínimo de 62,3 % no interior da instalação, e valores máximos de 93,6% e mínimo de 57,9% no ambiente externo. Em relação ao ITU o valor máximo calculado foi de 75 na face sul da instalação, durante o período diurno. Pode-

se observar também, que o ambiente interno do aviário apresentou variação térmica entre as diferentes áreas, sendo que as variações médias máximas encontradas no período diurno foram de 2,5 °C no nível inferior e de 2,0°C no nível superior; no período noturno foram de 3,5°C no nível inferior e 3,5 °C no nível superior. Em relação à posição ideal de alocação de sensores que represente a condição média dos fatores ambientais no interior da instalação, as posições centrais no nível inferior são indicadas para a alocação de sensores de temperatura no interior da instalação. As posições próximas a face leste ao sul e a face oeste ao norte, não diferem da média geral pelo teste t, a nível de 5% de significância.

Palavras chave: Ambiência, poedeiras, bateria de gaiolas.

ABSTRACT

Characterization of the thermal environment in open facilities with natural ventilation, in vertical systems

This study aimed to evaluate the environmental conditions inside a facility for laying hens, composed for five vertical battery cages, naturally ventilated without thermal insulation on the roof, regarding to thermal variables: temperature, relative humidity and temperature and humidity index (THI). Also, aimed establish the ideal position to allocate the temperature and relative humidity sensors within the facility. Position that represent the average condition of these variables inside this shed. This research was carried out on a commercial farm, located in the Pouso Alegre city - Minas Gerais, located the Serra da Mantiqueira. The sheds were comprised of five rows of cages and six levels height each, which allows housing of up to 100 thousand birds. Within each facility were used sixty temperature sensors and twenty humidity sensors distributed in the halls between the battery cages and in the sides of facility uniformly and equidistantly along the shed length at two levels height. One humidity sensor and one temperature sensor were installed inside a weather shelter, near the facilities to monitor the external environmental conditions. It was observed that during the evaluation period, the average maximum temperature inside the facility was 28.5°C and the average minimum temperature was 19.4°C and in the external environmental, the average temperature maximum was 28.46°C and the average minimum was 17.9°C. Regarding the relative humidity were checked maximums of 88.4% and a minimum of 62.3% within the facility, and maximum of 93.6% and minimum of 57.9% in the external environment. Concerning the THI maximum value was 75 at the south face of the installation during the daytime. May also be observed that the environment within the barn presented thermal variation between different areas, and the maximum average variations were found in the daytime was 2.5°C at the lower level and 2.0°C at the top level; at night were 3.5°C on the lower level and 3.5°C at the top level. The ideal position to allocation the temperature sensors that representing the average condition of environmental factors within the facility, are the central positions at the lower level. The positions next east facing south and west against the north, do not differ from the general average by t test , at 5 % significance level.

Keyword: Ambience, layer hens, battery cages.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados publicados pela União Brasileira de Avicultura (2015) acelerado desenvolvimento sofrido no setor de postura brasileira culminou na produção recorde de aproximadamente 37 bilhões de ovos no ano de 2014. O alto índice de produção registrado na indústria de ovos brasileira se concretizou devido ao substancial avanço tecnológico, principalmente, no âmbito da genética, sanidade, nutrição, manejo e ambiência, os quais possibilitaram a produção em altas densidades e com elevados níveis de produtividade, contribuindo para o fornecimento de proteína animal de baixo custo.

Há pouco mais de uma década iniciou-se, no Brasil, a utilização de aviários verticais totalmente automatizados para a produção de ovos. No sistema de bateria de gaiolas verticais, os aviários possuem comprimento superior a 100 metros, largura entre 10 e 15 metros e pé direito superior a cinco metros. O sistema é constituído por fileiras de gaiolas sobrepostas, as quais podem chegar a sete níveis, permitindo o alojamento mais intensivo por área de construção, porém mantendo a mesma densidade de alojamento requerido pelas aves. Para alcançar a viabilidade funcional deste sistema foi necessário à inserção da automação da distribuição de ração e água, a qual se dá por meio do bebedouro tipo *nipple*.

O sistema de coleta de ovos é constituído por esteira transportadora e contador de ovos, os quais auxiliam no controle da produtividade dos ovos. A esteira transporta os ovos do galpão à sala de classificação dos mesmos. Em relação aos dejetos, estes são recolhidos por esteiras de material plástico localizadas na parte inferior de cada nível de gaiolas, o período de coleta é definido pelo operador da granja, o que em geral se dá a cada três dias (APPLEBY et al., 1992; TAUSON, 2005; TINÔCO et al., 2014). Entretanto, mesmo com o desenvolvimento obtido no âmbito do manejo, a ambiência ainda constitui um desafio a ser vencido.

Devido a sua localização geográfica, entre a linha do equador e trópico de Capricórnio, zona intertrópica, o Brasil apresenta temperatura média do ar oscilando entre 20 e 25 °C ao longo do ano e elevada umidade, o que justifica

a maior preocupação com situações de estresse térmico causado por temperaturas elevadas (TINÔCO, 2001). Contudo, a amplitude térmica no Brasil é relativamente pequena, quando comparada a regiões temperadas e mediterrâneas e, por esta razão, a tipologia de instalação mais utilizada para a produção de galinhas poedeiras no Brasil tem sido de estruturas abertas, com uso de ventilação natural e basicamente sem isolamento térmico dos envoltórios (telhados e cortinas laterais).

A ventilação natural nestas instalações é controlada principalmente pela abertura e fechamento das cortinas, com base nas temperaturas internas da instalação e auxílio de lanternins. Entretanto, em regiões mais próximas do equador e nos períodos mais quentes do ano, podem ocorrer temperaturas excessivas no interior destas instalações, que principalmente acompanhadas por elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar, limitam a produtividade e o bem estar animal. Estas condições afetam o desempenho final do lote e podem comprometer os aspectos econômicos da atividade (CARVALHO, 2012).

Nos sistemas atuais de produção de poedeiras, esta situação é agravada, devido às dimensões elevadas e a disposição das gaiolas, podendo conferir elevadas variações de temperatura e umidade relativa do ar no interior da instalação. Ademais, as baterias de gaiolas das extremidades fornecem resistência à passagem do ar, além de promover um incremento da temperatura do ambiente, proveniente da produção de calor metabólico das aves. Este fato dificulta o manejo das aves, favorecendo a não uniformidade do lote, diminuição da produtividade e aumento da mortalidade. Adicionalmente, dificulta o controle dos sistemas de arrefecimento dos aviários, como o sistema de nebulização e o controle de abertura das cortinas.

Desta forma, torna-se clara a necessidade de estudos que abordem a caracterização do ambiente térmico em que as aves estão inseridas, uma vez que as mesmas são susceptíveis a temperatura ambiente, o que influencia na rentabilidade da atividade.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as condições ambientais internas de um galpão vertical constituído por cinco baterias de gaiolas, ventilado naturalmente e sem a utilização de isolantes

térmicos, no que se refere às variáveis térmicas: temperatura, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade (ITU). Buscou-se estabelecer a posição ideal de alocação dos sensores de temperatura e umidade relativa do ar no aviário, que represente a condição média dessas variáveis no interior da instalação.

Trabalho semelhante foi realizado por (COELHO, 2014) em aviários verticais de postura constituídos por quatro baterias de gaiolas. Houve a necessidade de se refazer tal estudo, com o objetivo de se obter dados temporais específicos para a tipologia construtiva e realidade do setor de postura da região, com cinco baterias de gaiolas, criando banco de dados necessários à comparação entre aviários verticais de postura ventilados naturalmente e, em seguida, com aviários de postura climatizados ventilados por pressão negativa em modo túnel.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização dos Galpões

A presente pesquisa foi realizada em uma granja comercial, situada no município de Pouso Alto - Minas Gerais, localizado na Serra da Mantiqueira, a 884 m de altitude, latitude de 22° 17' 38" S e longitude 44° 58' 22" W. O clima da região é o tropical de altitude, de acordo com a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Cwb (clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado) (SÁ JÚNIOR, 2009).

O aviário avaliado é orientado no sentido leste-oeste, possui dimensões de 108 m de comprimento, 15,7 m de largura, 5 m de pé direito, telhado e pilares em estrutura metálica e cobertura com telhas onduladas de aço galvanizado, 1,5 m de beiral e lanternim. Este aviário é equipado com sistema de arrefecimento operado por sistema de nebulização, acionado manualmente, posicionado a 4,5m de altura, com bicos nebulizadores de média pressão (100 a 200 psi) a cada 1,5m, situados ao longo do comprimento, nos corredores. A instalação apresenta as laterais totalmente abertas, dotadas de cortinas para uso eventual, de forma a possibilitar o uso

da ventilação natural, sempre que as condições ambientais externas permitirem.

2.2. Disposição das gaiolas e manejo das aves

O galpão possui cinco alas de gaiolas com seis níveis de altura cada, o que permite o alojamento de até 100 mil aves. Estas alas são separadas entre si por corredores de 1,57 metros. As aves são alojadas em gaiolas com dimensões de 0,73 X 0,73 X 0,43 m, na densidade de 14 aves/gaiola (380 cm²/ave). O abastecimento de comedouros e bebedouros e transporte de ovos é realizado de forma automática, assim como a retirada de dejetos por meio de esteiras mecanizadas.

Para esta pesquisa não houve alteração do manejo dos animais já praticado rotineiramente na empresa.

2.3. Sistema de coleta de dados experimentais

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados durante o período mais quente do ano, no mês de dezembro de 2013. De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013), o trimestre que apresenta maiores valores climatológicos da temperatura média do ar, nesta região, é constituído pelos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

A coleta de dados foi realizada com o uso de sensores programados para coleta em tempo real em intervalos inferiores a 1 minuto, de forma ininterrupta, 24 horas por dia, durante onze dias.

Durante o período de análise, foram estudadas aves da linhagem HyLine W-36 em idade superior a 18^a semana de vida, quando estes animais já se encontram em sua fase adulta e se inicia o período de postura.

2.4. Avaliação da temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários

2.4.1. Sistema de aquisição de dados

O sistema utilizado para a coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar, emprega a tecnologia 1-Wire™, desenvolvido pela empresa Dallas Semiconductor. Este sistema, também conhecido como MicroLan™, corresponde a uma rede de transmissão de dados de baixo custo, a qual consiste de um dispositivo mestre, que inicia e controla a transferência de dados e de dispositivos escravos da série 1-Wire™, adaptadores e sensores endereçados os quais serão controlados pelo mestre.

O software STRADA, desenvolvido por Rocha et al. (2008), foi utilizado para a transmissão e aquisição dos dados aferidos pelos sensores. Para a obtenção dos dados da temperatura foram utilizados sensores do tipo DS24381 e DS18B20, ambos apresentam exatidão de $\pm 0,5$ °C. Para a umidade relativa do ar foi utilizado o sensor HIH4000 da Honeywell, com exatidão de $\pm 2\%$.

2.4.2. Mapeamento da distribuição de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários

No interior de cada aviário estudado, foram utilizados sessenta sensores de temperatura e vinte sensores de umidade relativa do ar, os quais foram distribuídos nos corredores entre as baterias de gaiolas e nas laterais de forma uniforme e equidistante ao longo do comprimento do galpão em dois níveis de altura, segundo e quarto nível de gaiolas, conforme representado na Figura 1. Os sensores registraram dados em intervalos de um minuto. Um sensor de umidade relativa e um sensor de temperatura foram instalados no interior de um abrigo meteorológico, o qual foi alocado nas proximidades dos galpões, a fim de monitorar as condições ambientais externas.

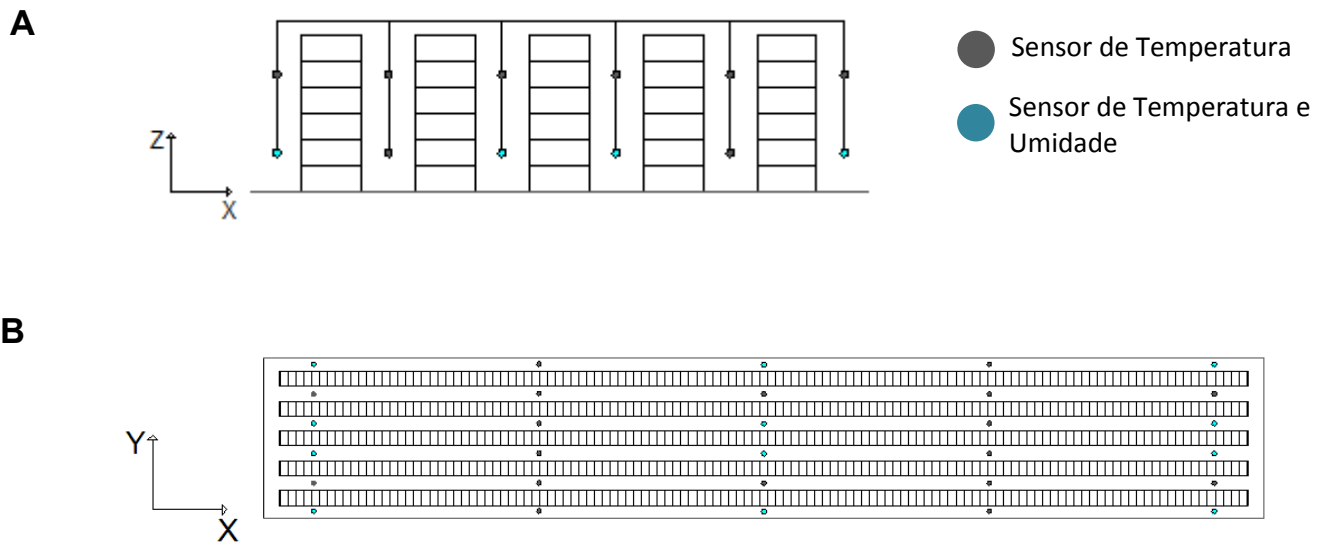


Figura 1. (A) Disposição dos sensores no aviário- Eixo X-Z e, (B) Disposição dos sensores no aviário- Eixo X-Y.

Como forma de auxiliar na caracterização do ambiente no interior das instalações, foram mensurados os Índices de temperatura e Umidade (ITU), dos diversos pontos avaliados no interior do aviário. O ITU proposto por Thom (1959), baseia-se na temperatura de bulbo seco e na umidade relativa do ar, avaliada a partir da temperatura do ponto de orvalho. Este é determinado por meio da Equação 01.

$$ITU = 0,8 \times T_{bs} + \frac{UR \times (T_{bs} - 14,3)}{100} + 46,5 \quad \text{Equação 01}$$

Em que:

- ITU = índice de temperatura e umidade, adimensional;
- T_{bs} = temperatura de bulbo seco, °C;
- UR = umidade relativa, %.

Os mapas descritores da temperatura ambiente, umidade relativa do ar e ITU da instalação foram gerados por meio do software estatístico Sigma Plot 12.0.

A partir dos mapas e tabelas desenvolvidos foram estudadas as variações de temperatura, umidade relativa do ar e ITU em diferentes posições no interior do aviário. As médias de temperaturas e umidade relativa do ar e valores de ITU obtidos nos onze dias de coletas foram separadas em dois grupos: temperatura noturna, considerando-se o intervalo das 18 h as 05:59 h, e diurna das 06:00 h as 17:59 h.

Foram determinados, também, os pontos geográficos no interior do alojamento que representam as condições médias reais da temperatura do aviário, de forma a balizar a escolha quanto a correta posição para a instalação dos sensores para controle do sistema de arrefecimento interno dos alojamentos. Para tal, numerou-se os sensores de acordo com a Figura 2.

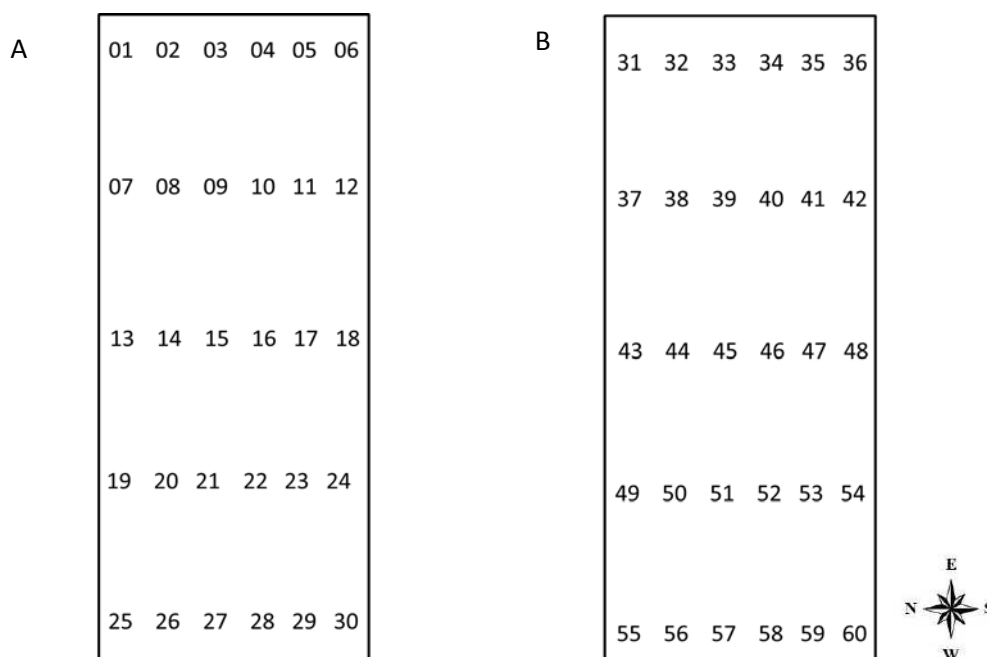


Figura 2. (A) Numeração dos sensores no interior do aviário submetido à ventilação natural – Nível inferior (B) Numeração dos sensores no interior do aviário submetido à ventilação natural – Nível superior.

2.5. Análises estatísticas dos dados

Os valores médios de temperatura obtidos nos onze dias de coletas de dados foram submetidos à análise de variância e as médias diárias de cada sensor foram comparadas à média geral de todos os sessenta sensores por meio do teste t. Esta análise foi realizada a fim de estabelecer os possíveis posicionamentos dos sensores, que representam a média geral do aviário.

Para a segmentação do posicionamento dos sensores em grupos, de acordo com a variação da temperatura, foi aplicado o teste de agrupamento de Scott-Knott. Este método de comparação múltipla baseado em análise de agrupamento univariada, separa as médias estudadas em diferentes grupos homogêneos (SANTOS, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Temperatura média interna do aviário

Nas Figura 3 e 4, pode-se observar o valor médio e o desvio padrão da temperatura interna diária e umidade relativa do ar do aviário, ao longo do dia, submetido à ventilação natural, respectivamente. Estes valores foram obtidos à partir das médias destas variáveis mensuradas em todos os pontos de tomadas de dados distribuídos internamente no aviário. Os dados correspondem às médias horárias dos onze dias de análise. Observa-se, também, os valores de temperatura e umidade relativa do ar coletados no exterior do aviário, durante o mesmo período.

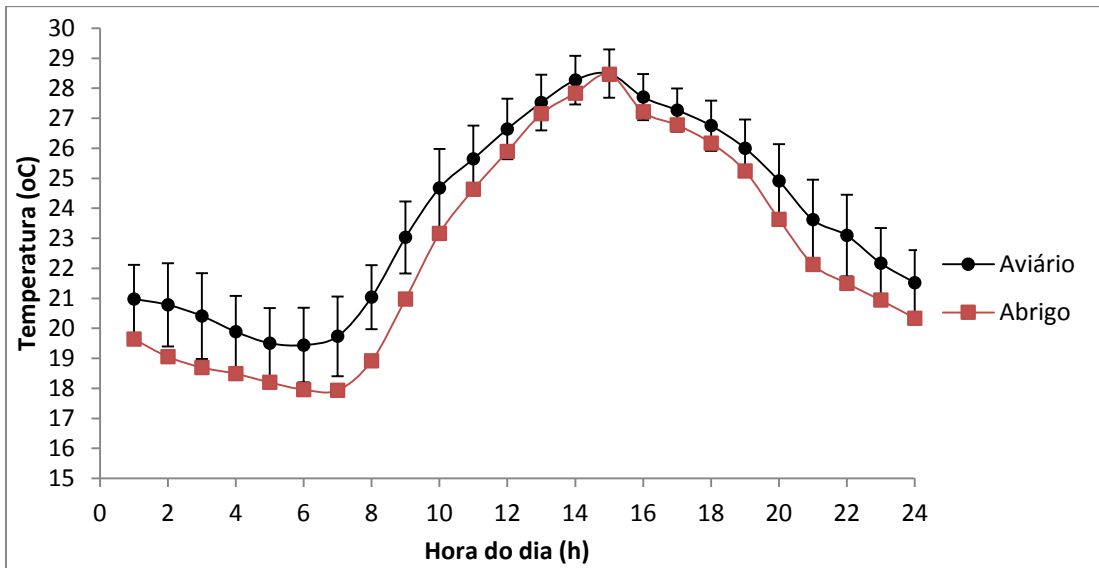


Figura 3 – Variação da temperatura média de bulbo seco, interna de aviário submetido à ventilação natural e externa (abrigo meteorológico) ao longo dos 11 dias de coletas de dados.

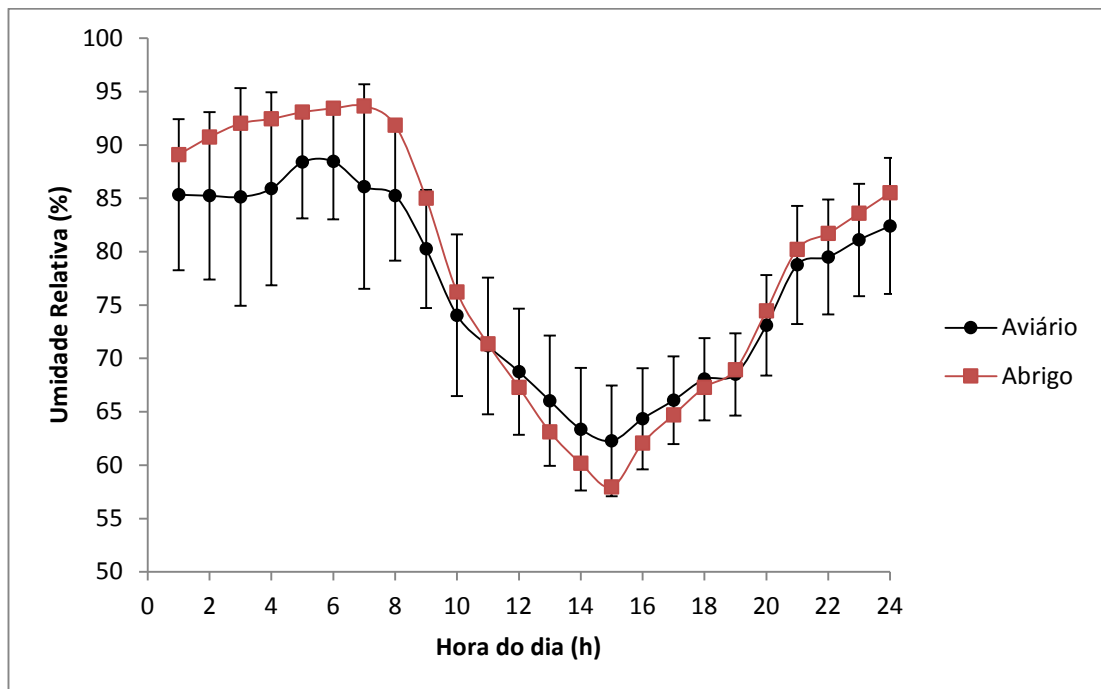


Figura 4 – Variação da umidade relativa do ar, interna de aviário submetido à ventilação natural, e externa (abrigo meteorológico) ao longo dos 11 dias de coletas de dados.

Tendo em vista que a zona de conforto térmico para galinhas poedeiras adultas situa-se entre 20 e 24°C ((CHEPETE e XIN, 2001; YANAGI JUNIOR et al., 2002), pode-se verificar que o aviário analisado, apresentou valores de temperatura superiores e inferiores ao preconizado pela literatura como sendo de conforto para aves adultas. Durante o período avaliado, a temperatura média máxima mensurada no interior da instalação foi igual a 28,5 °C e a temperatura média mínima igual a 19,4 °C.

A susceptibilidade das aves ao estresse térmico é muito significativa, sendo que, em geral, temperaturas ambientais superiores a 28°C, de acordo com inúmeros estudos, podem ser responsáveis pela redução do desempenho produtivo animal (MACARI et al., 1994; TINÔCO, 2001; CAIRES et al., 2008; RABELLO, 2008), da qualidade dos ovos (MILLER e SUNDE, 1975; HSU et al., 1998; MASHALY et al., 2004) e enfraquecimento do sistema imunológico ((ZULKIFLI et al., 1994; GUO et al., 1998; LIN et al., 2002). Além destes fatores, um distúrbio do equilíbrio ácido-base, causado pelo aumento da frequência respiratória unida ao estresse por altas temperaturas, pode levar a maior incidência de alcalose nas aves (FURLAN et al., 1994; MAHMOUD et al., 1996; BORGES et al., 2003; FRANCO e SAKAMOTO, 2005). Em ambientes que proporcionem condições de estresse por frio, animais em crescimento ou adultos, aumentam consumo de alimento, gerando incremento calórico.

A presença da ventilação em situações de estresse por frio, piora a condição ambiental, uma vez que esta acelera a redução do calor corporal, o que leva a uma sensação mais intensa de frio. Nestas situações é recomendável fazer o manejo correto das cortinas.

No que diz respeito à temperatura do ambiente externo, a temperatura média máxima aferida durante o período experimental foi de 28,46 °C e a média mínima de 17,9°C. Pode-se verificar que os valores médios de temperatura interna do aviário, apresentaram valores próximos aos valores de temperatura média obtidos no abrigo meteorológico, ao longo do tempo, o que indica pouco amortecimento térmico por parte da instalação.

Em relação à umidade relativa do ar no interior do aviário, pode-se observar que a variação desta em relação ao tempo se aproxima bastante

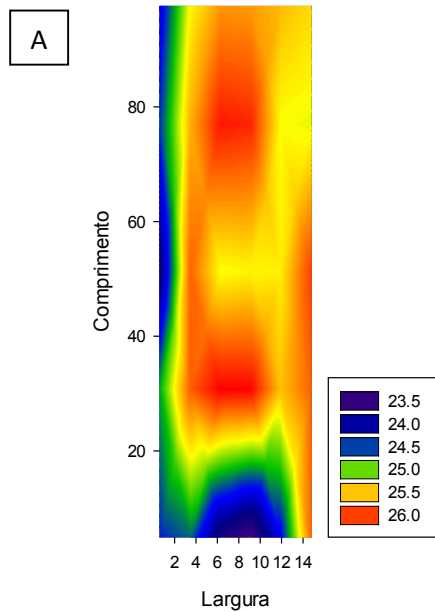
entre o aviário e o abrigo. Verificou-se valores máximos de 88,4 % e mínimo de 62,3 % no interior da instalação, e valores máximos de 93,6% e 57,9% no ambiente externo. Desta forma o valor máximo encontrado está acima dos valores preconizados como ideais na literatura. De acordo com dados avaliados na literatura os valores ideais de umidade relativa do ar para aves são de 50 a 70 % (TINÔCO, 2001). A elevada umidade relativa do ar dificulta o resfriamento evaporativo respiratório, o qual constitui um dos principais mecanismos de dissipação de calor empregado pelas aves.

Adicionalmente, em ambientes com elevada umidade relativa do ar, tem-se o umedecimento das excretas, o que pode provocar a proliferação de microrganismos patogênicos e dificultar a o transporte dos dejetos pelo maior teor de umidade e conseqüente aumento de peso dos dejetos, em casos de instalações equipadas com esteiras de dejetos (TEIXEIRA, 1997).

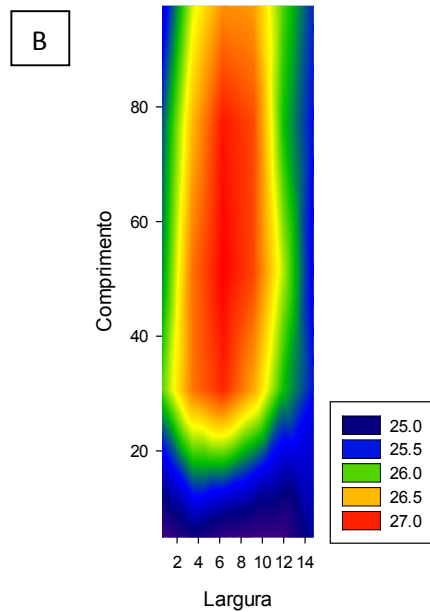
3.2. Distribuição horizontal da temperatura no interior do aviário

Na Figura 5 está representado o mapa de distribuição da temperatura do ar no interior do galpão estudado em que: (A) temperatura média noturna - plano superior, (B) temperatura média noturna - plano inferior, (C) temperatura média Diurna - plano inferior, (D) temperatura média diurna - plano superior. Para a confecção dos mapas, foi determinado como temperatura noturna o intervalo das 18h às 05:59 h e diurna das 06:00h às 17:59h.

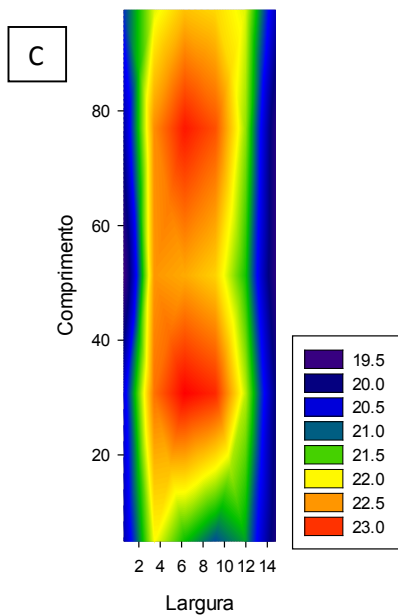
Período Diurno - Nível Inferior



Período Diurno - Nível Superior



Período Noturno - Nível Inferior



Período Noturno - Nível Superior

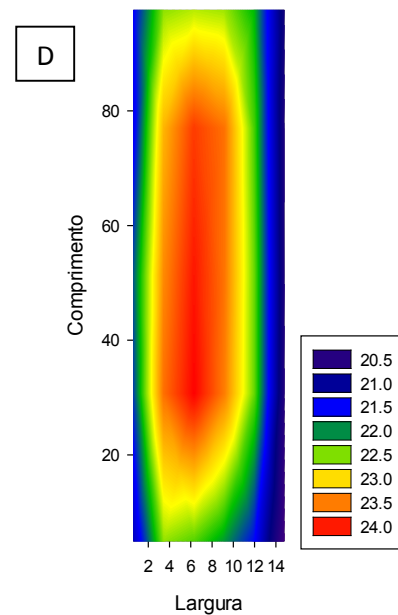


Figura 5 - Mapa de distribuição da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), do aviário de postura, em sistema vertical, ventilado naturalmente, em que: (A) temperatura média diurna - plano superior, (B) temperatura média diurna - plano inferior, (C) temperatura média noturna - plano superior, (D) temperatura média noturna - plano inferior.

Na Figura 5 pode-se observar que a região central do aviário apresentou maior temperatura em todas as situações descritas, sendo a variação máxima encontrada entre as bordas e o centro durante o período diurno de 2,5 °C no nível inferior e durante o período noturno de 3,5 °C em ambos os níveis. Tal diferença entre os horários se deve a menor temperatura externa durante o período noturno.

O gradiente de temperatura das bordas para o centro é um resultado já esperado, por se tratar de uma instalação ventilada naturalmente e, desta forma, dependente da dinâmica de ventos da região, que muitas vezes não possuem força suficiente para se contrapor a resistência formada pelas gaiolas da instalação, as quais formam uma superfície porosa. Este fator é agravado pela produção do calor metabólico das aves.

Os resultados encontrados corroboram com dados divulgados por Coelho (2014) em análise de instalação de galinhas poedeiras, de tipologia semelhante dotado de quatro alas de gaiolas.

Ainda de acordo com a Figura 5, é possível inferir que a temperatura média em ambos os turnos é maior no nível superior. O que se confirma pelo teste de Mann-Whitney a nível de 5%, para as médias do nível inferior (23,4°C) e nível superior (24,8°C). Tal fato pode ser justificado pela proximidade com o telhado, o qual não apresenta isolamento térmico e por ser constituído de aço galvanizado, o qual apresenta resistência térmica relativamente baixa. Ademais, como o galpão foi construído em posição correta em relação ao leste e oeste verdadeiro, espera-se que a maior incidência de raios solares ocorra sobre o telhado. Em associação, tem-se o fato de que as massas de ar quando aquecidas são direcionadas para as camadas superiores do alojamento, contribuindo para incidência de maiores temperaturas nas proximidades do telhado. A presença do lanternim no telhado tende a amenizar esta ocorrência.

Os mapas referentes aos perfis transversais e longitudinais encontram-se no Apêndice 02.

Outro fator que pode ser observado é a maior temperatura na extremidade leste, fato que pode ser explicado pela disposição de estruturas

para coleta de ovos, que podem atuar como barreiras do vento, responsável pelo arrefecimento da instalação.

3.3. Distribuição Horizontal da umidade relativa do ar no interior do aviário

A Figura 6 ilustra o mapa de distribuição da umidade relativa do ar no interior do aviário em que: (A) umidade relativa média diurna, (B) umidade relativa média noturna - plano inferior. Para a confecção dos mapas, foi determinado como umidade relativa média noturna o intervalo das 18:00 h às 05:59 h e diurna das 06:00 h às 17:59 h.

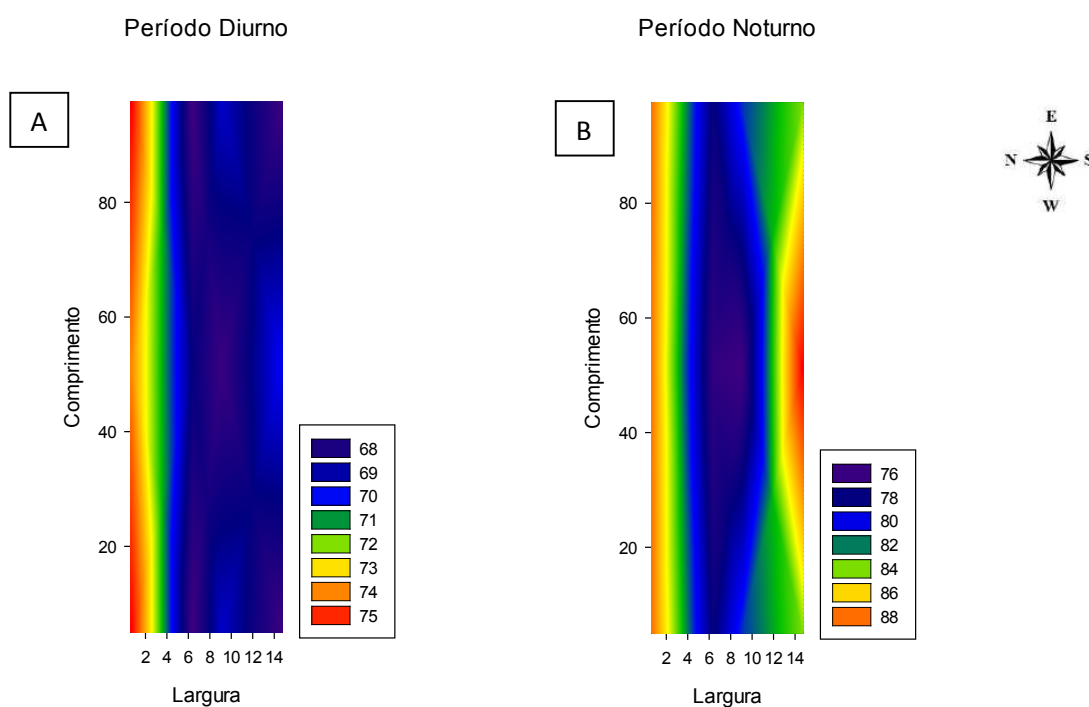


Figura 6- Mapa de distribuição da Umidade relativa do ar (%), do aviário de postura, em sistema vertical, ventilado naturalmente em que: (A) Umidade relativa do ar média diurna, (B) Umidade relativa do ar média noturna.

A distribuição espacial da umidade relativa do ar no interior do aviário (Figura 6) indica uma variação da umidade no sentido norte - sul.

Tal perfil indica umidade relativa do ar inferior nas regiões mais aquecidas da instalação no período diurno, fato que se repete no período noturno, no qual a umidade se apresenta com valores menores na região central.

As extremidades acompanham os valores da umidade relativa aferida no abrigo meteorológico, conforme esperado, por se tratar de uma instalação aberta.

3.4. Distribuição Horizontal do índice de temperatura e umidade (ITU) no interior do aviário

Está ilustrado na Figura 7 o mapa de distribuição do índice de temperatura e umidade (ITU) no interior do aviário em que: (A) ITU médio diurno- plano inferior, (B) ITU médio noturno - plano inferior. Para a confecção dos mapas, foi determinado como ITU noturno o intervalo das 18:00 h às 05:59 h e diurno das 06:00 h às 17:59 h.

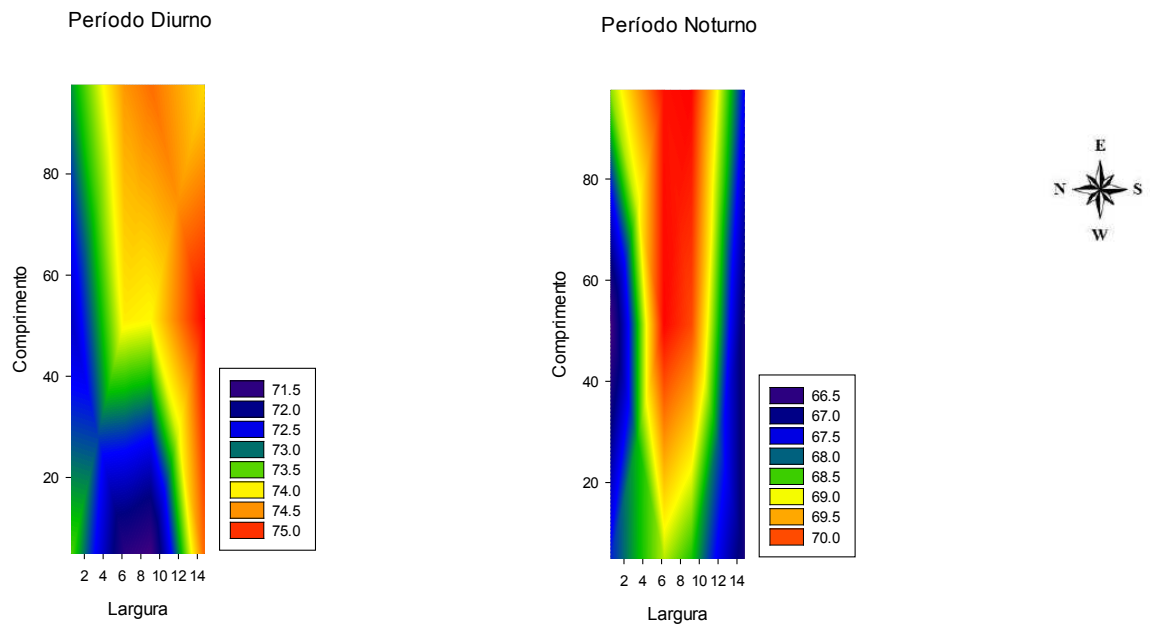


Figura 7 - Mapa de distribuição do Índice de temperatura e umidade (ITU), do aviário de postura, em sistema vertical, ventilado naturalmente, em sistema vertical, ventilado naturalmente, em que: (A) ITU médio diurno, (B) ITU médio noturno.

De acordo com Armstrong (1994), o valor de índice de temperatura e umidade considerado de conforto para aves é de até 78. Entretanto de acordo com Thom (1959), apenas os valores inferiores a 74 representam ambientes confortáveis, sendo que valores entre 74 a 79 representam estado de alerta, de 79 a 84 faixa de perigo e valores superiores a 84 condição de emergência. Desta forma, de acordo com os dados aferidos no nível inferior do aviário, pode-se observar que a maior parte da instalação se encontra em conforto térmico durante o período diurno, com exceção da face sul, que apresenta algumas partes em estado de alerta. Já em relação ao período noturno, todos os valores verificados no aviário se encontram na faixa de valores que caracterizam o conforto térmico. Corroboram com tais valores, análise realizada por Coelho (2014), que ao estudar o ambiente térmico de aviários verticais de postura ventilados naturalmente, verificou valores de ITU dentro da faixa de conforto, durante o período noturno e diurno, sendo estes com valores mais próximos do limite de conforto.

3.5. Determinação da posição espacial representativa das condições térmicas do aviário

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios de temperatura de cada sensor, aferidos durante os onze dias de coletas de dados, comparados por meio do teste t, a temperatura média de toda a instalação, a qual é igual a 23,74 °C.

Tabela 1. Valores médios da temperatura medida em cada ponto de coleta durante os onze dias de coleta de dados, comparados à média geral da temperatura do aviário, por meio do teste t.

Posição	Temperatura	Posição	Temperatura	Posição	Temperatura	Posição	Temperatura
1	22,5*	16	23,7	31	23,4	46	25,2*
2	23,6	17	23,3	32	24,4	47	24,3
3	24,0	18	22,8	33	24,6*	48	23,0
4	23,9	19	22,6*	34	24,6	49	23,9
5	23,7	20	24,3	35	24,1	50	25,1*
6	22,9	21	24,7*	36	23,1	51	25,5*
7	22,4*	22	24,6	37	23,6	52	25,0*
8	24,1	23	23,6	38	24,9*	53	24,1
9	24,7*	24	22,9	39	25,5*	54	22,9
10	24,6	25	22,3*	40	25,3*	55	22,9*
11	23,6	26	23,3	41	24,2	56	23,7
12	22,6*	27	22,6*	42	23,2	57	23,5
13	21,6*	28	22,2*	43	23,8	58	23,3
14	24,2	29	22,7*	44	25,1*	59	23,1
15	23,8	30	22,8	45	25,5*	60	22,7

As médias seguidas de * diferem da média geral pelo teste t, a nível de 5% de significância.

Na Figura 8, com base na Tabela 01, estão representados em vermelho os pontos de coletas em que a temperatura aferida diferiu estatisticamente da média geral do aviário.

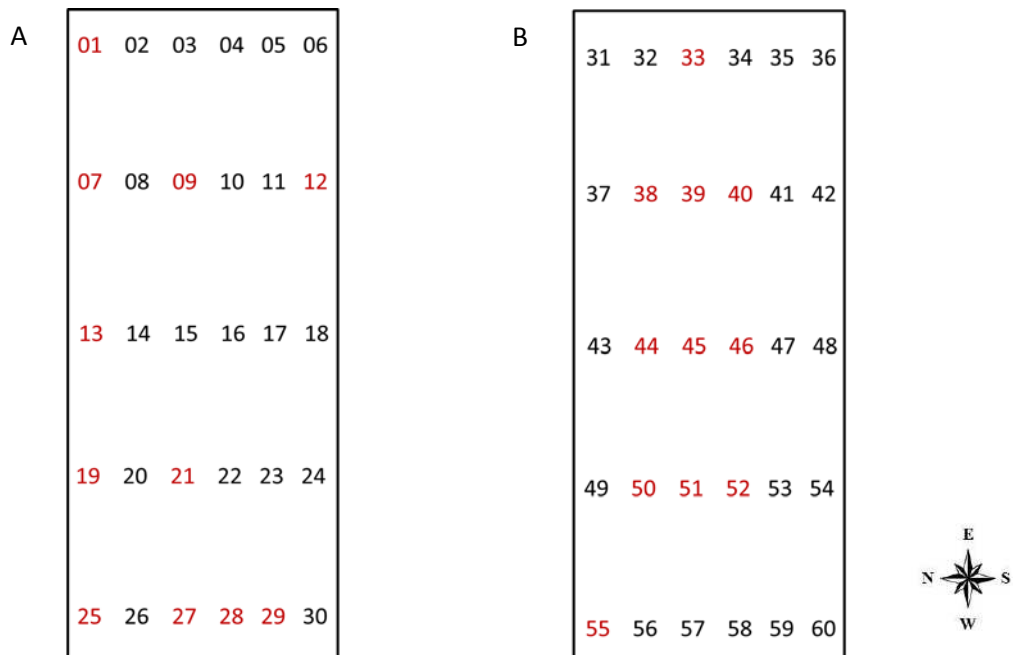


Figura 8. Indicação da comparação entre as temperaturas médias dos sensores e a temperatura média geral do aviário de postura, em sistema vertical, ventilado naturalmente, em (A) Nível inferior (B) Nível superior. Em vermelho os pontos de coletas em que a temperatura aferida diferiu da média geral do aviário

Pode-se observar, na Figura 8, que a região lateral norte no nível inferior e a região central no nível superior, assim como os demais pontos representados em vermelho, não são indicadas para se alocar sensores de temperatura, com o intuito de se obter uma média geral para a instalação, uma vez que os mesmos diferem pelo teste t ao nível de 5% de significância da temperatura média interna do aviário. Entretanto nos pontos centrais do nível inferior, pontos 14, 15 e 16, assim como os demais pontos representados na cor preta, não apresentam diferença significativa ao nível de 5% em relação à temperatura média do aviário. Fato que torna viável a utilização destas posições para a alocação de sensores para se obter a média de temperatura do aviário. Nestes casos é necessário que se evite os pontos de coleta localizados nas laterais dos aviários.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios de umidade relativa do ar de cada sensor, aferidos durante os onze dias de coletas de dados,

comparados por meio do teste t, a umidade relativa do ar média de toda a instalação, a qual é igual a 76,5 %.

Tabela 2. Valores médios da umidade relativa do ar medida em cada ponto de coleta durante os onze dias de coleta de dados, comparados à média geral da temperatura do aviário, por meio do teste t.

Posição	Umidade
1	81,584*
3	72,443*
4	75,155
6	75,604
13	80,769*
15	72,325*
16	71,5*
18	80,051
25	79,104
27	76,597
28	82,54*
30	70,875*

As médias seguidas de * diferem da média geral pelo teste t, a nível de 5% de significância.

Na Figura 9, com base na Tabela 2, estão representados em vermelho os pontos de coletas em que a umidade relativa do ar aferida diferiu da média geral do aviário, de acordo com análise realizada pelo teste t ao nível de 5% de significância.

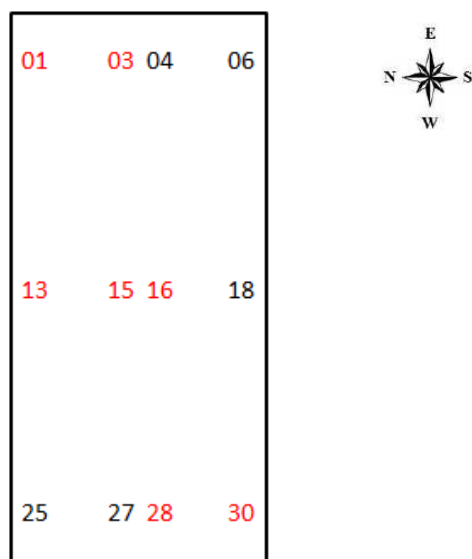


Figura 9. Indicação da comparação entre os valores médios de umidade relativa do ar médias dos sensores e a média geral do aviário de postura, em sistema vertical, ventilado naturalmente. Em vermelho os pontos de coletas em que a temperatura aferida diferiu da média geral do aviário

É possível observar na Figura 9, que os sensores instalados nas posições 04, 06, 18, 25 e 27 do aviário, não diferem estatisticamente do valor da média geral obtida no aviário, entretanto os mesmos estão localizados nas extremidades do aviário, o que dificulta a utilização dos mesmo para representar a condição média da umidade relativa do ar no interior da instalação.

3.6. Agrupamento

Está apresentado na Figura 10 o resultado do teste de agrupamento de Scott-Knott, o qual segmentou as médias de temperatura analisadas em diferentes grupos homogêneos. Pode-se observar que as médias de temperaturas, obtidas pelos sessenta pontos de coletas distribuídos ao longo do galpão deram origem a quatro grupos homogêneos.

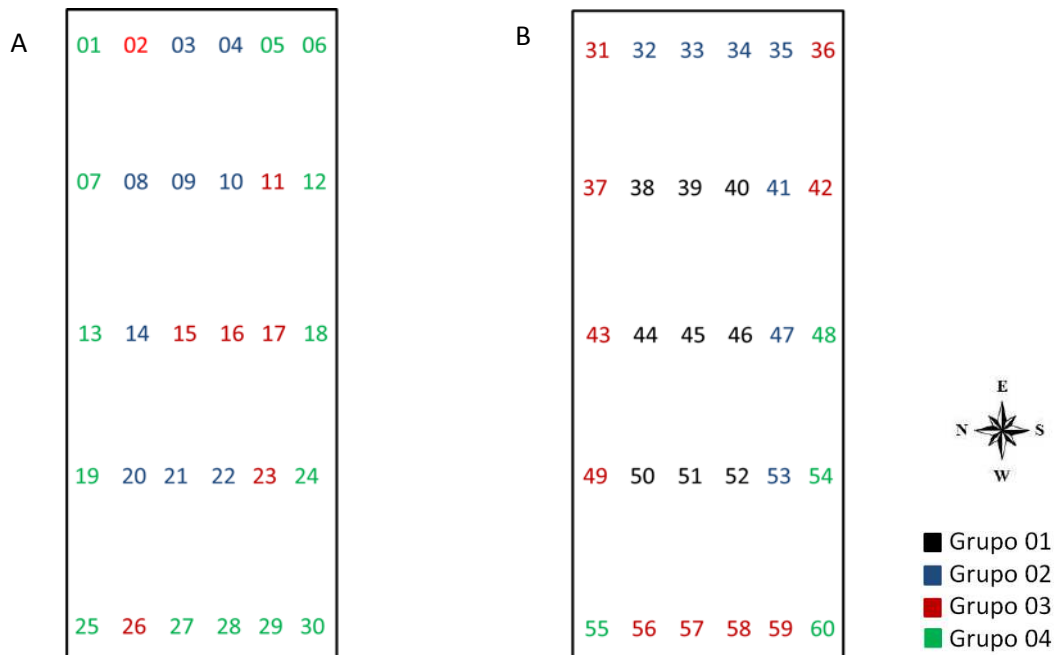
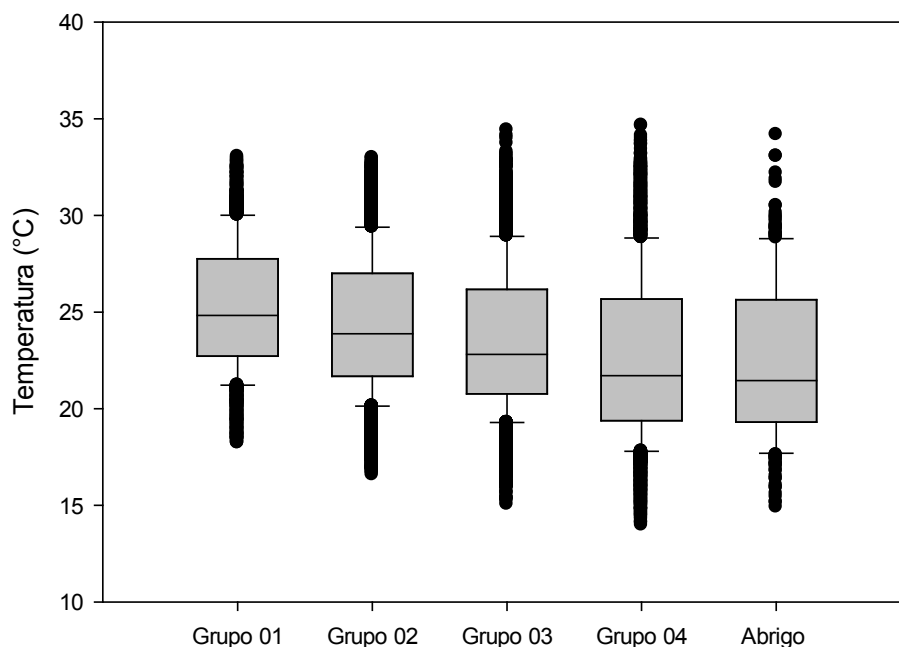


Figura 10 Indicação dos sensores de temperatura instalados no aviário de postura, em sistema vertical, ventilado naturalmente, de acordo com os grupos estabelecidos pelo teste de agrupamento de Scott-Knott. (A) Nível inferior, (B) Nível superior.

Em associação com a análise realizada entre as médias obtidas nos pontos de coletas e a média geral do galpão, pode-se observar que apenas as médias obtidas no Grupo 03, estão dentre as que se assemelham a temperatura média do galpão. Conferindo aos pontos de coletas contidos neste grupo maior confiabilidade.

Após a segmentação em quatro grupos homogêneos, apresentou-se os dados em gráfico do tipo *boxplot* com os valores de temperatura média horária dos sessenta sensores durante todo período experimental, sendo estes segmentados em grupos (Figura 11), a fim de se observar a dispersão dos valores de temperatura do ar dos diferentes grupos. Neste também se encontram os valores de temperatura média horária, do abrigo meteorológico, coletadas durante todo o período experimental.

Figura 11 –Distribuição das temperaturas médias horárias, de onze dias de coletas de dados, dos grupos de sensores segmentados no interior do aviário de postura, em sistema vertical, ventilado naturalmente, pelo teste de Scott-Knott e do Abrigo Meteorológico.



Por meio da Figura 10, é possível observar que os grupos de posições espaciais 01 e 02, apresentam valores de temperatura média mais elevados quando comparados aos demais. Considerando o intervalo de temperatura preconizado como de conforto para aves em fase de postura, de 20 a 24 °C (CHEPETE e XIN, 2001; YANAGI JUNIOR et al., 2002). Pode-se afirmar que durante o período analisado, 60,1% dos dados coletados, representam situações em que as aves alojadas nas posições espaciais contidas no grupo 01, ficaram expostas à temperaturas superiores a 24°C. Valor considerado o limite superior do intervalo de conforto. Ao passo que neste mesmo grupo apenas 4% dos valores analisados, representaram situações em que as aves estavam expostas a temperaturas inferiores a 20°C, limite inferior da faixa de conforto térmico.

Em relação ao grupo 02, 48,9 % dos dados coletados apresentaram valores superiores a 24°C e 9,2% apresentaram valores inferiores a 20°C. Já em relação ao grupo 03, dos dados analisados, 44% estavam contidos no

limite de valores considerado de conforto térmico, e 39,2 % dos dados apresentaram valores superiores a 24°C.

Já as aves alojadas nas posições espaciais correspondentes ao grupo quatro, experimentaram condições de temperatura semelhantes ao mensurado no abrigo meteorológico. Fato justificado por ser esse grupo composto por sensores localizados nas extremidades do aviário. Neste grupo apenas 34,9% dos dados mensurados se encontram na faixa de conforto térmico, sendo que 33,7% são superiores a 24°C e 31,4% abaixo de 20°C.

Deste modo fica explícito que as aves localizadas nas posições espaciais referentes ao grupo 01 estão mais expostas ao estresse térmico, em comparação aos demais grupos. Já as aves localizadas nas posições espaciais referentes ao grupo três estão em situações de menor estresse, em comparação aos demais grupos.

4. Conclusão

No presente estudo foi possível constatar que:

- A utilização de mapas de temperatura e umidade relativa do ar é uma boa ferramenta para se monitorar a temperatura nos diferentes pontos do aviário.
- O ambiente interno do aviário apresenta variação térmica entre as diferentes áreas, sendo que as variações médias máximas encontradas no período diurno foram de 2,5 °C no nível inferior e de 2,0°C no nível superior; no período noturno foram de 3,5°C no nível inferior e 3,5 °C no nível superior.
- A distribuição espacial da umidade relativa do ar no interior do aviário indica uma variação da umidade no sentido norte- sul.
- De acordo com os dados aferidos no nível inferior do aviário, a maior parte da instalação se encontra em conforto térmico durante o período diurno, com exceção da face sul, que apresenta algumas partes em estado de alerta. Já em relação ao período noturno, todos os valores verificados no

aviário se encontram na faixa de valores que caracterizam o conforto térmico.

- As posições centrais no nível inferior são indicadas para a alocação de sensores de temperatura no interior da instalação.
- As posições próximas a face leste ao sul e a face oeste ao norte não diferem da média geral pelo teste t, a nível de 5% de significância.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

APPLEBY, M. C.; HUGHES, B. O.; ELSON, H. A. Poultry production systems: behavior, management and welfare. **Wallingford: CAB International**, p. 238, 1992.

ARMSTRONG, D. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of dairy science**, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.

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

CAIRES, C. M.; CARVALHO, A. P.; CAIRES, R. M. Nutrição de frangos de corte em clima quente. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 3, p. 577-583, 2008.

Carvalho, L. S. S. Nutrição de poedeiras em clima quente. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, v.18, p.1-15, 2012.

CHEPETE, H. J.; XIN, H. Heat and Moisture Production of Poultry and Their Housing Systems—A Literature Review. 2001.

COELHO, D. J. R. **Mapeamento e análise espacial do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistemas verticais**. 2014. 53 f.Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

FRANCO, J. R. G.; SAKAMOTO, M. I. Qualidade dos ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam. **Revista Ave World**, v. 3, n. 16, p. 20-24, 2005.

FURLAN, R. L.; SILVA, A. V. F.; BORGES, S. A.; MACARI, M. Equilíbrio ácido básico. In: FUNEP/UNESP (Ed.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2 ed. Jaboticabal, 1994. p. 51-73.

GUO, Y.; LIU, C.; ZHOU, Y. Impact of heat stress on broilers and the effects of supplemental yeast chromium. **ACTA VETERINARIA ET ZOOTECHNICA SINICA**, v. 29, p. 339-344, 1998.

HSU, J.-C.; LIN, C.-Y.; CHIOU, P. W.-S. Effects of ambient temperature and methionine supplementation of a low protein diet on the performance of laying hens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 74, n. 4, p. 289-299, 1998.

INMET. **INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA : Períodos de Maiores e Menores Temperaturas e Pluviosidades Climatológicas**.

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>, Acesso em: Dezembro 2015.

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, n. 4, p. 458-465, 2002.

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

MAHMOUD, K. Z.; BECK, M. M.; SCHEIDELER, S. E.; FORMAN, M. F.; ANDERSON, K. P.; KACHMAN, S. D. Acute high environmental temperature and calcium-estrogen relationships in the hen. **Poultry Science**, v. 75, n. 12, p. 1555-1562, 1996.

MASHALY, M. M.; HENDRICKS, G. L.; KALAMA, M. A.; GEHAD, A. E.; ABBAS, A. O.; PATTERSON, P. H. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poultry Science**, v. 83, n. 6, p. 889-894, 2004.

MILLER, P. C.; SUNDE, M. L. The effects of precise constant and cyclic environments on shell quality and other lay performance factors with Leghorn pullets. **Poultry Science**, v. 54, n. 1, p. 36-46, 1975.

RABELLO, C. B. V. Produção de aves em clima quente. In: ZOOTEC, 2008, João Pessoa, PB. **Anais**. João Pessoa, PB, 2008. p. 11.

ROCHA, K. S. O.; MARTINS, J. H.; TINÔCO, I. F. F.; MELO, E. C.; LOPES, D. C.; HERMSDORFF, W. **Remote environmental monitoring and Management of data systems**. . Proceedings of the International Conference of Agricultural Engineering, XXXVII Brazilian Congress of Agricultural Engineering, International Livestock Environment Symposium-ILES VIII. INTERNATIONAL COMMISSION OF AGRICULTURAL ENGINEERING (CIGR), I. F. L. Iguassu Falls City: 1001-1008. p. 2008.

SÁ JÚNIOR, A. D. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais**. 2009. 101 f. Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras 2009.

SANTOS, C. **Novas Alternativas de Testes de Agrupamentos Avaliados por meio de Simulação Monte Carlo**. 2000. 85 f. Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

TAUSON, R. Management and housing systems for layers - effects on welfare and production. **Worlds Poultry Science Journal**, v. 61, n. 3, p. 477-490, 2005.

TEIXEIRA, V. H. Construções e ambiência: Instalações para Suínos e Aves. Lavras: UFLA/FAEPE. p. 181, 1997.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 1, p. 57-59, 1959.

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

TINÔCO, I. F. F. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista brasileira de ciência Avícola**, v. 3, p. 01-26, 2001.

TINÔCO, I. F. F.; SOUZA, C. F.; BAÊTA, F. C.; COELHO, D. J. R.; MENDES, M. A. S. A.; . **Ambiência e Instalações na Avicultura de Postura Brasileira – Avanços e Perspectivas**. Animal Business Brasil. 4: 6-9 p. 2014.

UBABEF. **Relatório anual 2015**.
<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/732e67e684103de4a2117dda9dd280a.pdf> 2015.

YANAGI JUNIOR, T.; XIN, H.; GATES, R. S. Optimization of partial surface wetting to cool caged laying hens. In: TRANSACTIONS OF THE ASAE, 2002, St. Joseph. **Anais**. St. Joseph, 2002. p.

ZULKIFLI, I.; DUNNINGTON, E. A.; GROSS, W. B.; SIEGEL, P. B. Inhibition of adrenal steroidogenesis, food restriction and acclimation to high ambient temperatures in chickens. **British Poultry Science**, v. 35, n. 3, p. 417-426, 1994.

CAPÍTULO III: ARTIGO TÉCNICO-CIENTÍFICO

Caracterização espacial do ambiente térmico em aviários de postura verticais, fechados e climatizados via ventilação por pressão negativa em modo túnel

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as condições ambientais internas de um galpão para galinhas poedeiras, constituído por cinco baterias de gaiolas verticais, ventilado por pressão negativa em modo túnel, dotado de isolamento térmico na cobertura e resfriamento evaporativo, no que se refere às variáveis térmicas: temperatura, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade (ITU). Objetivou-se também estabelecer a posição ideal de alocação dos sensores de temperatura e umidade relativa do ar no aviário, que representasse a condição média das variáveis ambientais no interior da instalação. Esta pesquisa foi realizada em granja comercial, situada no município de Pouso Alto - Minas Gerais, localizada na Serra da Mantiqueira. O galpão é constituído por cinco alas de gaiolas com seis níveis de altura cada, o que permite o alojamento de até 100 mil aves. No interior deste, foram instalados sessenta sensores de temperatura e vinte sensores de umidade relativa do ar, os quais foram distribuídos nos corredores entre as baterias de gaiolas e nas laterais de forma uniforme e equidistante ao longo do comprimento do galpão em dois níveis de altura. Um sensor de umidade relativa e um sensor de temperatura foram instalados no interior de um abrigo meteorológico, nas proximidades do galpão, a fim de monitorar as condições ambientais externas. Observou-se por meio de análises dos dados coletados que durante o período avaliado, a temperatura média máxima mensurada no interior da instalação foi igual a 26,2 °C e a temperatura média mínima igual a 22,1 °C, para uma temperatura média máxima de 28,5 °C e a média mínima de 17,9°C no ambiente externo. Em relação à umidade relativa do ar foram verificados valores máximos de

81,5 % e mínimo de 72,2 % no interior da instalação, e valores máximos de 93,6% e 57,9% no ambiente externo. Em relação ao ITU o valor máximo calculado foi de 76 na face oeste da instalação durante o período diurno. Pode-se observar também que o ambiente interno do aviário de postura vertical submetido à ventilação por pressão negativa no modo túnel, apresenta gradientes de temperaturas ao longo do comprimento, de até 8 °C. Em relação à posição ideal de alocação de sensores que represente a condição média dos fatores ambientais no interior da instalação, a posição central do nível inferior e as centrais próximas à face sul são aquelas indicadas para a melhor alocação de sensores de temperatura no interior da instalação. Ao passo que para a alocação de sensores de umidade relativa do ar, as posições centrais laterais são aquelas indicadas.

Palavras chave: Ambiência, poedeira, exaustores.

ABSTRACT

Temperature characterization in closed facilities mechanically ventilated subjected to negative pressure in tunnel mode

This study aimed to evaluate the environmental conditions inside a facility for laying hens, composed for five vertical battery cages, with mechanically ventilated subjected to negative pressure in tunnel mode, evaporative cooling and thermal insulation on the roof, in relation to variables thermal: temperature, relative humidity and temperature and humidity index (THI). Aimed to also establish the ideal position to allocate the temperature sensors and relative humidity in the sheds, which represent the average condition of the environmental variables within the facility. This research was carried out on a commercial farm, located in the Pouso Alegre city - Minas Gerais, located the Serra da Mantiqueira. The sheds were comprised of five rows of cages and six levels height each, which allows housing of up to 100 thousand birds. Within each facility were used sixty temperature sensors and twenty humidity sensors distributed in the halls between the battery cages and in the sides of facility uniformly and equidistantly along the shed length at two levels height. One humidity sensor and one temperature sensor were installed inside a weather shelter, near the facilities to monitor the external environmental conditions. It was observed that during the evaluation period, the average maximum temperature measured inside the shed was 26.2°C and the average minimum temperature was 22.1°C, and in the external environment the average temperature maximum was 28.5°C and the average minimum was 17.9°C. Regarding the relative humidity were checked maximums of 81.5% and a minimum of 72.2% within the facility, and maximum values of 93.6% and 57.9% in the external environment. Concerning the THI the maximum value was 76 on the west side of the facility during the daytime. Can also be seen that the internal environment of closed facilities mechanically ventilated subjected to negative pressure in tunnel mode, presents gradients of temperatures of 8°C along the length of the shed. The ideal position to allocate the temperature sensors representing the average condition of environmental factors within the facility are the central position on the lower level and the

central near the south face. For to allocate the relative humidity sensors, the side central positions are those indicated.

Keywords: ambience, laying hens, exhaust fans

.

1. INTRODUÇÃO

A avicultura de postura brasileira se tornou, nos últimos anos, um segmento de destaque na produção de proteína de origem animal de alto valor biológico. Isto, graças à modernização do setor, o que tornou possível a melhoria da eficiência da produção, resultando em um produto de melhor qualidade a preço mais acessível. Este fator foi determinante para se ganhar espaço no mercado interno e externo. Atualmente o Brasil figura ente os maiores produtores de ovos do mundo, ocupando a sexta posição do ranking mundial de produtores de ovos (UBABEF, 2014).

A intensificação da produção de ovos no Brasil se tornou possível principalmente devido à evolução no campo do manejo, com a introdução do sistema de criação vertical em bateria de gaiolas. Este passou a permitir o alojamento mais intensivo de aves por área de construção, mantendo a densidade de alojamento dentro dos padrões preconizados como viáveis para a maior parte dos centros consumidores, aproximadamente, 400 cm² de gaiola/ ave de postura adulta.

No sistema vertical de bateria de gaiola, os aviários possuem comprimento superior a 100 metros, largura entre 10 e 15 metros e pé direito superior a cinco metros, o sistema é constituído por fileiras de gaiolas sobrepostas, as quais podem chegar a sete níveis. A distribuição de ração e água, o manejo de dejetos e a coleta de ovos são realizadas de forma automática.

Por se tratar de um país em que quase totalidade de seu território se encontra na zona intertropical, zonas de baixas latitudes, o Brasil apresenta predominantemente climas quentes e úmidos. Entretanto a sua amplitude térmica é relativamente pequena, quando comparado a regiões temperadas, já que esta diminui, conforme se aproxima da linha do equador. Característica esta, que justifica a utilização da tipologia de instalação abertas, com o uso da ventilação natural, sem isolamento térmico nos telhados e com as laterais cobertas com cortinas, também sem isolamento térmico, em quase totalidade dos aviários de galinhas poedeiras.

A ventilação nestas instalações é controlada principalmente pela abertura e fechamento das cortinas, com base nas temperaturas internas da instalação e auxílio do lanternim. Entretanto em regiões mais quentes principalmente nos períodos mais quentes do ano, ou ainda em períodos de baixa velocidade do vento podem potencialmente permitir temperaturas excessivas no interior destas instalações. Ademais, nos sistemas atuais de produção de poedeiras, esta situação é agravada, devido às dimensões elevadas e a disposição das gaiolas, podendo, conferir elevadas variações de temperatura e umidade relativa do ar no interior da instalação, fator analisado por Coelho (2014) e comprovado no capítulo dois do presente trabalho. Ademais, as baterias de gaiolas das extremidades fornecem resistência à passagem do ar, além de promover um incremento da temperatura do ambiente, proveniente da produção de calor metabólico das aves.

As aves por serem animais homeotérmicos, requerem para o desempenho máximo de seu potencial genético, dentre outros fatores, condições ambientais de conforto térmico. Nestas condições, as aves mantêm praticamente constante a temperatura corporal, com mínimo esforço dos mecanismos termoregulatórios (BAËTA e SOUZA, 2010). De acordo com (VITORASSO e PEREIRA, 2009), o estresse causado por temperaturas elevadas, pode resultar na diminuição da ingestão de alimentos e, conseqüentemente, na redução da produção, aumento do número de ovos com má formação, além do aumento da taxa de mortalidade das aves.

Neste contexto, com vistas ao aumento da produtividade e competitividade no mercado interno e externo, os produtores passaram a dar maior atenção à ambiência das instalações. Recentemente vem sendo proposta a utilização de aviários verticais de baterias de gaiolas, ventilados por meio de pressão negativa. Como principais modificações para esta tipologia, tem-se o fechamento das laterais com cortinas, isolante térmico abaixo da cobertura, em alguns casos, e uso constante da ventilação mecânica, por meio de exaustores, associada a resfriamento adiabático evaporativo, por meio de materiais porosos ou nebulização.

A ventilação por pressão negativa em modo túnel é bem difundida na produção de frangos de corte no Brasil, sendo que os exaustores ficam localizados em uma das extremidades longitudinais do aviário, enquanto a entrada do ar de ventilação ocorre na extremidade oposta. Contudo como a maioria dos aviários brasileiros não dispõe de coberturas isolantes, este tipo de ventilação longitudinal, no modo túnel, gera um gradiente de temperatura de até 6°C ao longo do comprimento do alojamento, conforme analisado por Silva et al. (2013), o que torna necessário o maior cuidado na definição, realmente representativa, dos pontos de tomada de dados de temperatura dos galpões de maneira a obter a média real de temperatura do galpão, necessário para o correto tempo de acionamento/ desligamento do sistema de condicionamento ambiente. Neste sentido, estima-se que problemas mais complexos ocorram em alojamentos verticais de aves de postura, submetidos à ventilação por pressão negativa no modo túnel, uma vez que as aves são alojadas em diferentes níveis em relação ao solo.

Sendo assim, o monitoramento e o controle do ambiente de criação são vistos como formas de minimizar a grande variação do gradiente térmico presente nas instalações, nas quais é possível observar a ocorrência de níveis de estresse calórico espacialmente muito diferenciados.

Tendo em vista os elevados investimentos que estão sendo realizados para implementação das novas instalações, que ainda atingem um reduzido número de aviários no Brasil, e também a inexistência de trabalhos relacionados à caracterização do ambiente interno destas novas tipologia em uso no Brasil. Se tornam necessários estudos que abordem a dinâmica de temperatura e umidade relativa do ar, no interior destas instalações.

Deste modo, para melhor compreensão do ambiente térmico de um aviário de postura vertical submetido à ventilação por pressão negativa, o presente trabalho teve como objetivo o mapeamento e consequente entendimento quanto ao melhor posicionamento de sensores de temperatura e umidade relativa do ar, que represente a condição média destas variáveis no interior da instalação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização dos Galpões

A presente pesquisa foi realizada em granja comercial, situada no município de Pouso Alto - Minas Gerais, localizado na Serra da Mantiqueira, a 884 m de altitude, latitude de 22° 17' 38" S e longitude 44° 58' 22" W. O clima da região é o tropical de altitude, de acordo com a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Cwb (clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado) (SÁ JÚNIOR, 2009).

Foi avaliado aviário de postura vertical de alta densidade ventilado por pressão negativa em modo túnel. O alojamento é orientado no sentido Leste-Oeste e possui dimensões de 110 m de comprimento, 15,7 m de largura, 5,1 m de pé direito, telhado e pilares de estrutura metálica e cobertura com telhas onduladas de aço galvanizado a qual é revestida por isolante térmico de 3cm de espessura constituído por poliestireno extrudado (XPS) produzido pela Owens Corning, com 0,5 m de beiral.

As laterais do galpão são fechadas por cortinas de material plástico sem isolamento térmico e como sistema de arrefecimento, apresenta dezoito exaustores de diâmetro igual a 1,38 m, potência igual a 1,5 kW, e uma área de 122,98 m² de painéis evaporativos.

2.2. Disposição das gaiolas e Manejo das aves

O galpão possui cinco alas de gaiolas com seis andares cada, o que permite o alojamento de até 100 mil aves. As aves foram alojadas em gaiolas com dimensões de 0,73 m X 0,73 m X 0,43 m, na densidade de 14 aves/ gaiola (380 cm²/ ave). O abastecimento de comedouros e bebedouros e transporte de ovos é realizado de forma automática, assim como a retirada de dejetos por meio de esteiras mecanizadas.

2.3. Manejo do sistema de climatização do aviário

Para este experimento, buscou-se não interferir no manejo adotado pela empresa. Nesta, o galpão é manejado com as cortinas fechadas durante todo o tempo, o que implica na utilização de, no mínimo, três exaustores ligados simultaneamente de forma contínua de maneira a prover a ventilação mínima.

A utilização da ventilação mínima permite a renovação de todo o ar do aviário a cada 6 minutos, ao passo que em situações nas quais todos os dezoito exaustores são acionados, esta troca de ar é realizada a cada minuto.

Os grupos de exaustores estão programados para manter a temperatura média interna do aviário igual a 23°C, sendo que a cada 1°C de elevação de temperatura ambiente, um novo grupo de exaustores é acionado. A composição e posicionamento dos grupos de exaustores estão representados no Apêndice 01.

A umidade programada como desejada para o interior da instalação foi de 70%, sendo que o fluxo de água nos *pads* foi acionado juntamente com o terceiro grupo de exaustores.

2.4. Sistema de coleta de dados experimentais

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados durante o mês de dezembro de 2013, mês este, representativo do período mais quente do ano. De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013), o trimestre que apresenta maiores valores climatológicos da temperatura média do ar, nesta região, é constituído pelos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

A coleta de dados se deu de forma ininterrupta, 24 horas por dia, durante onze dias, em tempo real, em intervalos inferiores à 1 minuto.

Durante o período de análise, estavam alojadas aves da linhagem Dekalb White, em idade superior a 18^a semana de vida, quando estes animais já se encontram em sua fase adulta e se inicia o período de postura.

2.5. Avaliação do comportamento dos valores de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários

2.5.1. Sistema de aquisição de dados

O sistema utilizado para a coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar, emprega a tecnologia 1-Wire™, desenvolvido pela empresa Dallas Semicondutor. Este sistema, também conhecido como MicroLan™, corresponde a uma rede de transmissão de dados de baixo custo, a qual consiste de um dispositivo mestre, que inicia e controla a transferência de dados e de dispositivos escravos da série 1-Wire™, adaptadores e sensores endereçados os quais serão controlados pelo mestre.

O software STRADA, desenvolvido por Rocha et al. (2008), foi utilizado para a transmissão e aquisição dos dados aferidos pelos sensores. Para a obtenção dos dados da temperatura foram utilizados sensores do tipo DS24381 e DS18B20, ambos apresentam exatidão de $\pm 0,5$ °C. Para a umidade relativa do ar foi utilizado o sensor HIH4000 da Honeywell, com exatidão de $\pm 2\%$.

2.5.2. Mapeamento da distribuição de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários

No interior do aviário estudado, foram utilizados sessenta sensores de temperatura e vinte sensores de umidade relativa do ar, os quais foram distribuídos nos corredores entre as baterias de gaiolas e nas laterais de forma uniforme e equidistante ao longo do comprimento do galpão em dois níveis de altura, segundo e quarto níveis de gaiolas, conforme representado na Figura 1. Os sensores registraram dados em intervalos de um minuto. Um sensor de umidade relativa e um sensor de temperatura foram instalados no interior de um abrigo meteorológico, o qual foi alocado nas proximidades dos galpões, a fim de monitorar as condições ambientais externas.

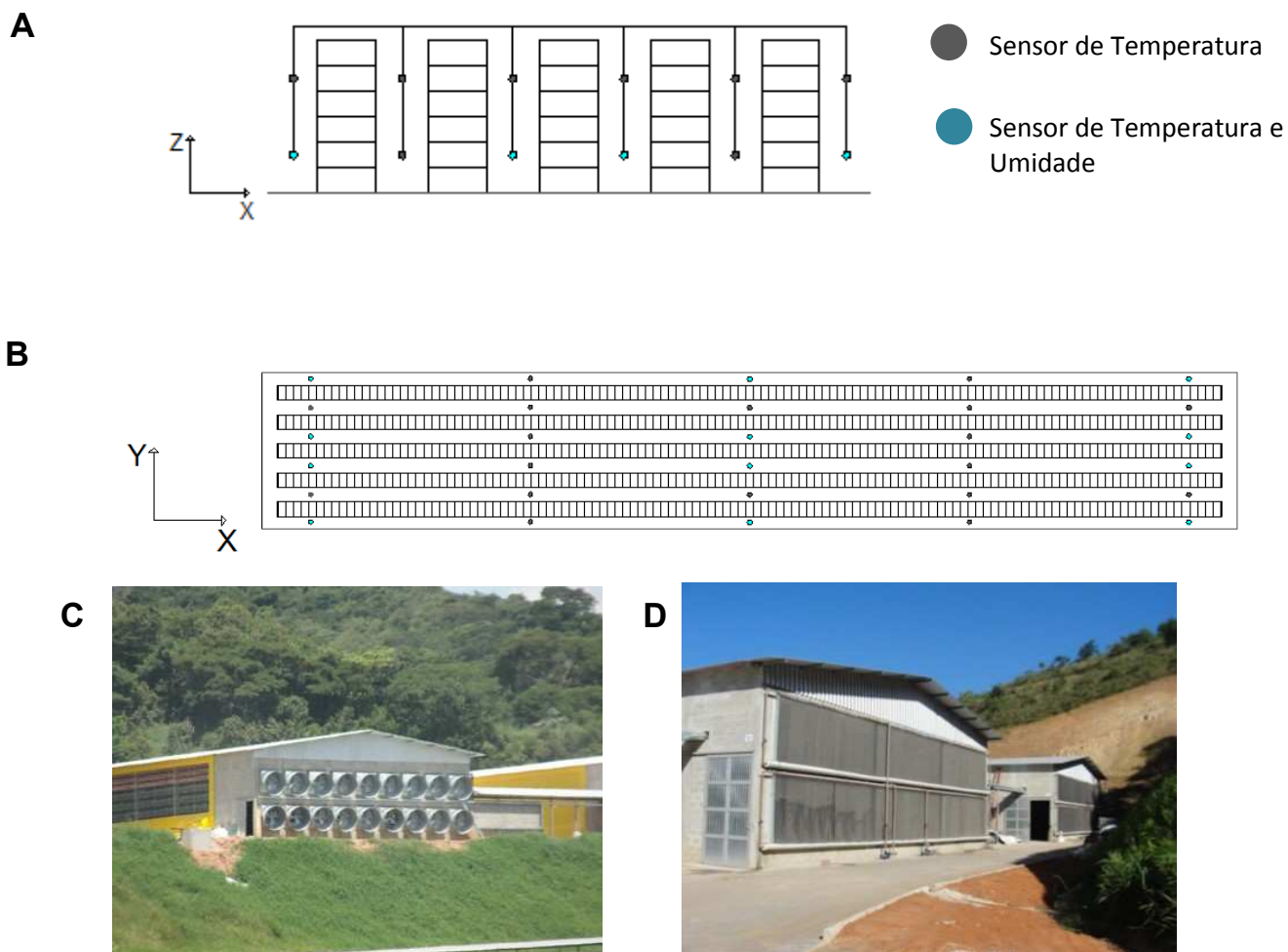


Figura 1. (A) Disposição dos sensores no aviário- Eixo X-Z e, (B) Disposição dos sensores no aviário- Eixo X-Y, (C) Exaustores, (D) Painel de resfriamento evaporativo

Como forma de auxiliar na caracterização do ambiente no interior das instalações, foram mensurados os Índices de temperatura e Umidade (ITU), dos diversos pontos avaliados no interior do aviário. O ITU, proposto por Thom (1959), baseia-se na temperatura de bulbo seco e na umidade relativa do ar, avaliada a partir da temperatura do ponto de orvalho. Este é determinado por meio da Equação 01.

$$TU=0,8 \times Tbs+(UR \times (Tbs-14,3))/100 +46,5$$

Em que:

ITU = índice de temperatura e umidade, adimensional;

Tbs = temperatura de bulbo seco, °C;

UR = umidade relativa, %.

Os mapas descritores da temperatura ambiente e umidade relativa do ar da instalação foram gerados por meio do software estatístico Sigma Plot 12.0.

À partir dos mapas e tabelas desenvolvidos foram estudadas as variações de temperatura e umidade relativa do ar em diferentes posições no interior do aviário. As médias de temperaturas obtidas nos onze dias de coletas foram separadas em dois grupos: temperatura noturna, considerando-se o intervalo das 18 h as 05:59 h e diurna das 06:00 h as 17:59 h.

Foram determinados, também, os pontos geográficos no interior do alojamento que representam as condições médias reais da temperatura do aviário, de forma a balizar a escolha quanto à correta posição para a instalação dos sensores para controle do sistema de arrefecimento interno dos alojamentos. Para tal, numerou-se os sensores de acordo com a Figura 2.

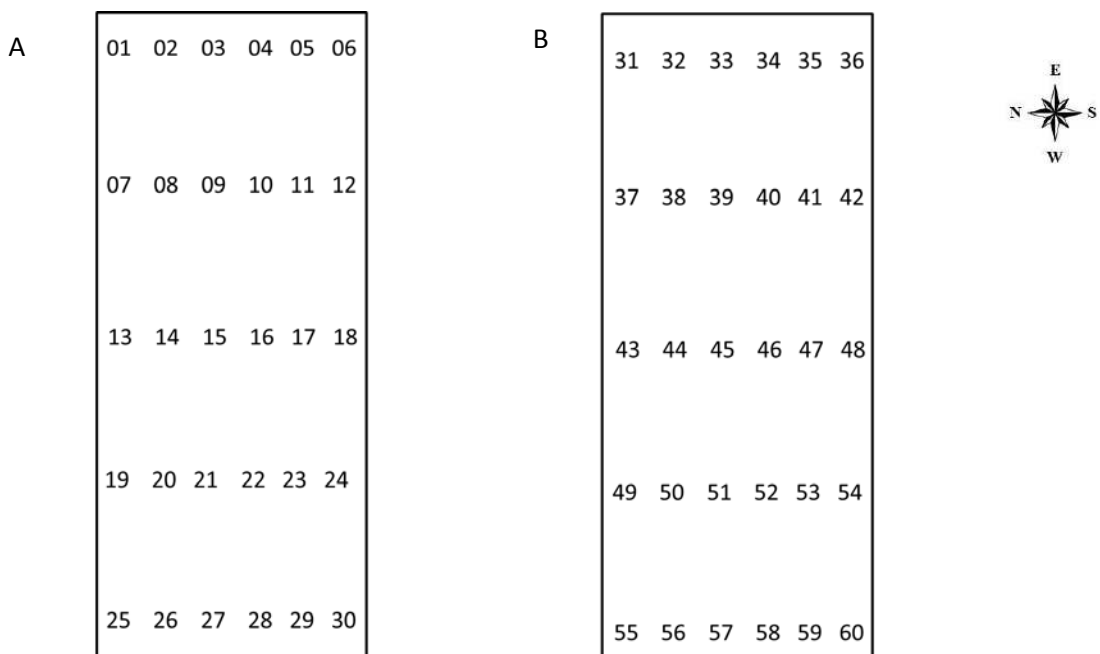


Figura 2. (A) Numeração dos sensores no interior do aviário submetido a ventilação por pressão negativa em modo túnel – Nível inferior (B) Numeração dos sensores no interior do aviário – Nível superior.

2.6. Análise estatística dos dados

Os valores médios de temperatura obtidos nos onze dias de coletas de dados foram submetidos à análise de variância e as médias diárias de cada sensor foram comparadas a média geral de todos os sessenta sensores por meio do teste t. Esta análise foi realizada a fim de estabelecer os possíveis posicionamentos dos sensores, que representam a média geral do aviário.

Para a segmentação do posicionamento dos sensores em grupos, de acordo com a variação da temperatura, foi aplicado o teste de agrupamento de Scott-Knott. Este método de comparação múltipla baseado em análise de agrupamento univariada, separa as médias estudadas em diferentes grupos homogêneos (SANTOS, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Temperatura média interna do aviário

Nas Figuras 3 e 4, é possível observar o valor médio e o desvio padrão da temperatura interna diária e umidade relativa do ar do aviário analisado, ao longo do dia. Estes valores foram obtidos à partir das médias destas variáveis mensuradas em todos os pontos de tomadas de dados distribuídos internamente no aviário. Os dados correspondem às médias horárias dos onze dias de análise. Observa-se, também, os valores de temperatura e umidade relativa do ar coletados no exterior do aviário (abrigo meteorológico) durante o mesmo período.

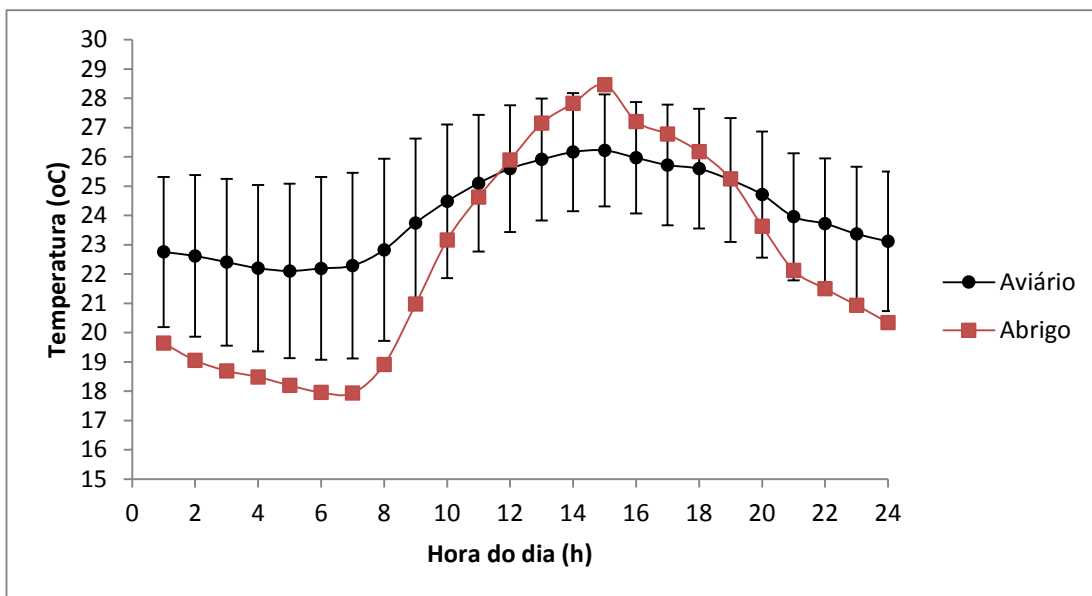


Figura 3 – Variação da temperatura média de bulbo seco, interna e externa (abrigo meteorológico) de aviário submetido à ventilação por pressão negativa em modo túnel, ao longo dos 11 dias de coletas de dados.

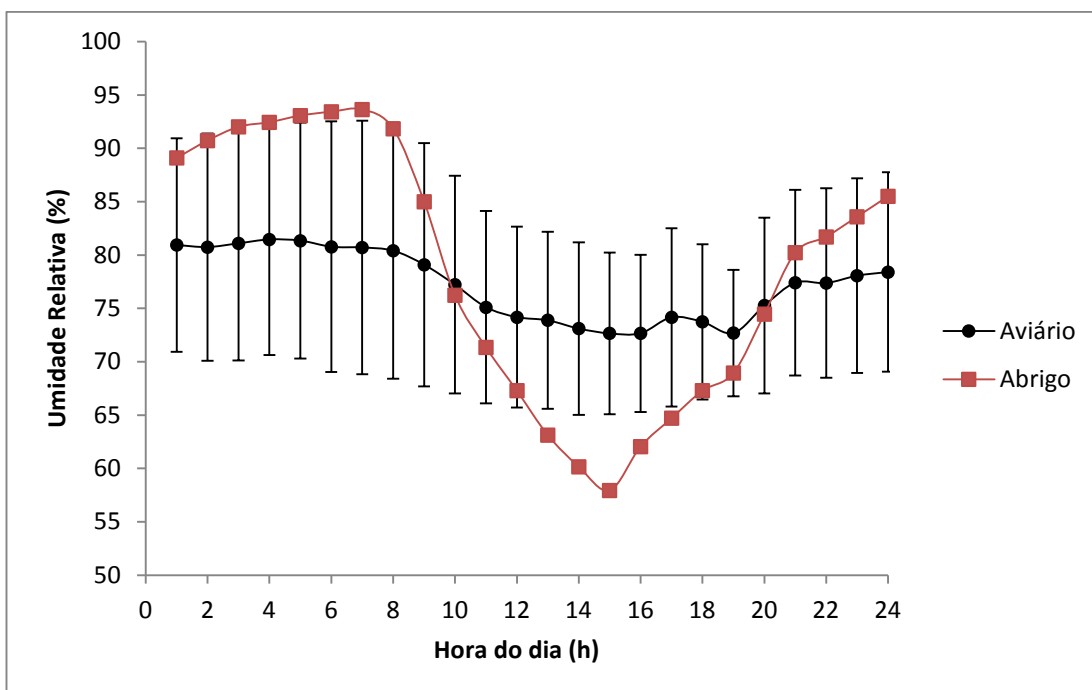


Figura 4 – Variação da umidade relativa do ar, interna e externa (abrigo meteorológico) de aviário submetido a ventilação por pressão negativa em modo túnel, ao longo dos 11 dias de coletas de dados.

Pode-se observar uma redução da amplitude térmica no interior do aviário, quando comparada ao ambiente externo. Durante a maior parte do

tempo analisado, a temperatura interna do aviário ficou entre os limites preconizados pela literatura como sendo de conforto para aves adultas (20 a 24 °C) (CHEPETE e XIN, 2001; YANAGI JUNIOR et al., 2002). Corroboram com esses dados, valores divulgados por Borges (2003) e Ferreira (2005), os quais relatam temperaturas em torno de 23°C, como ideais para aves em fase de produção. Segundo o Guia de Manejo Hy Line W-36 (2015), a temperatura ambiente deve variar de 21 a 23 °C.

A temperatura média máxima coletada durante o período experimental no interior do aviário foi de 26,2 °C e a mínima igual 22,1 °C. Ao passo que no ambiente externo a temperatura média máxima aferida no mesmo período foi de 28,46 °C e mínima de 17. °C. O que reafirma a boa capacidade de amortecimento do galpão.

Pode-se observar na Figura 4, uma baixa variação na umidade relativa do ar do ambiente interno do aviário ao longo do tempo, quando comparado aos valores mensurados no ambiente externo, tal fato pode ser explicado pelo uso frequente do painel de resfriamento evaporativo. Em relação à umidade relativa do ar no interior do aviário, verificou-se valores médios máximos de 81,5 % e mínimo de 72,2 % no interior da instalação, já no ambiente externo os valores médios máximos encontrados foram de 93,6 % e mínimo de 57,9 % no ambiente externo. Os valores médios aferidos no interior do aviário estão próximos do intervalo de valor (40 a 80%) assumidos por Ferreira (2005) como ideal para aves adultas.

Em estudo realizado por Oliveira et al. (2014), em que foi avaliada a qualidade de ovos de poedeiras criadas sob temperaturas de 20, 26 e 32 °C e umidade relativa do ar de 60%, foi constatado, que as aves submetidas a temperaturas de 20 a 26 °C apresentaram melhorias na qualidade dos ovos.

3.2. Distribuição horizontal da temperatura no interior do aviário

Está ilustrado na Figura 4 o mapa de distribuição da temperatura do ar no interior do galpão em que: (A) temperatura média diurna - nível inferior, (B) temperatura média noturna - nível inferior, (C) temperatura média Diurna - nível superior, (D) temperatura média diurna - nível inferior. Para a confecção dos mapas, foi determinado como temperatura noturna o intervalo das 18h

às 05:59 h e diurna das 06:00h às 17:59h.

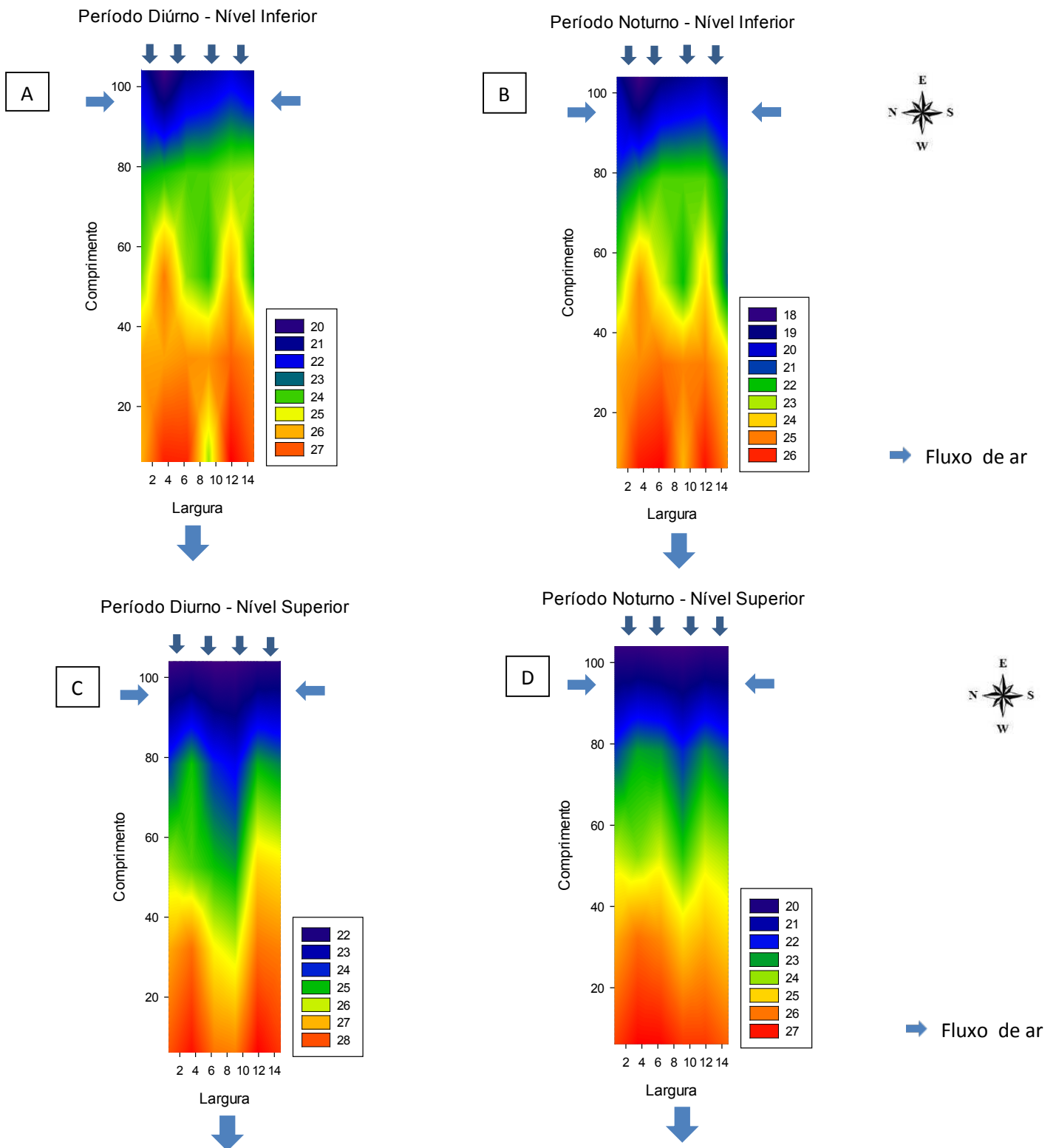


Figura 4 - Mapa de distribuição da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), do aviário de postura, em sistema vertical, climatizado via ventilação por pressão negativa, em que: (A) temperatura média diurna - nível inferior, (B) temperatura média noturna - nível inferior, (C) temperatura média Diurna - nível superior, (D) temperatura média noturna - nível superior.

De acordo com a Figura 4 é possível verificar que embora a temperatura média do aviário apresente baixa amplitude térmica ao longo do dia, sua temperatura interna apresenta grande variação ao longo de seu comprimento, podendo apresentar gradientes térmicos de até 8°C.

O maior gradiente de temperatura foi observado no nível inferior, durante o período noturno. Já em relação ao período diurno, a maior variação encontrada foi de 7 °C, também no nível inferior.

O gradiente térmico longitudinal ilustrado na Figura 4 é característico de instalações longas ventiladas por pressão negativa em modo túnel. A presença do painel de resfriamento evaporativo, na face leste favorece a redução da temperatura nesta região, entretanto o calor metabólico produzido pelas 100 mil aves contidas na instalação é conduzido pelo fluxo de ar produzido pelos exaustores, o que justifica o aumento gradativo da temperatura ao longo da instalação.

É possível observar também, que nas regiões próximas ao painel de resfriamento evaporativo as aves durante o período noturno são expostas a temperaturas inferiores aos limites preconizados na literatura, como de conforto térmico para as aves. Ao passo que a região próxima dos exaustores apresentou temperaturas acima deste limite considerado de conforto térmico. O estresse por calor pode acarretar na redução da produção de ovos, peso e espessura da casca de ovos conforme relatado por Mack et al. (2013). Este fato torna o lote desuniforme, o que dificulta o manejo do aviário.

Ainda de acordo com a Figura 4 é possível inferir que a temperatura média em ambos os turnos é maior no nível superior. O que se confirma pelo teste de Mann-Whitney em nível de 5%, para as médias do nível inferior (23,7°C) e nível superior (24,4°C).

Em relação aos níveis utilizados, é possível observar que a temperatura obtida no nível superior é maior que a obtida no nível inferior, embora a instalação seja equipada com isolante térmico em toda a sua área de cobertura. Este fato pode ser justificado, pela propriedade física da massa de ar se expandir e se direcionar para as regiões mais elevadas da instalação. Outro fator que deve ser levado em consideração é a estrutura física do aviário, a qual apresenta um grande espaço entre a parte superior das gaiolas

e o telhado, o que facilita a passagem de ar acima da gaiola e não entre as baterias de gaiolas, de acordo com Runge (1999) uma forma de se reduzir problema semelhante, é por meio da instalação de barreiras para o vento, nesta região.

Os mapas referentes aos perfis transversais e longitudinais encontram-se no Apêndice 03.

3.3. Distribuição Horizontal da umidade relativa do ar no interior do aviário

Está ilustrado na Figura 5 o mapa de distribuição da umidade relativa do ar no interior do aviário em que: (A) umidade relativa média diurna, (B) umidade relativa média noturna - plano inferior. Para a confecção dos mapas, foi determinado como umidade relativa média noturna o intervalo das 18:00 h às 05:59 h e diurna das 06:00 h as 17:59 h.

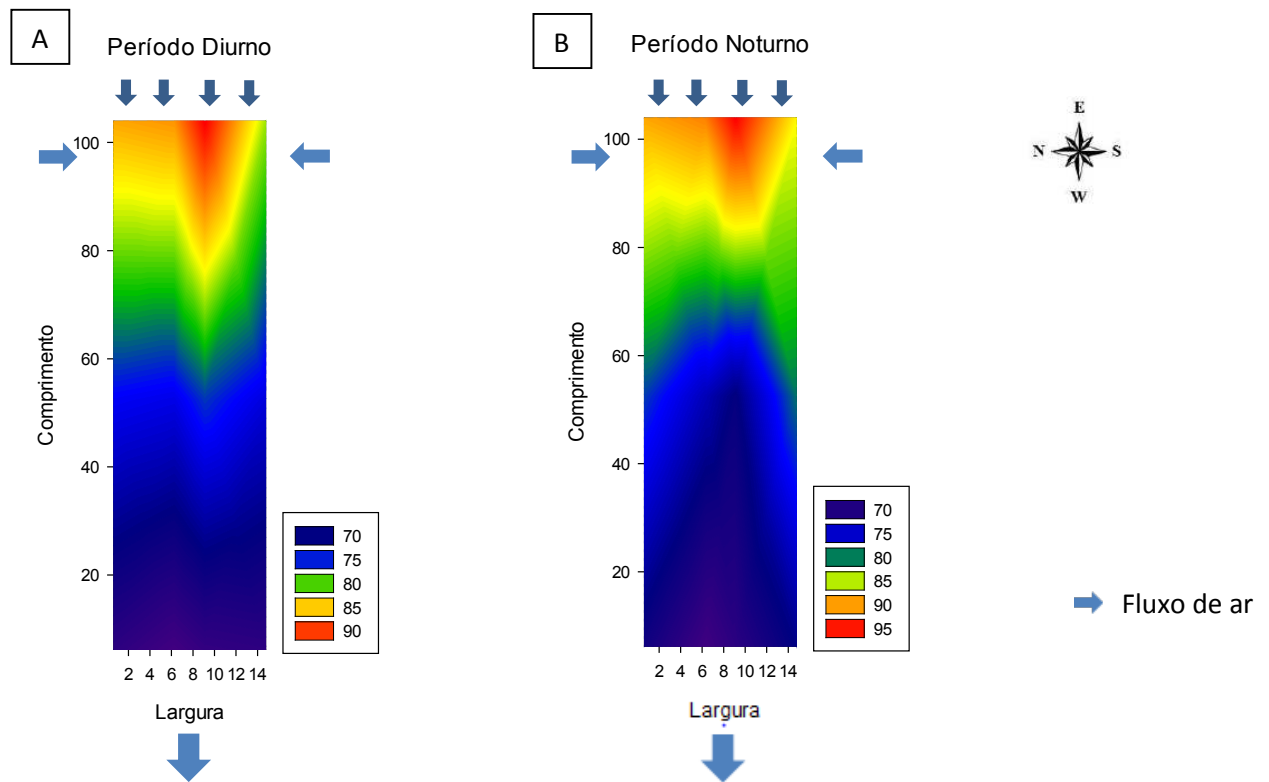


Figura 5- Mapa de distribuição da Umidade relativa do ar (%), do aviário de postura, em sistema vertical, climatizado via ventilação por pressão negativa, em que: (A) Umidade relativa do ar média diurna, (B) Umidade relativa do ar média noturna.

Na Figura 5 é possível se observar valores mais elevados de umidade relativa do ar na face leste, fator justificado pela proximidade com o painel de resfriamento evaporativo. A diminuição da umidade relativa do ar ocorre gradativamente ao longo do comprimento da instalação, acompanhada pelo aumento gradativo da temperatura.

De acordo com Baião (1995), para que a perda de calor para o ambiente via evaporativa, seja funcional, o teor de umidade relativa do ar não deve ultrapassar 80%. Esta premissa, justifica a importância de um correto manejo do sistema de resfriamento evaporativo.

3.4. Distribuição Horizontal do índice de temperatura e umidade (ITU) no interior do aviário

Está ilustrado na Figura 6 o mapa de distribuição do índice de temperatura e umidade (ITU) no interior do aviário em que: (A) ITU médio diurno- plano inferior, (B) ITU médio noturno - plano inferior. Para a confecção dos mapas, foi determinado como ITU noturno o intervalo das 18:00 h às 05:59 h e diurno das 06:00 h às 17:59 h.

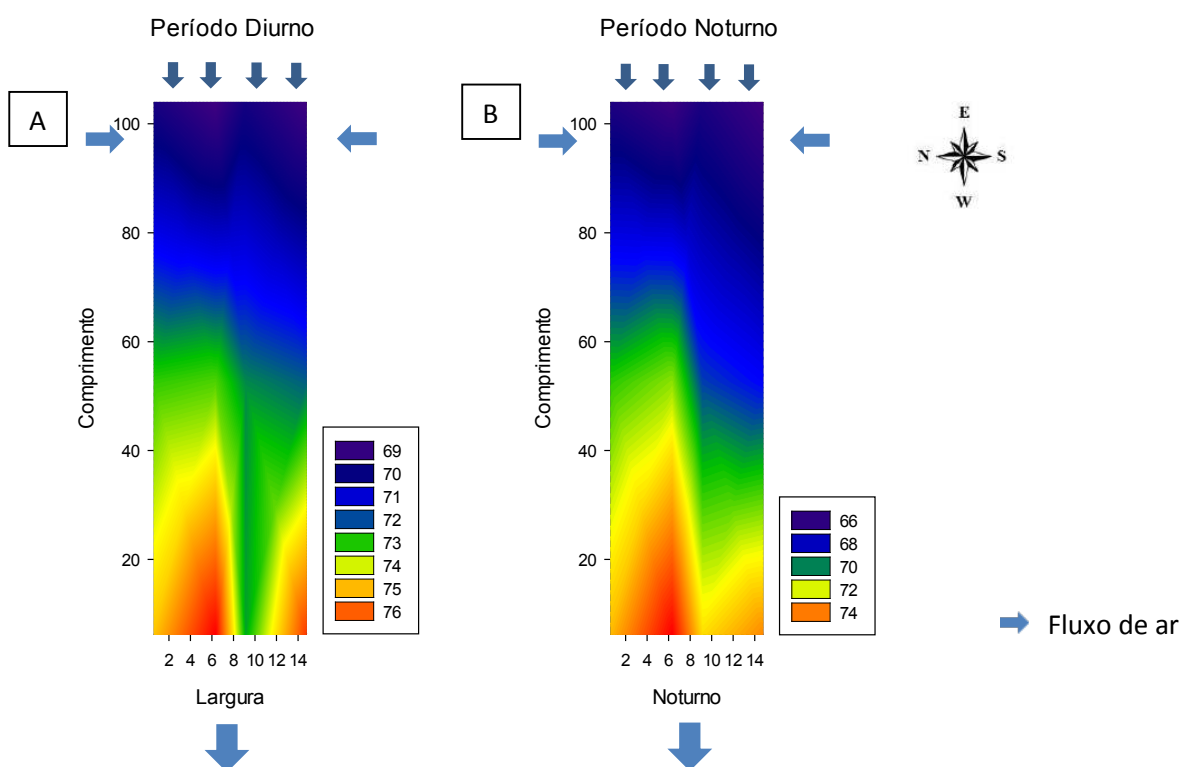


Figura 6 - Mapa de distribuição do Índice de temperatura e umidade (ITU), do aviário de postura, em sistema vertical, climatizado via ventilação por pressão negativa, em que: (A) ITU média diurna, (B) ITU média noturna.

De acordo com Thom (1959), os valores de ITU inferiores a 74 representam ambientes confortáveis, sendo os valores entre 74 a 79 indicam estado de alerta, de 79 a 84 faixa de perigo e valores superiores a 84 condição de emergência. Desta forma pode-se observar na Figura 6, que durante o período diurno apenas as regiões próximas à face oeste, apresentaram valores de ITU acima de 74, caracterizando estado de alerta, o que pode ser explicado em partes pela elevada temperatura nesta região, que se encontra próxima aos exaustores.

Em relação ao período noturno, todos os valores verificados no aviário se encontram na faixa de valores que caracterizam o conforto térmico. Com valor máximo de ITU igual a 74.

De acordo com Armstrong (1994), o valor de índice de temperatura e umidade considerado de conforto para aves é de até 78. Sob esta perspectiva, todos os valores verificados estão abaixo e portanto, caracterizam condição de conforto térmico.

3.5. Determinação da posição espacial representativa das condições térmicas do aviário

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios de temperatura de cada sensor, aferidos durante os onze dias de coletas de dados, comparados por meio do teste t, a temperatura média de toda a instalação, a qual é igual a 24,1 °C.

Tabela 1. Valores médios da temperatura medida em cada ponto de coleta durante os onze dias de coleta de dados, comparados à média geral da temperatura do aviário, por meio do teste t.

Posição	Temperatura	Posição	Temperatura	Posição	Temperatura	Posição	Temperatura
1	18,5*	16	22,8*	31	20,4*	46	24,1
2	20,4*	17	24,9*	32	20,5*	47	24,0
3	19,9*	18	22,5*	33	20,3*	48	25,3*
4	20,2*	19	25,3*	34	20,3*	49	26,2*
5	20,6*	20	25,5*	35	20,6*	50	26,9*
6	20,0*	21	25,7*	36	20,6*	51	26,0*
7	22,3*	22	25,6*	37	23,3*	52	25,5*
8	22,8*	23	25,9*	38	24,0	53	26,5*
9	23,2*	24	25,2*	39	23,4*	54	26,2*
10	23,3*	25	25,2*	40	22,9*	55	27,2*
11	23,4*	26	26,9*	41	23,9	56	27,8*
12	23,0*	27	27,0*	42	23,6*	57	27,4*
13	23,4*	28	24,9*	43	25,0*	58	27,0*
14	25,6*	29	27,1*	44	24,6*	59	27,6*
15	23,8	30	25,9*	45	24,7*	60	27,2*

As médias seguidas de * diferem da média geral pelo teste t, a nível de 5% de significância.

Na Figura 6, criada com base na Tabela 01, estão representados em vermelho os pontos de coletas em que a temperatura aferida diferiu da média geral do aviário.

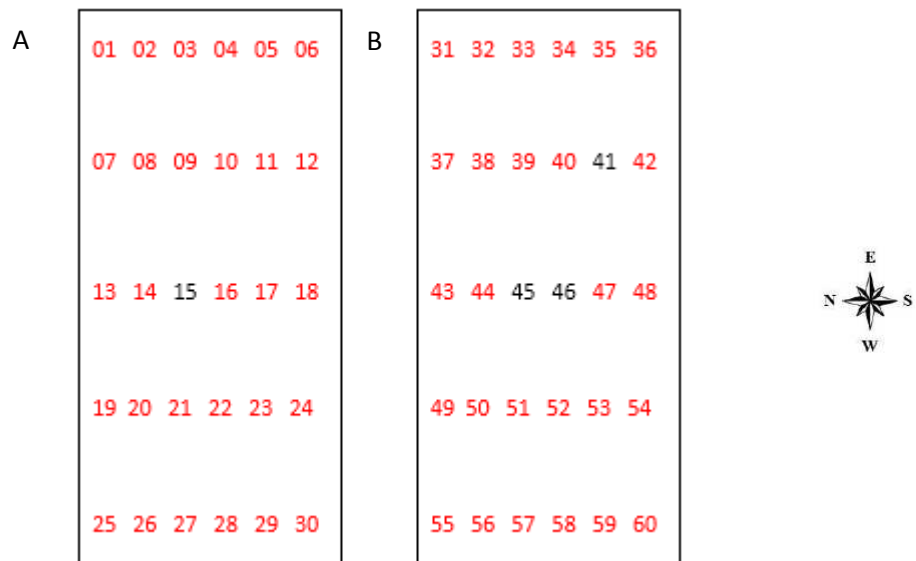


Figura 6. Indicação da comparação entre as médias dos sensores e a média geral do aviário do aviário de postura, em sistema vertical, climatizado via ventilação por pressão negativa, (A) Nível inferior (B) Nível superior. Em vermelho os pontos de coletas em que a temperatura aferida diferiu da média geral do aviário

Por meio da Figura 6 é possível constatar que dentre as sessenta medias comparadas com a média geral do galpão apenas quatro apresentaram semelhança estatística com a média geral do aviário. O que restringe os locais de possível alocação dos sensores para controle do sistema de arrefecimento do aviário. No nível inferior tem-se apenas o sensor 15, alocado no ponto central da instalação e no nível superior apenas os sensores 41,46 e 47, pontos da porção central da instalação.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios de umidade relativa do ar de cada sensor, aferidos durante os onze dias de coletas de dados, comparados por meio do teste t, a umidade relativa do ar média de toda a instalação, a qual é igual a 77,1 %.

Tabela 2. Valores médios da umidade relativa do ar medida em cada ponto de coleta durante os onze de dias de coleta de dados, comparados à média geral da temperatura do aviário submetido à ventilação por pressão negativa em modo túnel, por meio do teste t.

Posição	Umidade
1	87,81*
3	88,79*
4	93,81*
6	83,88*
13	76,06
15	72,80
16	73,58*
18	76,24
25	68,87*
27	66,39*
28	67,65*
30	69,43*

As médias seguidas de * diferem da média geral pelo teste t, a nível de 5% de significância.

Na Figura 9, com base na Tabela 2, estão representados em vermelho os pontos de coletas em que a umidade relativa do ar aferida diferiu da média geral do aviário, de acordo com análise realizada pelo teste t ao nível de 5% de significância.

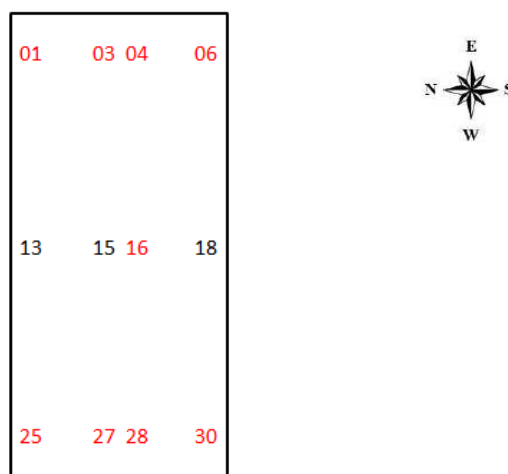


Figura 9. Indicação da comparação entre os valores médios de umidade relativa do ar médias dos sensores e a média geral do aviário. Em vermelho os pontos de coletas em que a temperatura aferida diferiu da média geral do aviário

Pode-se observar na Figura 9, que apenas os sensores 13, 15 e 18, alocados na região central do aviário, podem representar a condição média de umidade relativa do ar no interior da instalação.

3.6. Agrupamento

Está apresentado na Figura 07, o resultado do teste de agrupamento de Scott-Knott, o qual segmentou as médias de temperatura analisadas em diferentes grupos homogêneos. Pode-se observar que as médias de temperaturas, obtidas pelos sessenta pontos de coletas distribuídos ao longo do galpão deram origem a dez grupos homogêneos. Estes grupos de temperaturas distribuídos em seu perfil longitudinal reafirmam a heterogeneidade das zonas internas do aviário.

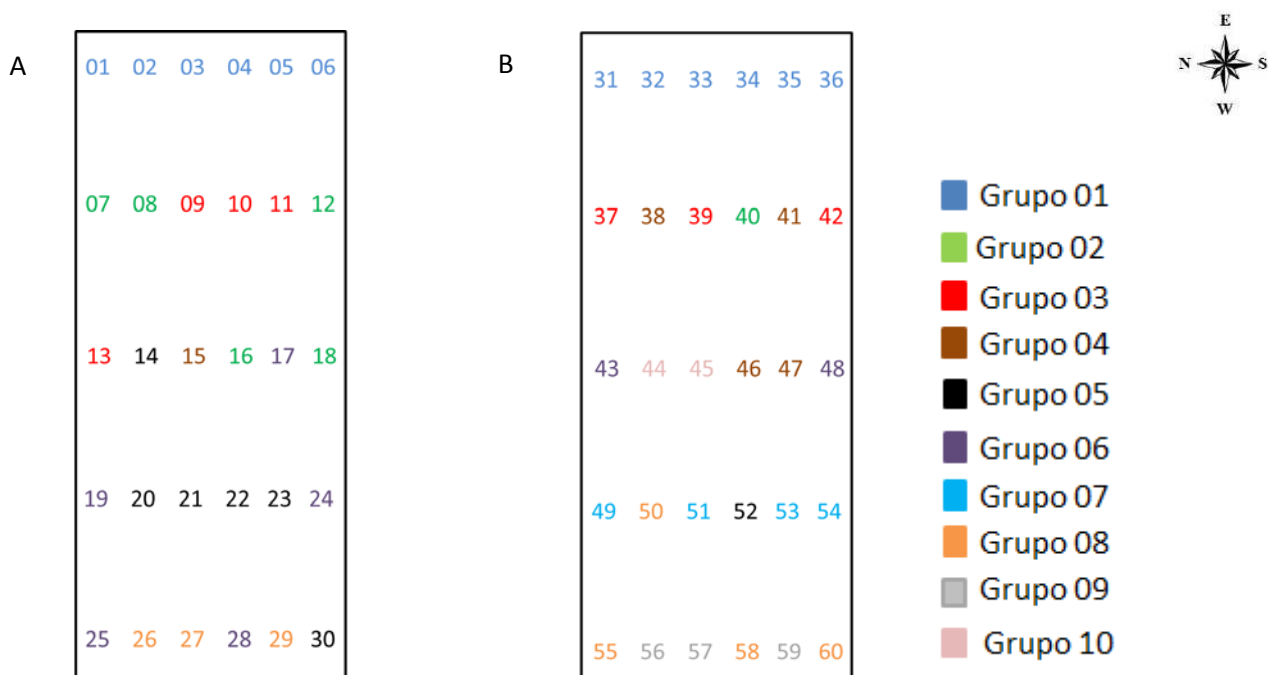


Figura 7. Indicação dos sensores instalados no aviário de acordo com os grupos estabelecidos pelo teste de agrupamento de scott-knott. (A) Nível inferior, (B) Nível superior.

Associando-se a análise realizada entre as médias obtidas nos pontos de coletas e a média geral do galpão, pode-se observar que o grupo 04 é constituído pelos pontos tidos como referência para a temperatura geral da instalação, com exceção do sensor 38.

4. CONCLUSÕES

Com base no presente estudo e pelos resultados encontrados, foi possível constatar que:

- A utilização de mapas de temperatura do ar e umidade relativa do ar é uma ferramenta adequada para se monitorar a temperatura interior do aviário;
- O ambiente interno do aviário de postura vertical submetido à ventilação por pressão negativa no modo túnel, apresenta gradientes de temperaturas ao longo do galpão de até 8 °C;
- A posição central do nível inferior e as centrais próximas à face sul são aquelas indicadas para a melhor alocação de sensores de temperatura no interior da instalação.
- As posições centrais laterais são aquelas indicadas para melhor alocação de sensores de umidade relativa do ar no interior da instalação.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARMSTRONG, D. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of dairy science**, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Editora UFV, 2010. 269 p.

BAIÃO, N. C. Efeitos da alta densidade populacional sobre o ambiente das instalações avícolas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÕES NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, Campinas, São Paulo. **Anais**. Campinas, São Paulo: FACTA, 1995. p. 67-75.

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

CHEPETE, H. J.; XIN, H. Heat and Moisture Production of Poultry and Their Housing Systems—A Literature Review. 2001.

COELHO, D. J. R. **Mapeamento e análise espacial do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistemas verticais**. 2014. 53 f. (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Aprenda Fácil, 2005.

HY-LINE. **W-36 POEDEIRAS COMERCIAIS**. http://www.hylinedobrasil.com.br/hyline/download/guia_w36_2015.pdf. 2015

INMET. **INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA : Períodos de Maiores e Menores Temperaturas e Pluviosidades Climatológicas**. <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>, Acesso em: Dezembro 2015.

MACK, L. A.; FELVER-GANT, J. N.; DENNIS, R. L.; CHENG, H. W. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. **Poultry Science**, v. 92, n. 2, p. 285-294, 2013.

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

ROCHA, K. S. O.; MARTINS, J. H.; TINÔCO, I. F. F.; MELO, E. C.; LOPES, D. C.; HERMSDORFF, W. **Remote environmental monitoring and Management of data systems.** . Proceedings of the International Conference of Agricultural Engineering, XXXVII Brazilian Congress of Agricultural Engineering, International Livestock Environment Symposium-ILES VIII. INTERNATIONAL COMMISSION OF AGRICULTURAL ENGINEERING (CIGR), I. F. L. Iguassu Falls City: 1001-1008. p. 2008.

RUNGE, G. A. **Evaluation of performance of tunnel ventilated layer housing.** Rural Industries Research and Development Corporation. Australia. 1999

SÁ JÚNIOR, A. D. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais.** 2009. 101 f. Mestrado em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Lavras 2009.

SANTOS, C. **Novas Alternativas de Testes de Agrupamentos Avaliados por meio de Simulação Monte Carlo.** 2000. 85 f. Mestrado - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

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. . **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador,**, v. 14, n. 1, p. 132-141, 2013.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 1, p. 57-59, 1959.

UBABEF. **Relatório anual 2014.**
<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/732e67e684103de4a2117dda9dd280a.pdf> 2014.

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

YANAGI JUNIOR, T.; XIN, H.; GATES, R. S. Optimization of partial surface wetting to cool caged laying hens. In: TRANSACTIONS OF THE ASAE, 2002, St. Joseph. **Anais.** St. Joseph, 2002. p.

CAPÍTULO IV: ARTIGO TÉCNICO-CIENTÍFICO

Avaliação comparativa do ambiente térmico do aviário de postura vertical submetido a ventilação natural e aviário de postura vertical submetido a ventilação por pressão negativa no modo túnel

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as diferenças entre os ambientes térmicos dos aviários, ventilados naturalmente sem o uso de isolantes térmicos no telhado e o aviário ventilado por pressão negativa em modo túnel, equipado com isolante térmico no telhado e sistema de painel de resfriamento evaporativo, ambos representativos da avicultura industrial de postura do Brasil em alta densidade. Objetivou-se também, analisar a variação das temperaturas aferidas entre as baterias de gaiolas e o interior das mesmas, uma vez que em ambas tipologias a temperatura média do aviário é verificada por sensores instalados entre as baterias de gaiolas. Esta pesquisa foi realizada em granja comercial, situada no município de Pouso Alto - Minas Gerais, localizado na Serra da Mantiqueira. Os galpões eram constituídos por cinco alas de gaiolas com seis níveis de altura cada, o que permite o alojamento de até 100 mil aves. No interior de cada aviário estudado, foram utilizados sessenta sensores de temperatura e vinte sensores de umidade relativa do ar, os quais foram distribuídos nos corredores entre as baterias de gaiolas e nas laterais de forma uniforme e equidistante ao longo do comprimento do galpão em dois níveis de altura. Um sensor de umidade relativa e um sensor de temperatura foram instalados no interior de um abrigo meteorológico, o qual foi alocado nas proximidades dos galpões, a fim de monitorar as condições ambientais externas. Foram realizadas também as medições da temperatura por meio de sensores de temperatura - dataloggers com resolução de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e de $\pm 2\%$ instalados no interior de três gaiolas ao longo de cada galpão. Observou-se por meio de análises dos dados obtidos que o aviário submetido à ventilação por pressão

negativa apresenta menor amplitude térmica em seu interior, quando comparado ao aviário submetido à ventilação natural. Pode-se observar também uma melhor condição de conforto térmico para as aves no aviário submetido à ventilação por pressão negativa. Em relação a aferição da temperatura no interior das gaiolas, pode-se observar que, com exceção das gaiolas posicionadas próximas as faces leste e oeste do aviário ventilado naturalmente, as demais gaiolas apresentaram valores de temperatura com diferença significativa, de aproximadamente 2°C, em relação à temperatura aferida no corredor do aviário, no ponto próximo as gaiolas monitoradas. Já aos valores de umidade relativa do ar aferidos no interior das gaiolas, apresentaram diferença significativa quando comparados aos valores coletados nos corredores do aviário.

Palavras chave: Ambiência, Poedeiras, Bateria de gaiolas.

ABSTRACT

Comparison of the thermal environment of the open facilities with natural ventilation and closed facilities mechanically ventilated subjected to negative pressure in tunnel mode

This study aimed to evaluate the differences between thermal environments of laying hens houses, open facilities with natural ventilation without thermal insulation in the roof and closed facilities mechanically ventilated subjected to negative pressure in tunnel mode, evaporative cooling and thermal insulation on the roof, both representative of the egg production industry of Brazil's of high density. The aim is also to analyze the variation in measured temperatures between batteries of cages and the interior of the same, since in both types of avian sensors placed between the battery cages monitor the average temperature. This research was carried out on a commercial farm, located in the Pouso Alegre city - Minas Gerais, located the Serra da Mantiqueira. The sheds were comprised of five rows of cages and six levels height each, which allows housing of up to 100 thousand birds. Within each facility were used sixty temperature sensors and twenty humidity sensors distributed in the halls between the battery cages and in the sides of facility uniformly and equidistantly along the shed length at two levels height. One humidity sensor and one temperature sensor were installed inside a weather shelter, near the facilities to monitor the external environmental conditions. Were also carried out measurements of temperature by means dataloggers with resolution of $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and $\pm 2\%$ installed inside three cages along each shed. It was observed that the facility with mechanically ventilated subjected to negative pressure in tunnel mode presented lower thermal amplitude in its inside when compared to open facilities with natural ventilation. Can also observe a better thermal comfort condition for the birds in the closed facilities mechanically ventilated subjected to negative pressure in tunnel mode. Regarding the temperature measuring inside the cages can be seen that, except the cages nearby the east and west faces of the open facility facilities with natural ventilation, the other cages

exhibited temperature values with a significant difference of about 2 ° C, in relation to the temperature measured in the hallway, at the point near the cages monitored. The relative humidity within the cages, presented significant difference when compared that verified in the hallway of the aviary.

Keywords: Ambience, laying hens, cages battery.

1. INTRODUÇÃO

Atividade agropecuária de destaque, no âmbito da tecnologia e produtividade, a avicultura tem alcançado valores produtivos expressivos nos últimos anos. De acordo com dados obtidos pelo IBGE, nos últimos vinte e cinco anos, o plantel de galinhas poedeiras cresceu a uma média próxima a 3 % ao ano. Atualmente o Brasil conta com um plantel de cerca de 132 milhões de aves poedeiras, responsáveis pela produção de 34 bilhões de ovos anuais de acordo com dados do IBGE (2014).

A intensificação da produção de ovos no Brasil se tornou possível dentre outros motivos, graças modernização do manejo produtivo. O sistema de criação em bateria de gaiolas verticais, tornaram possível um aumento considerável da densidade de criação por área construída, mantendo, porém, a mesma densidade usual de aves por gaiola. Este sistema é constituído por fileiras de gaiolas sobrepostas, as quais podem chegar a sete níveis e instalado em aviários de comprimento superior a 100 metros, largura entre 10 e 15 metros e pé direito superior a cinco metros. Para se alcançar a viabilidade funcional, foi necessário à inserção da automação da distribuição de alimento e água, do manejo de dejetos e da coleta de ovos (FURTADO et al., 2005; ALVES, 2006).

Apoiado em elevadas densidades de alojamentos, a manutenção dos altos índices de produtividade, torna ainda mais determinante a manutenção do ambiente interno das instalações. Uma vez que as galinhas poedeiras, assim como os demais animais homeotermos, possuem um intervalo de temperatura ideal, influenciada pela umidade do ar. A zona de conforto térmico para galinhas poedeiras adultas situa-se entre 20 a 24°C e umidade relativa igual a 40±5% (CHEPETE e XIN, 2001; YANAGI JUNIOR et al., 2002). Esta zona é definida como uma faixa de temperatura ambiente em que a taxa metabólica é mínima e independente da temperatura. Segundo o Guia de Manejo Hy Line W-36 (2015), a temperatura ambiente e a umidade relativa ótima devem variar de 21 a 23 °C e de 40 a 60%, respectivamente. Valores que se tornam críticos quando se considera a posição geográfica do Brasil, a qual acarreta temperaturas

médias de 27°C em algumas regiões. Contudo, a amplitude térmica no Brasil é relativamente pequena, quando comparada a temperada e a mediterrânea.

Este fator justifica a tipologia de instalação mais utilizada para a produção de galinhas poedeiras no Brasil ser a de estruturas abertas, com uso de ventilação natural, sem isolamento térmico nos telhados e com as laterais cobertas com cortinas, também sem isolamento térmico. Entretanto para

Entretanto regiões de temperaturas mais elevadas, principalmente nos períodos mais quentes do ano, ou ainda em períodos de baixa velocidade do vento, podem potencialmente acarretar temperaturas excessivas no interior destas instalações. Fator agravado pelos sistemas atuais de produção de poedeiras, devido as suas às dimensões elevadas e a disposição das gaiolas, podendo, conferir elevadas variações de temperatura e umidade relativa do ar no interior da instalação. Ademais, as baterias de gaiolas das extremidades fornecem resistência à passagem do ar, além de promover um incremento da temperatura do ambiente, proveniente da produção de calor metabólico das aves.

Neste contexto, para alcançar elevados valores de produção, e corresponder à competitividade do mercado, os produtores passaram a dar maior atenção à ambiência das instalações. Recentemente tem sido proposto a utilização de aviários verticais de baterias de gaiolas, ventilados por meio de pressão negativa. Como principais modificações para esta tipologia, tem-se o fechamento das laterais com cortinas, isolante térmico abaixo da cobertura em alguns casos, e uso constante da ventilação mecânica, por meio de exaustores e resfriamento adiabático evaporativo, por meio de cooling pad.

Este sistema de ventilação é bastante difundido na avicultura de corte no Brasil. Contudo como a maioria dos aviários brasileiros não dispõe de coberturas isolantes, este tipo de ventilação longitudinal, no modo túnel, gera um gradiente de temperatura de até 6°C ao longo do comprimento do alojamento, conforme analisado por Silva et al. (2013) o que torna necessário o maior cuidado na definição, realmente representativa, dos

pontos de tomada de dados de temperatura dos galpões de maneira a obter a média real de temperatura do galpão, necessário para o correto tempo de acionamento/ desligamento do sistema de condicionamento ambiente.

Neste sentido, estima-se que problemas mais complexos ocorram em alojamentos verticais de aves de postura, submetidos à ventilação por pressão negativa no modo túnel, uma vez que as aves são alojadas em diferentes níveis em relação ao solo.

Sendo assim, o monitoramento e o controle do ambiente de criação são vistos como formas de minimizar a grande variação do gradiente térmico presente nas instalações, nas quais é possível observar a ocorrência de níveis de estresse calórico espacialmente muito diferenciados.

Tendo em vista os elevados investimentos que estão sendo realizados para implementação das novas instalações, que ainda atingem um reduzido número de aviários no Brasil, e também a inexistência de trabalhos relacionados à caracterização do ambiente interno destas novas tipologias em uso no Brasil. Se torna necessário estudos que abordem a dinâmica de temperatura e umidade relativa do ar, no interior destas instalações comparativamente ao sistema submetido à ventilação natural.

Desta forma, no intuito de se definir a viabilidade da nova tipologia de aviários utilizados no Brasil, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as diferenças entre os ambientes térmicos dos abrigos, ventilados naturalmente sem o uso de isolantes térmicos no telhado e o aviário ventilado por pressão negativa em modo túnel, equipado com isolante térmico no telhado e sistema de pad cooling, ambos representativos da avicultura industrial do Brasil em alta densidade. Objetivou-se também, analisar a variação das temperaturas aferidas entre as baterias de gaiolas e o interior das mesmas, uma vez que em ambas tipologias a temperatura média do aviário é verificada por sensores instalados entre as baterias de gaiolas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Caracterização dos Galpões

A presente pesquisa foi realizada em uma granja comercial, situada no município de Pouso Alto - Minas Gerais, localizado na Serra da Mantiqueira, a 884 m de altitude, latitude de 22° 17' 38" S e longitude 44° 58' 22" W. O clima da região é o tropical de altitude, de acordo com a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Cwb (clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado) (SÁ JÚNIOR, 2009).

Foram avaliados dois galpões, os quais constituem as tipologias de maior nível tecnológico utilizados na avicultura de postura de alta densidade no Brasil: galpões verticais de alta densidade operando com ventilação natural e ventilação por pressão negativa no modo túnel.

5.1.1. Aviário aberto submetido à ventilação natural

O aviário avaliado é orientado no sentido leste-oeste, possui dimensões de 108 m de comprimento, 15,7 m de largura, 5 m de pé direito, telhado e pilares em estrutura metálica e cobertura com telhas onduladas de aço galvanizado, 0,5 m de beiral e lanternim. Este aviário é equipado com sistema de arrefecimento operado por sistema de nebulização posicionado a 4,5m de altura, com bicos nebulizadores de média pressão (100 a 200 psi) a cada 1,5m, situados ao longo dos corredores. A instalação apresenta as laterais totalmente abertas, dotadas de cortinas para uso eventual, de forma a possibilitar o uso da ventilação natural, sempre que as condições ambientais externas permitirem.

5.1.2. Aviário fechado ou híbrido submetido à ventilação por pressão negativa

Foi avaliado um aviário de postura vertical de alta densidade ventilado por pressão negativa em modo túnel. O alojamento é orientado no sentido Leste-Oeste e possui dimensões de 110 m de comprimento, 15,7 m de

largura, 5,1 m de pé direito, telhado e pilares de estrutura metálica e cobertura com telhas onduladas de aço galvanizado a qual é revestida por isolante térmico de 3cm de espessura constituído por poliestireno extrudado (XPS) produzido pela Owens Corning, com 0,5 m de beiral.

As laterais do galpão são fechadas por cortinas de material plástico sem isolamento térmico e como sistema de arrefecimento, apresenta dezoito exaustores de diâmetro igual a 1,38 m, potência igual a 1,5 kW, e uma área de 122,98 m² de painéis evaporativos.

5.2. Manejo das aves

Os dois galpões possuem cinco alas de gaiolas com seis andares cada, o que permite o alojamento de até 100 mil aves dentro de cada galpão. As aves foram alojadas em gaiolas com dimensões de 0,73 m X 0,73 m X 0,43 m, na densidade de 14 aves/ gaiola (380 cm²/ ave). O abastecimento de comedouros e bebedouros e transporte de ovos são realizados de forma automática, assim como a retirada de dejetos por meio de esteiras mecanizadas.

Não houve alteração do manejo dos animais já praticado rotineiramente na empresa.

5.2.1. Sistema de ventilação aviário submetido a ventilação por pressão negativa.

O galpão é manejado com as cortinas fechadas durante todo o tempo, o que implica na utilização de no mínimo três exaustores ligados de forma contínua, de maneira a prover a ventilação mínima.

A utilização da ventilação mínima permite a renovação de todo o ar do aviário a cada 6 minutos, ao passo que em situações nas quais todos os dezoito exaustores são acionados, esta troca de ar é realizada a cada minuto.

Os grupos de exaustores estão programados para manter a temperatura média interna do aviário igual a 23°C, sendo que a cada 1°C que a temperatura se eleva, um grupo de exaustores é acionado. A composição e

posicionamento dos grupos de exaustores estão representados no Apêndice 01.

A umidade programada como desejada para o interior da instalação foi de 70%, sendo que o fluxo de água nos painéis de resfriamento evaporativo são acionado juntamente com o terceiro grupo de exaustores.

Não houve alteração do manejo dos animais já praticado rotineiramente na empresa.

5.2.2. Sistema de coleta de dados experimentais

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram coletados durante o mês de dezembro de 2013, mês este, representativo do período mais quente do ano. De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013), o trimestre que apresenta maiores valores climatológicos da temperatura média do ar, nesta região, é constituído pelos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

A coleta de dados se deu de forma ininterrupta, 24 horas por dia, durante onze dias, em tempo real, em intervalos inferiores a 1 minuto.

Durante o período de análise, foram estudadas aves da linhagem HyLine W-36 e aves da linhagem Dekalb White, com massa corporal similares e mesma fase de postura, em idade superior a 18^a semana de vida, quando estes animais já se encontram em sua fase adulta e se inicia o período de postura.

5.3. Avaliação da temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários

5.3.1. Sistema de aquisição de dados

O sistema utilizado para a coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar, emprega a tecnologia 1-Wire™, desenvolvido pela empresa Dallas Semiconductor. Este sistema, também conhecido como MicroLan™, corresponde a uma rede de transmissão de dados de baixo custo, a qual

consiste de um dispositivo mestre, que inicia e controla a transferência de dados e de dispositivos escravos da série 1-Wire™, adaptadores e sensores endereçados os quais serão controlados pelo mestre.

O software STRADA, desenvolvido por Rocha et al. (2008), foi utilizado para a transmissão e aquisição dos dados aferidos pelos sensores. Para a obtenção dos dados da temperatura foram utilizados sensores do tipo DS24381 e DS18B20, ambos apresentam exatidão de $\pm 0,5$ °C. Para a umidade relativa do ar foi utilizado o sensor HIH4000 da Honeywell, com exatidão de $\pm 2\%$.

Concomitante às medições dos valores de temperatura e umidade relativa do ar realizadas nos corredores dos dois aviários, pelo sistema 1-Wire, foram realizadas também as medições da temperatura por meio de sensores de temperatura - dataloggers com resolução de $\pm 0,5$ °C e de $\pm 2\%$ instalados no interior de três gaiolas ao longo de cada galpão.

5.3.2. Mapeamento da distribuição de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos aviários

No interior de cada aviário estudado, foram utilizados 60 sensores de temperatura e 20 sensores de umidade relativa do ar, os quais foram distribuídos nos corredores entre as baterias de gaiolas e nas laterais de forma uniforme e equidistante ao longo do comprimento do galpão em dois níveis de altura, segundo e quarto nível de gaiolas, conforme representado na Figura 1. Os sensores registraram dados em intervalos de um minuto. Um sensor de umidade relativa e um sensor de temperatura foram instalados no interior de um abrigo meteorológico, o qual foi alocado nas proximidades dos galpões, a fim de monitorar as condições ambientais externas.

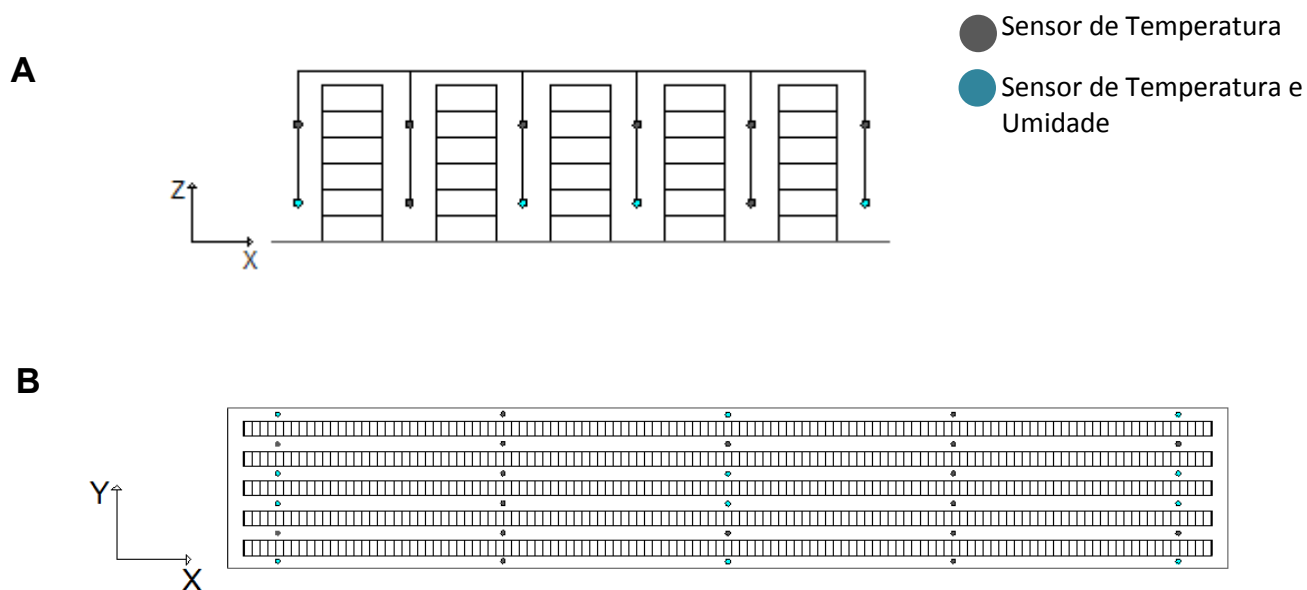


Figura 1. (A) Disposição dos sensores no aviário- Eixo X-Z e, (B) Disposição dos sensores no aviário- Eixo X-Y.

Os mapas descritores da temperatura ambiente e umidade relativa do ar da instalação foram gerados por meio do software estatístico Sigma Plot 12.0.

A partir dos mapas e tabelas desenvolvidos foram estudadas as variações de temperatura e umidade relativa do ar em diferentes posições no interior do aviário. As médias de temperaturas obtidas nos onze dias de coletas foram separadas em dois grupos, temperatura noturna o intervalo das 18 h as 05:59 h e diurna das 06:00 h as 17:59 h.

Em relação às temperaturas medidas no interior das gaiolas, foram selecionadas três gaiolas no corredor central, sendo estas localizadas ao lado dos sensores alocados nos corredores entre as baterias de gaiolas. Na figura 2, pode-se observar a relação dos sensores alocados nos aviários, sendo que os sensores 3, 15 e 27 foram utilizados para a comparação com os valores de temperatura e umidade relativa medidas no interior das gaiolas.

Todos sensores foram fixados na face leste da gaiola, na parte central interna da gaiola.

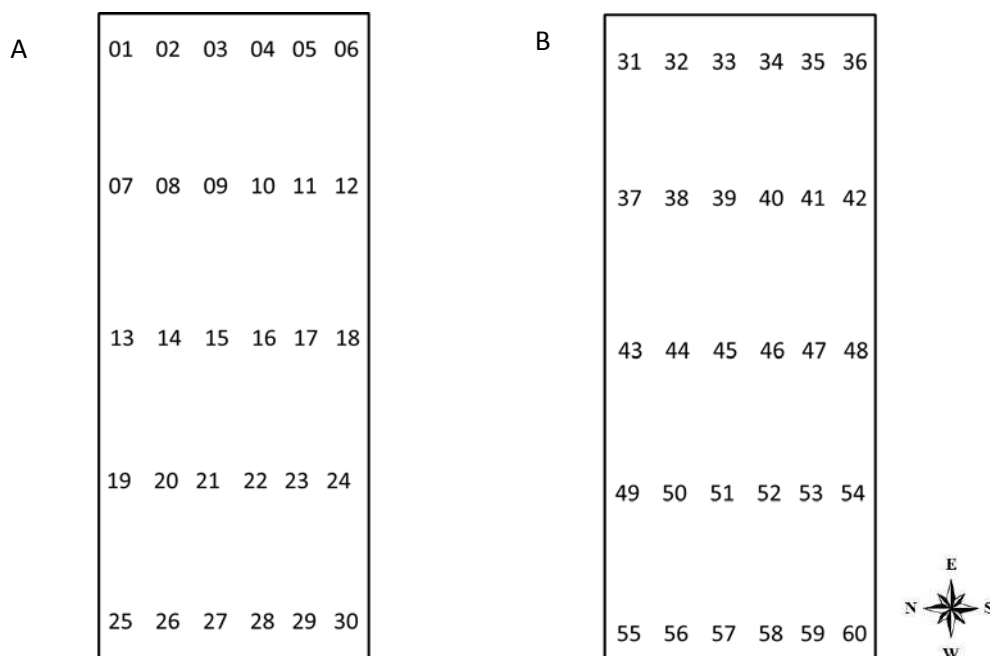


Figura 2. (A) Numeração dos sensores no interior do aviário – Nível inferior
(B) Numeração dos sensores no interior do aviário – Nível superior.

5.4. Análises estatísticas dos dados

Os valores médios de temperatura obtidos nos onze dias de coletas de dados foram submetidos à análise de variância e as médias diárias de cada sensor foram comparadas a média geral de todos os sessenta sensores por meio do teste t. Esta análise foi realizada a fim de estabelecer os possíveis posicionamentos dos sensores, que representam a média geral do aviário.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Temperatura média interna dos aviários

Pode-se observar na Figura 3, a variação da temperatura e umidade relativa do ar no ambiente interno dos aviários analisados. Estes valores foram obtidos à partir das médias das variáveis mensuradas em todos os pontos de tomadas de dados distribuídos internamente nos aviários. Os dados correspondem às médias diárias do período de análise. Na Figura 3, observa-se, também, os valores de temperatura e umidade relativa do ar coletados no exterior do aviário, durante o mesmo período.

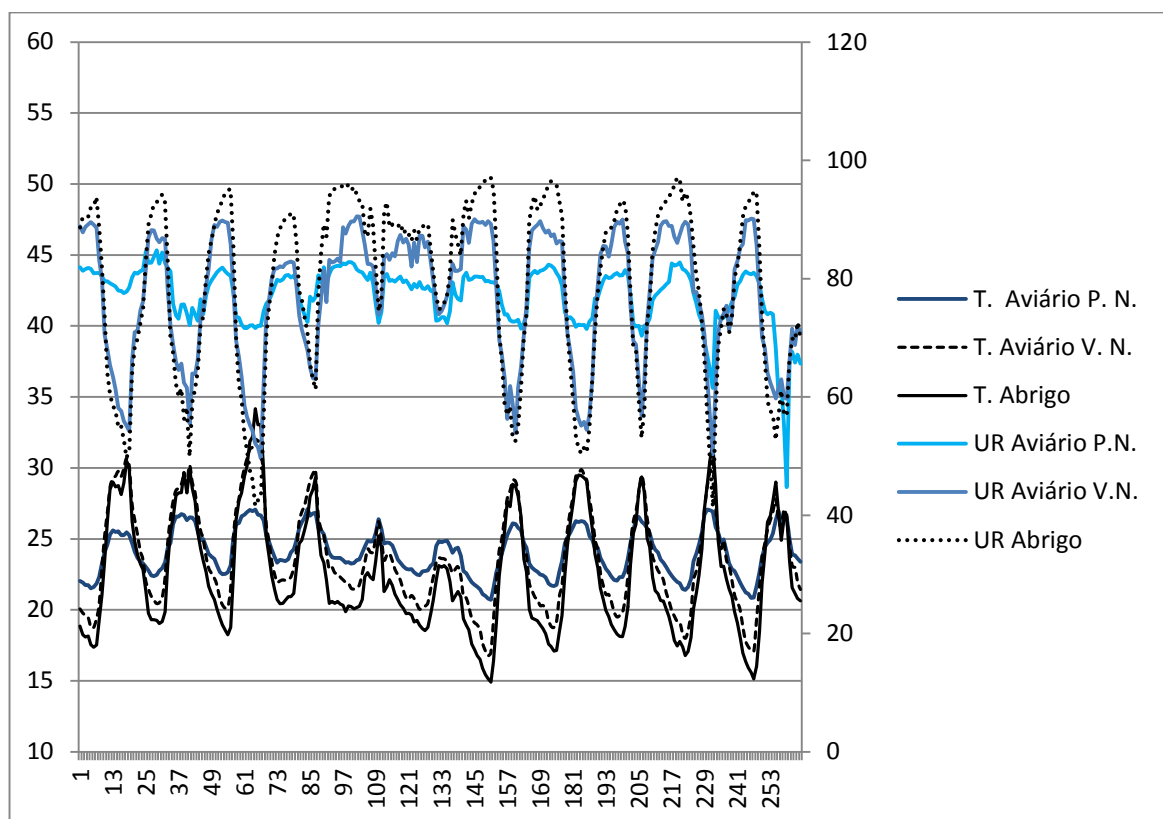


Figura 3 – Variação da temperatura média de bulbo seco (T.) e umidade relativa do ar (U. R.), interna e externa (abrigo meteorológico) do aviário submetido à ventilação natural (V.N.) e do aviário submetido a ventilação por pressão negativa (P.N.), ao longo dos 11 dias de coletas de dados.

A temperatura máxima do ambiente externo aferida durante o período experimental foi de 34,1 °C e mínima de 14,9°C. Já em relação aos aviários, pode-se observar que o aviário submetido à ventilação natural apresentou menor amortecimento da temperatura quando comparado ao aviário de pressão negativa. A temperatura média máxima encontrada no aviário submetido à ventilação natural foi igual a 32° C e a temperatura mínima igual a 16,7 °C, ao passo que a temperatura média máxima coletada durante o período experimental no interior do aviário submetido à ventilação por pressão negativa foi de 27,1 °C e a mínima igual 20,7 °C, condição que resulta em menor estresse as aves.

Em relação à umidade relativa do ar verificou-se pouca variação ente os valores mensurados nos dois aviários. Valor máximo da média foi de 84,8 % e mínimo de 44,8 % foram mensurados no interior do aviário submetido à ventilação por pressão negativa. Em relação ao aviário submetido à ventilação natural, foram encontrados valor máximo de 90,5% e mínimo de 49,6 %. O ambiente externo apresentou valores superiores aos aferidos nas duas instalações; sendo o valor máximo da média de 97,12% e mínimo de 41,7 %. Os elevados valores de umidade verificados podem ser justificados pela utilização de resfriamento evaporativo em ambas as instalações.

6.2. Distribuição horizontal da temperatura no interior dos aviários

Nas Figuras 4 e 5 estão representados os mapas de distribuição da temperatura do ar no interior do aviário submetido à ventilação natural e do aviário submetido a ventilação por pressão negativa, respectivamente. Para a confecção dos mapas, foi determinado como temperatura noturna o intervalo das 18h às 05:59 h e diurna das 06:00h às 17:59h.

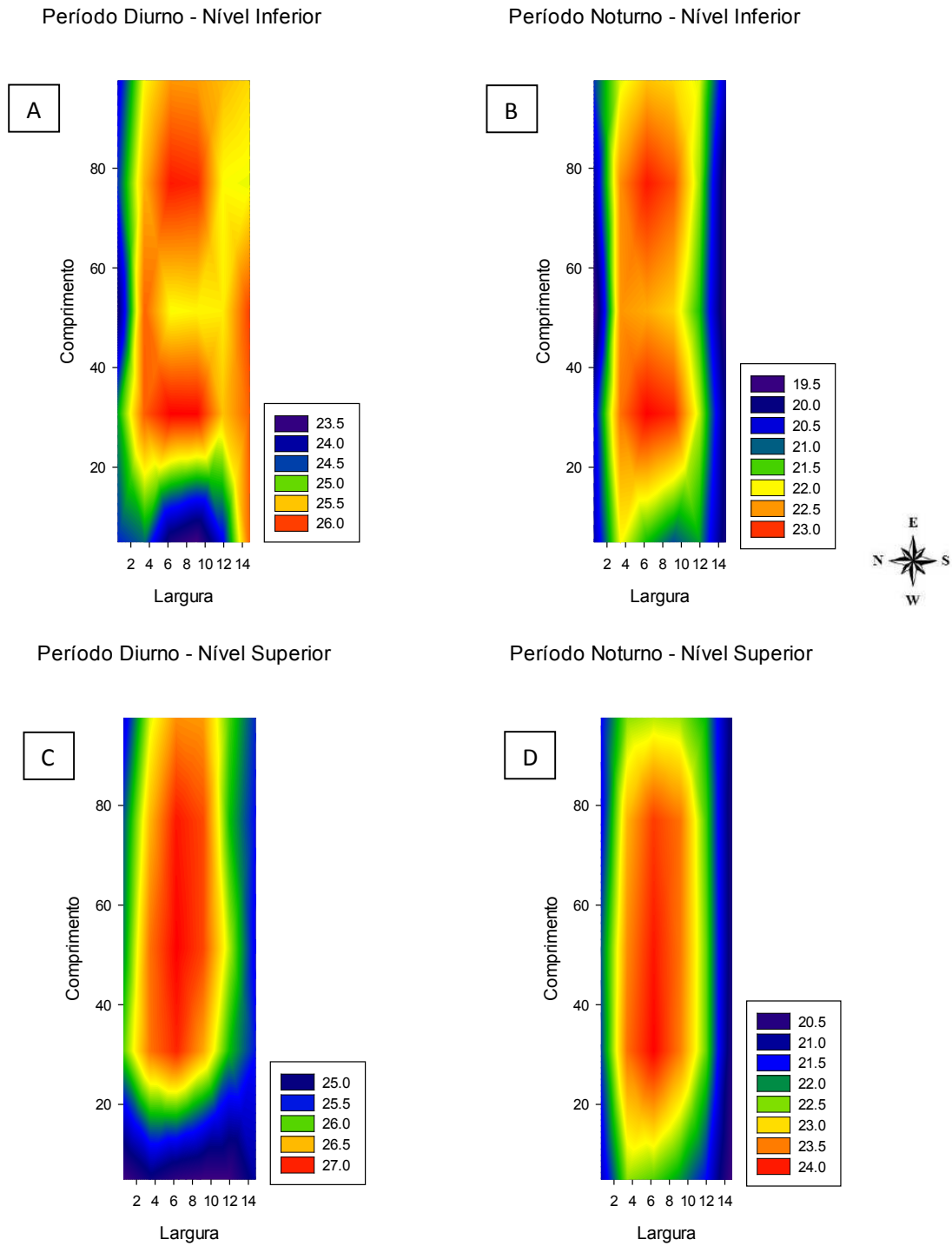
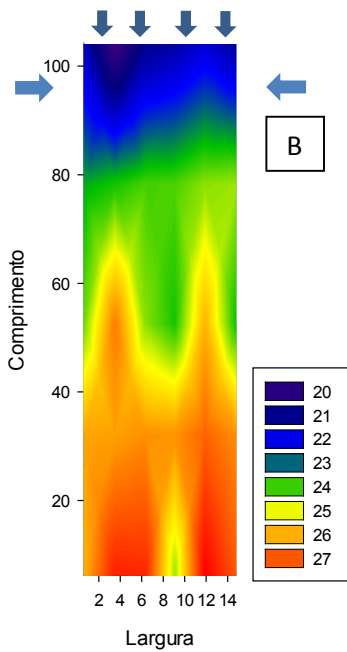
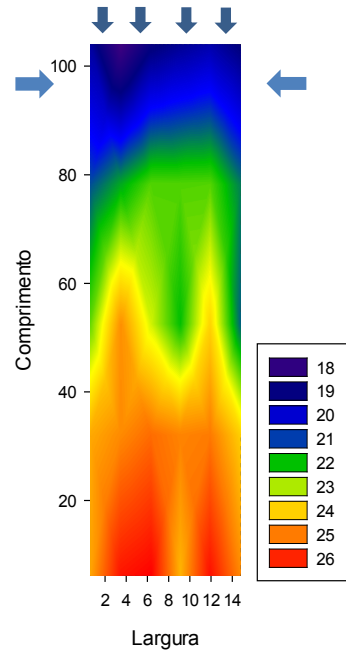


Figura 4 - Mapa de distribuição da temperatura do ar (°C) referente ao ambiente interno do aviário submetido à ventilação natural, em que: (A) temperatura média diurna - nível inferior, (B) temperatura média noturna - nível inferior, (C) temperatura média Diurna - nível superior, (D) temperatura média noturna -nível superior.

Período Diurno - Nível Inferior

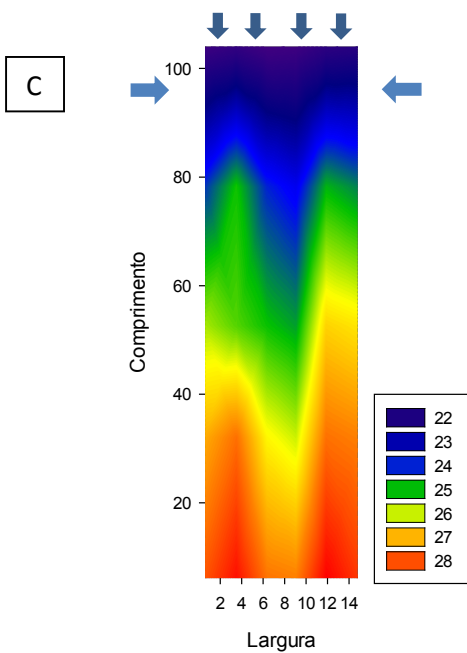


Período Noturno - Nível Inferior

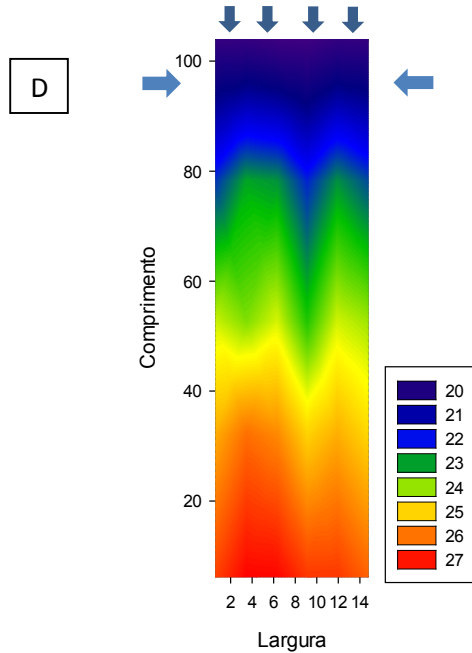


Fluxo de ar

Período Diurno - Nível Superior



Período Noturno - Nível Superior



Fluxo de ar



Figura 5 - Mapa de distribuição da temperatura do ar (°C) referente ao ambiente interno do aviário submetido à ventilação por pressão negativa, em que: (A) temperatura média diurna - nível inferior, (B) temperatura média noturna - nível inferior, (C) temperatura média Diurna - nível superior, (D) temperatura média noturna -nível superior.

Em relação às Figuras 4 e 5, pode-se observar a diferença entre os gradientes de temperaturas formados nos dois aviários. No aviário submetido à ventilação natural, a região central apresentou maior temperatura, sendo a variação máxima encontrada entre as bordas e o centro durante o período diurno de 2,5 °C no nível inferior e durante o período noturno de 3,5 °C em ambos os níveis. Em relação ao aviário submetido à ventilação por pressão negativa, a temperatura interna apresentou maior variação ao longo de seu comprimento quando comparado ao ventilado naturalmente, o gradiente máximo de temperatura encontrado, foi entre as faces leste e oeste no período noturno que foi de 8°C. Já em relação ao período diurno, a maior variação encontrada foi de 7 °C, também no nível inferior.

O gradiente de temperatura das bordas para o centro na instalação ventilada naturalmente está relacionado com a dependência deste tipo de ventilação com a dinâmica dos ventos. De acordo com Runge (1999), em aviários constituídos de mais de duas colunas de gaiolas e submetidos a ventilação natural é comum o surgimento de zonas com temperaturas elevadas em seu interior, tendo em vista que a necessidade de maior força para vencer a resistência formada pelas gaiolas. Já em relação ao aviário ventilado por pressão negativa, o gradiente térmico longitudinal ilustrado é característico de instalações longas ventiladas por pressão negativa em modo túnel. A presença do painel de resfriamento evaporativo, na face leste favorece a redução da temperatura nesta região, entretanto o calor metabólico produzido pelas 100 mil aves contidas na instalação é conduzido pelo fluxo de ar produzido pelos exaustores, o que justifica o aumento gradativo da temperatura ao longo da instalação.

Nos dois aviários estudados, houve diferença significativa entre as temperaturas médias aferidas nos dois níveis de altura ($P < 0,05$). Em ambos os casos a temperatura do nível superior foi maior que a encontrada no nível inferior. Em relação ao aviário ventilado naturalmente, pode-se indicar a não utilização de isolante térmico no telhado, o qual é constituído de aço galvanizado. Em relação ao aviário submetido à ventilação por pressão negativa, embora o mesmo possua isolante térmico em seu telhado. Pode-se justificar esta variação de temperatura pela estrutura do aviário, que apresenta

um grande espaço entre a parte superior das gaiolas e o telhado, o que permite a passagem de ar acima da gaiola e não entre as baterias de gaiolas, de acordo com Runge (1999) uma forma de se reduzir problema semelhante, seria a instalação de barreiras para o vento, nesta região.

Na Figura 5 estão representados os mapas de distribuição da diferença entre a temperatura do ar no interior do aviário submetido à ventilação natural e do aviário submetido à ventilação por pressão negativa. Para a confecção dos mapas, foi determinado como temperatura noturna o intervalo das 18h às 05:59 h e diurna das 06:00h às 17:59h.

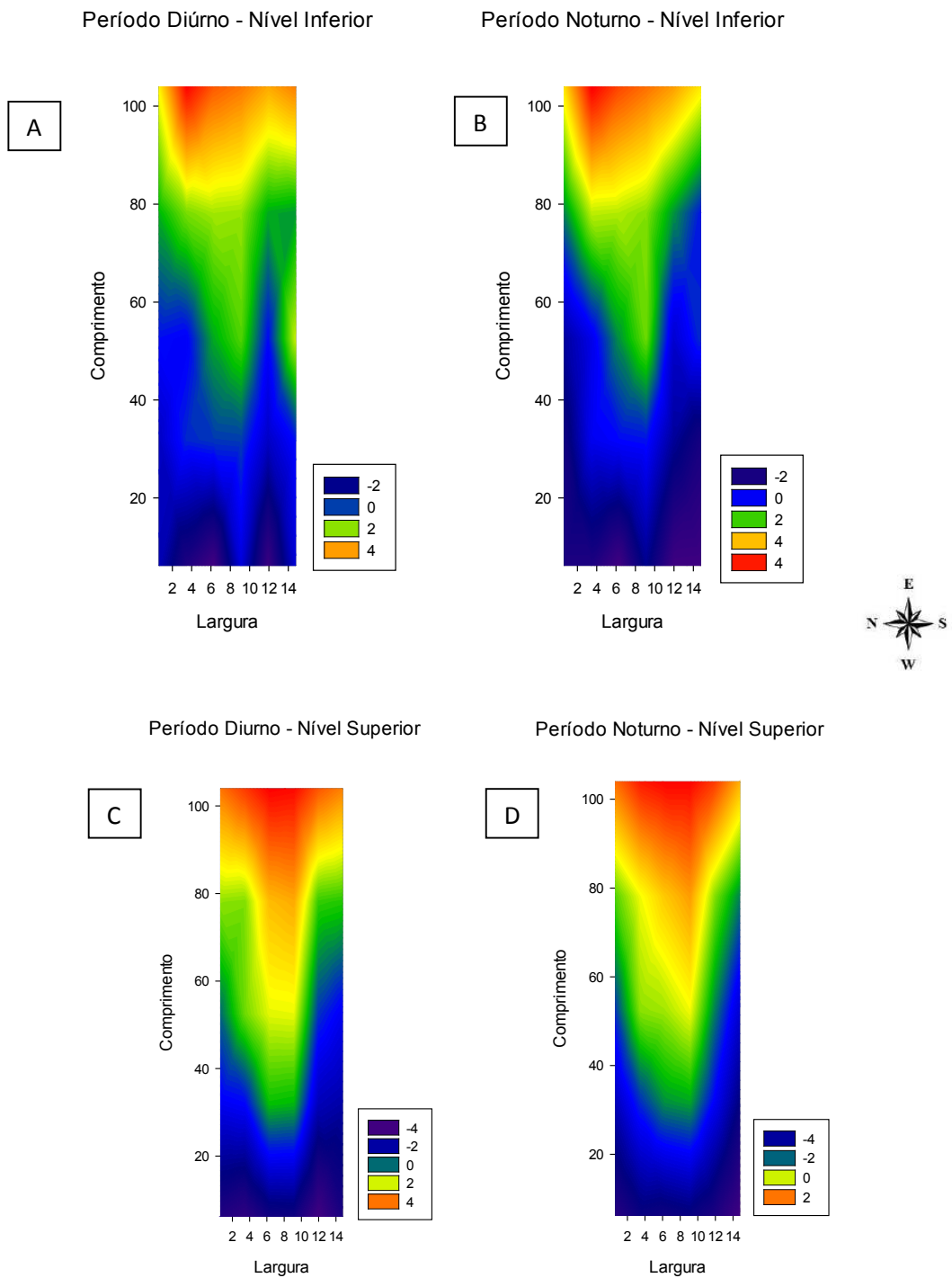


Figura 6 - Mapa de distribuição da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) referente a diferença entre a temperatura do ar no interior do aviário submetido à ventilação natural e do aviário submetido à ventilação por pressão negativa em que: (A) temperatura média diurna - nível inferior, (B) temperatura média noturna - nível inferior, (C) temperatura média Diurna - nível superior, (D) temperatura média noturna - nível superior.

Pode-se observar na Figura 6 que a variação máxima encontrada na comparação entre os aviários foi de 4°C . Em todas as situações analisadas

as maiores variações foram observadas nas faces leste e oeste dos aviários, caracterizadas pela presença dos painéis de resfriamento evaporativo e exaustores respectivamente, no aviário submetido à ventilação negativa.

Pode-se observar também que no período diurno no nível superior, o gradiente da diferença entre as temperaturas dos aviários foi de 8°C, com temperaturas mais elevadas no aviário ventilado naturalmente na face leste e temperaturas mais elevadas no aviário submetido a ventilação por pressão negativa na face oeste.

Em estudo realizado por Vieira (2015), no qual foram analisados os resultados médios diários de desempenho produtivo histórico, da linhagem Dekalb White, criadas nos mesmos galpões analisados no presente trabalho, pode-se verificar que os aviários fechados submetidos a ventilação Negativa em modo túnel, apresentaram resultados mais satisfatórios à criação de galinhas poedeiras em sistemas verticais de baterias de gaiolas, para a região estudada.

6.3. Distribuição Horizontal da umidade relativa do ar no interior do aviário

As Figuras 6 e 7 ilustram os mapas de distribuição da umidade relativa do ar no interior do aviário submetido à ventilação natural e ao aviário submetido a ventilação por pressão negativa. Para a confecção dos mapas, foi determinado como umidade relativa média noturna o intervalo das 18:00 h às 05:59 h e diurna das 06:00 h às 17:59 h.

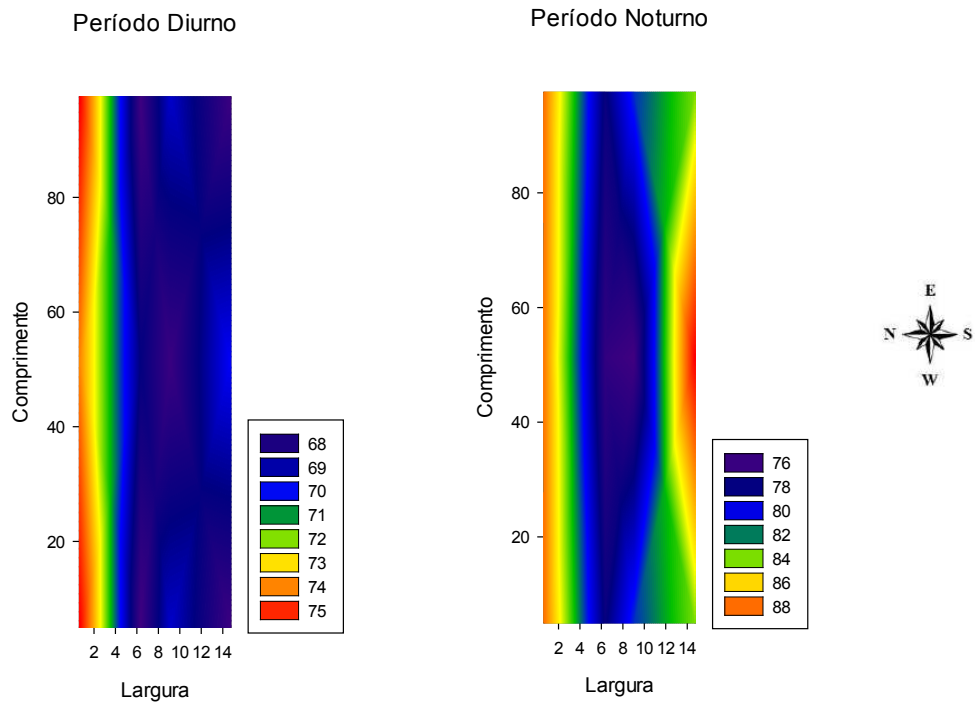


Figura 6- Mapa de distribuição da Umidade relativa do ar (%) referente ao ambiente interno do aviário submetido à ventilação natural, em que: (A) Umidade relativa do ar média diurna, (B) Umidade relativa do ar média noturna.

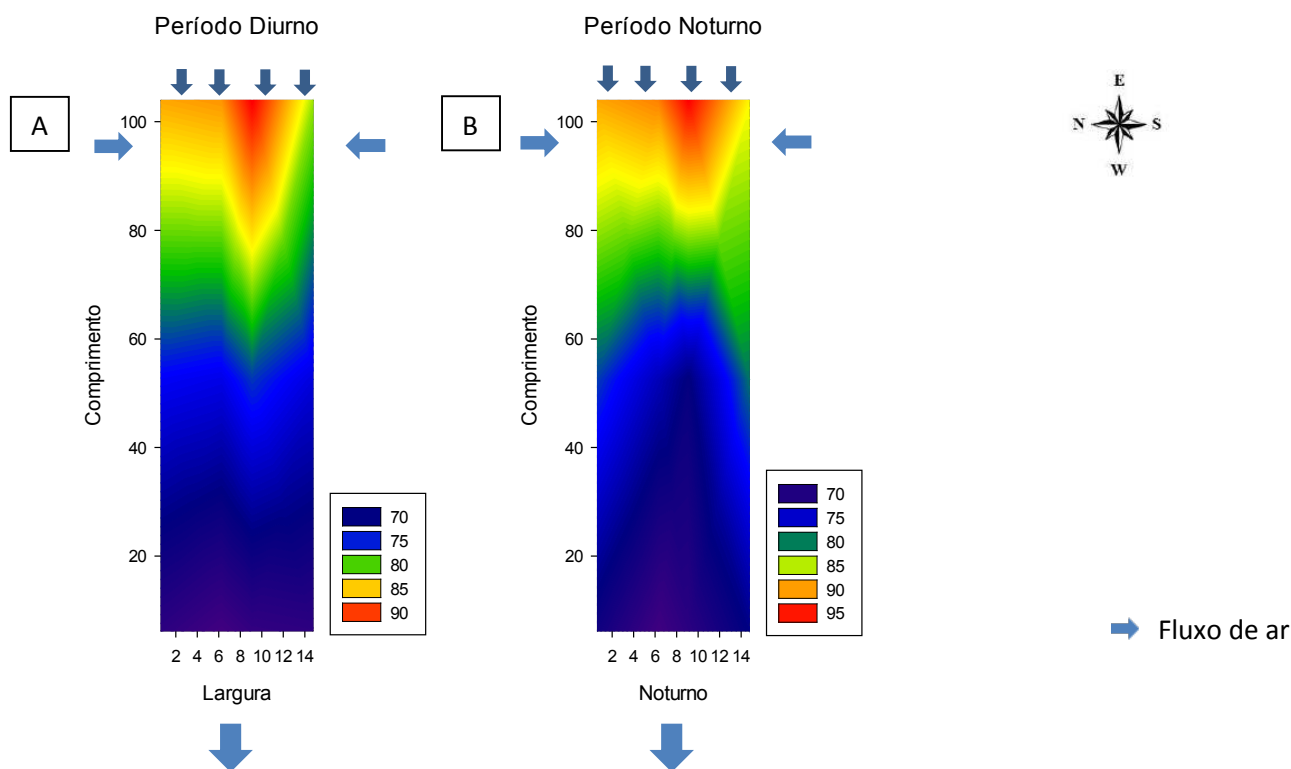


Figura 7- Mapa de distribuição da Umidade relativa do ar (%) referente ao ambiente interno do aviário submetido à ventilação por pressão negativa, em que: (A) Umidade relativa do ar média diurna, (B) Umidade relativa do ar média noturna.

A distribuição espacial da umidade relativa do ar no interior do aviário submetido à ventilação natural indica uma diminuição da umidade no sentido das faces norte – sul no período diurno e uma diminuição das faces laterais para o centro no período noturno, valores que acompanham de forma oposta os valores de temperaturas. Em relação à distribuição no aviário submetido à ventilação por pressão negativa é possível observar um valor mais elevado de umidade relativa do ar na face leste, fator justificado pela proximidade com o painel de resfriamento evaporativo. A diminuição da umidade relativa do ar ocorre gradativamente ao longo da instalação, também acompanhada pelo aumento gradativo da temperatura.

6.4. Temperatura no interior das gaiolas

Nas Tabelas 1 e 2 pode-se observar os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar, no interior de três gaiolas distribuídas ao longo do aviário submetido à ventilação natural e do aviário submetida à ventilação por pressão negativa respectivamente. Os dados foram aferidos durante os onze dias de coletas. Estes foram comparados por meio de teste t, a valores médios de temperaturas coletados em mesmo período, por sensores instalados nos corredores das baterias, os mesmos utilizados para o mapeamento da temperatura. Buscou-se comparar a temperatura da gaiola com o sensor que se encontrava mais próximo da mesma.

Tabela 1. Valores médios da temperatura e umidade relativa do ar mensurada no interior de gaiolas contidas no aviário submetido à ventilação natural, durante os onze dias de coleta de dados, comparados à média obtida pelos sensores instalados nos corredores do aviário.

Localização	Gaiola 01	Sensor 03
Temperatura	24,8 ^A	24,0 ^A
Umidade Relativa Do Ar	66,0 ^A	72,4 ^B

Localização	Gaiola 02	Sensor 15
Temperatura	26,0 ^A	23,8 ^B
Umidade Relativa Do Ar	59,4 ^A	72,3 ^B

Localização	Gaiola 03	Sensor 27
Temperatura	22,8 ^A	22,5 ^A
Umidade Relativa Do Ar	67,8 ^A	76,6 ^B

As médias em mesma linha, seguidas de letra iguais não diferem entre si pelo teste t, em nível de 5% de significância.

Tabela 2. Valores médios da temperatura e umidade relativa do ar mensurada no interior de gaiolas contidas no aviário submetido à ventilação por pressão negativa, durante os onze dias de coleta de dados, comparados à média obtida pelos sensores instalados nos corredores do aviário.

Localização	Gaiola 01	Sensor 03
Temperatura	22,3 ^A	20,6 ^B
Umidade Relativa Do Ar	65,3 ^A	93,8 ^B

Localização	Gaiola 02	Sensor 15
Temperatura	26,0 ^A	22,8 ^B
Umidade Relativa Do Ar	69,5 ^A	73,6 ^B

Localização	Gaiola 03	Sensor 27
Temperatura	25,9 ^A	24,9 ^B
Umidade Relativa Do Ar	57,4 ^A	67,6 ^B

As médias em mesma linha, seguidas de letra iguais não diferem entre si pelo teste t, em nível de 5% de significância.

Com base nos dados apresentados na Tabela 1 é possível observar que os valores de temperatura coletados no interior das gaiolas analisadas foram maiores que os mensurados nos sensores instalados no corredor entre as baterias de gaiolas, com localização próxima as mesmas. Entretanto apenas os valores coletados na gaiola localizada no centro, apresentou variação estatística quando comparado à temperatura do corredor ($p < 0,05$), com uma diferença de 2,2°C. Este fato pode ser justificado pelo maior circulação do ar nas bordas do aviário.

Em relação aos dados coletados no aviário submetido à ventilação por pressão negativa, todos os pares de temperaturas coletados no corredor e

interior da gaiola, apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Os valores medidos no interior das gaiolas foram maiores do que os valores medidos nos corredores, a maior variação encontrada foi medida na gaiola na parte central do aviário, com o valor de $3,2^{\circ}\text{C}$, sendo que as gaiolas próximas às faces leste e oeste, os valores foram de $1,7^{\circ}\text{C}$ e $1,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Valores próximos a este, foram relatados por Runge (1999), ao avaliar a variação da temperatura média da instalação com as temperaturas encontradas no interior das gaiolas.

Em relação à umidade relativa do ar no interior das gaiolas, pode-se observar que em todos os pares de dados analisados, em ambos aviários, houve variação significativa.

Em todos os casos estudados os teores de umidade relativa do ar encontrados no interior das gaiolas foram menores quando comparados aos respectivos pares situados nos corredores dos aviários. Conforme esperado, o maior valor registrado foi obtido pelo sensor localizado no corredor do aviário, próximo à face leste, devido à presença do painel de resfriamento evaporativo.

Os resultados obtidos na comparação entre as temperaturas do interior das gaiolas e dos corredores do aviário apresentam uma variação média de 2°C entre a temperatura interna das gaiolas e a dos corredores do aviário. Entretanto, as temperaturas coletadas na parte interna das gaiolas, são representativas da temperatura à qual o dorso das aves está submetido, já que as mesmas ficam a maior parte do tempo se alimentando, e com isso com a parte da cabeça e pescoço nos corredores do aviário. Desta forma embora a temperatura do interior da gaiola seja maior que a coletada nos corredores, deve-se balizar a temperatura do aviário pela temperatura coletada nos corredores entre as baterias de gaiolas.

7. CONCLUSÃO

- O aviário submetido à ventilação por pressão negativa apresenta menor amplitude térmica em seu interior, quando comparado ao aviário submetido à ventilação natural.
- Com exceção das gaiolas posicionadas próximas as faces leste e oeste do aviário ventilado naturalmente, as demais gaiolas apresentaram valores de temperatura com diferença significativa, de aproximadamente 2°C, em relação à temperatura aferida no aviário.
- Todos os valores de umidade relativa do ar aferidos no interior das gaiolas, apresentaram diferença significativa quando comparados aos valores coletados nos corredores do aviário.

8. REFERÊNCIAS

ALVES, S. P. **Uso da zootecnia de precisão na avaliação do bem-estar bioclimático de aves poedeiras em diferentes sistemas de criação**. 2006. 129 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CHEPETE, H. J.; XIN, H. Heat and Moisture Production of Poultry and Their Housing Systems—A Literature Review. 2001.

FURTADO, D. A.; TINOCO, I. F. F.; NASCIMENTO, J. W. B.; LEAL, A. F.; AZEVEDO, M. A. Caracterização das instalações avícolas na Mesorregião do Agreste Paraibano. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 831-840, 2005.

HY-LINE. **W-36 POEDEIRAS COMERCIAIS**.
http://www.hylinedobrasil.com.br/hyline/download/guia_w36_2015.pdf. 2015

IBGE. **Estatística da produção pecuária**. 2014

INMET. **INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA : Períodos de Maiores e Menores Temperaturas e Pluviosidades Climatológicas**.
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>, Acesso em: Dezembro 2015.

ROCHA, K. S. O.; MARTINS, J. H.; TINÔCO, I. F. F.; MELO, E. C.; LOPES, D. C.; HERMSDORFF, W. **Remote environmental monitoring and Management of data systems**. . Proceedings of the International Conference of Agricultural Engineering, XXXVII Brazilian Congress of Agricultural Engineering, International Livestock Environment Symposium-ILES VIII. INTERNATIONAL COMMISSION OF AGRICULTURAL ENGINEERING (CIGR), I. F. L. Iguassu Falls City: 1001-1008. p. 2008.

RUNGE, G. A. **Evaluation of performance of tunnel ventilated layer housing**. Rural Industries Research and Development Corporation. Australia. 1999

SÁ JÚNIOR, A. D. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais**. 2009. 101 f. Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras 2009.

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. . **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador**, v. 14, n. 1, p. 132-141, 2013.

VIEIRA, M. F. A. Efeitos de duas condições climáticas, duas linhagens e dois sistemas de ventilação no desempenho produtivo de galinhas poedeiras alojadas em sistemas verticais de criação. 2015. 76 f. (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa 2015.

YANAGI JUNIOR, T.; XIN, H.; GATES, R. S. Optimization of partial surface wetting to cool caged laying hens. In: TRANSACTIONS OF THE ASAE, 2002, St. Joseph. **Anais**. St. Joseph, 2002. p.

CONCLUSÕES GERAIS

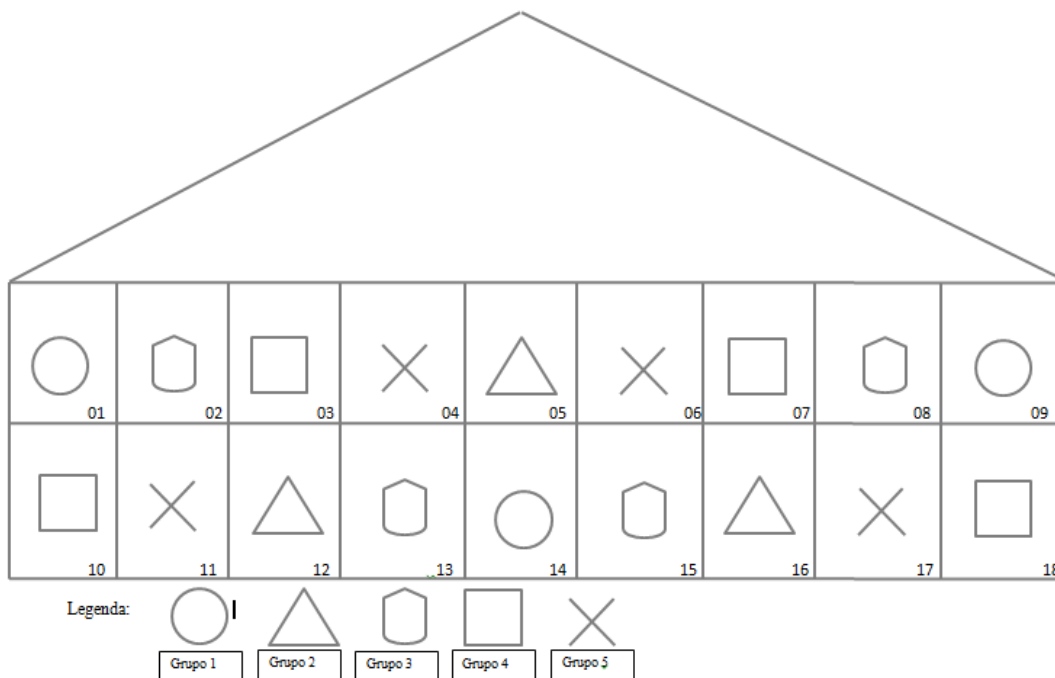
Diante do exposto no presente trabalho pode-se concluir que a utilização do aviário submetido à ventilação no modo túnel acarreta uma temperatura média e umidade relativa do ar média no interior da instalação com menor amplitude ao longo do tempo. Porém esta instalação apresenta um gradiente longitudinal de temperatura elevado.

Entretanto, conforme mencionado no trabalho, não houve alteração no manejo praticado na granja, logo é possível que se consiga resultados de temperatura e umidade relativa do ar mais satisfatórios com alteração do manejo da instalação.

Tem-se como opção também, a utilização desta tipologia como aviário híbrido. Esta situação permite a abertura das cortinas laterais do aviário durante todo o período de tempo em que a temperatura do ar estiver abaixo de 24 °C, no período estudado corresponderia 68 % do tempo. Neste sistema, durante o período em que as cortinas estivessem abertas haveria economia de energia elétrica. Para este caso, no sistema atual seria adicionado apenas uma máquina de cortinas com acionamento automático.

Apêndice 01

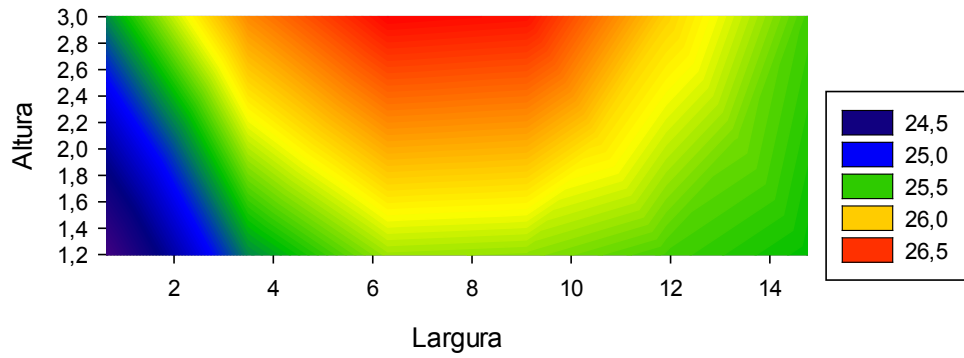
- Ordem de acionamento de grupos de exaustores.



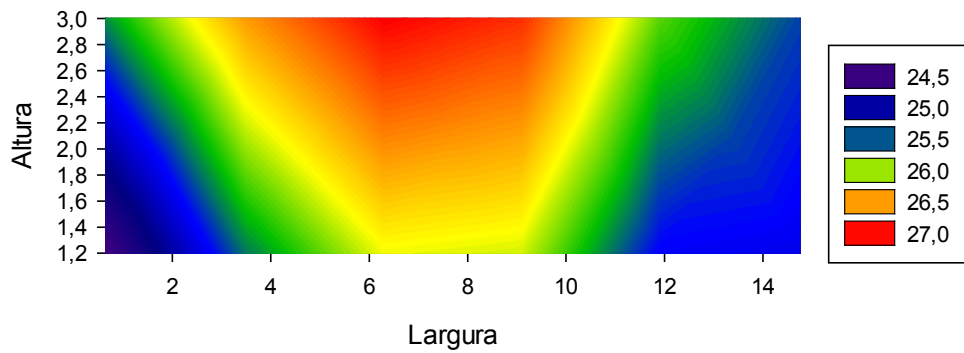
Apêndice 02

Temperatura Perfil transversal – Período Diurno

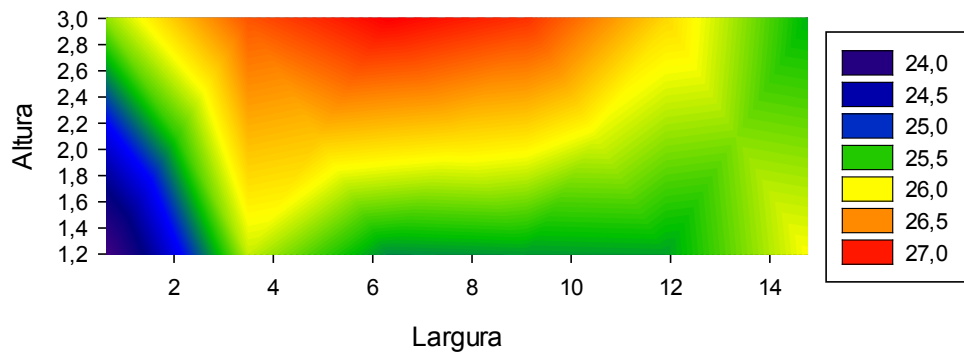
Período Diurno - Perfil Transversal 01



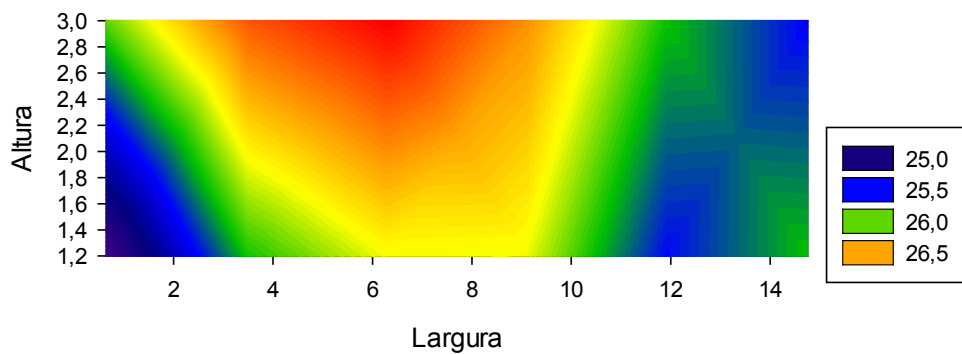
Período Diurno - Perfil Transversal 02



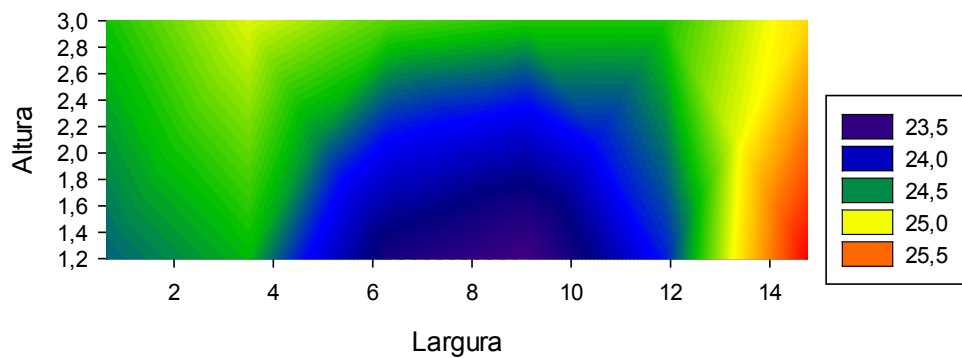
Período Diurno - Perfil Transversal 03



Período Diurno - Perfil Transversal 04

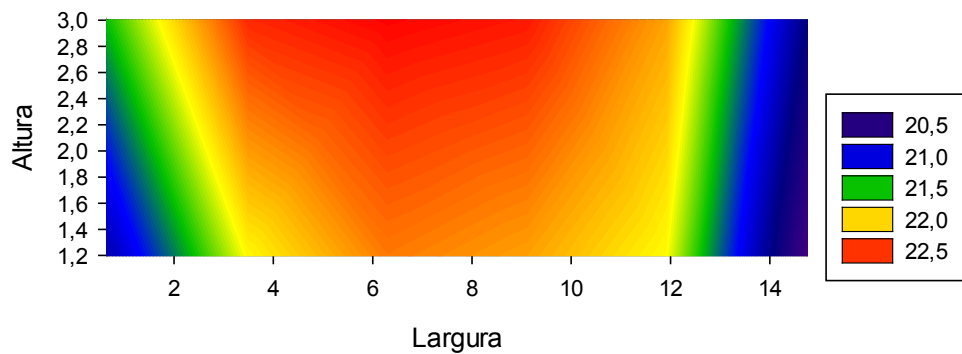


Período Diurno - Perfil Transversal 05

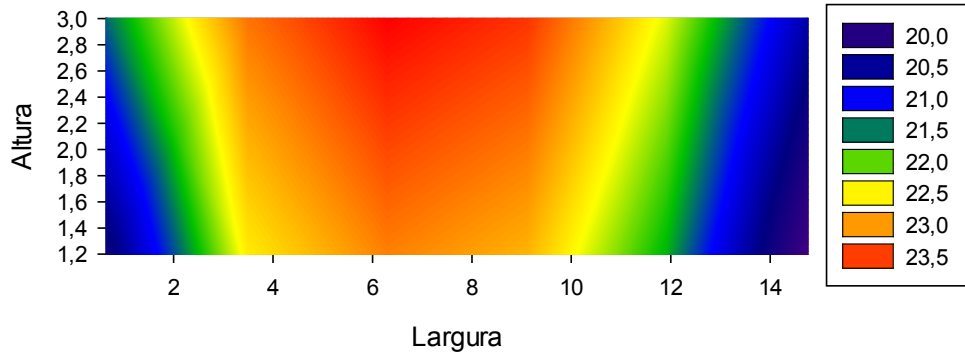


Temperatura Perfil transversal – Período Noturno

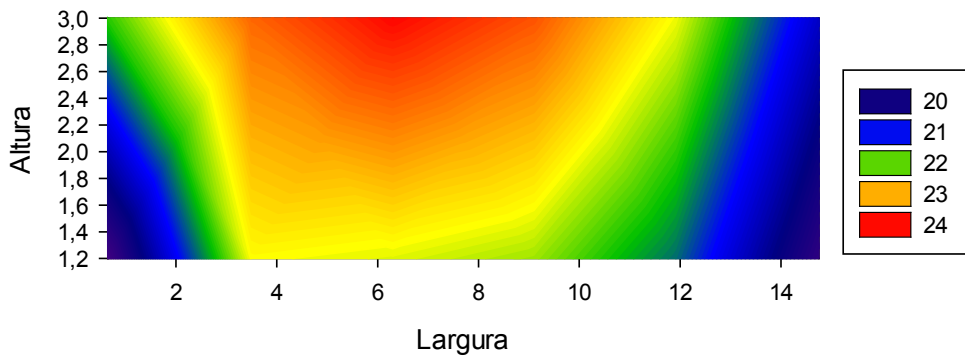
Período Noturno - Perfil Transversal 01



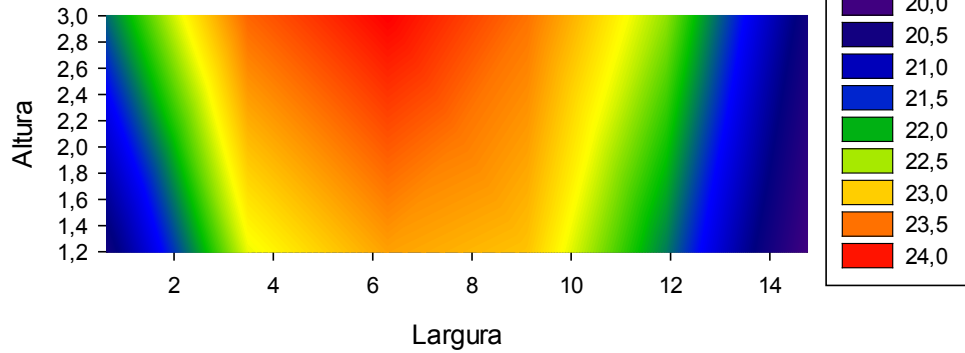
Período Noturno - Perfil Transversal 02



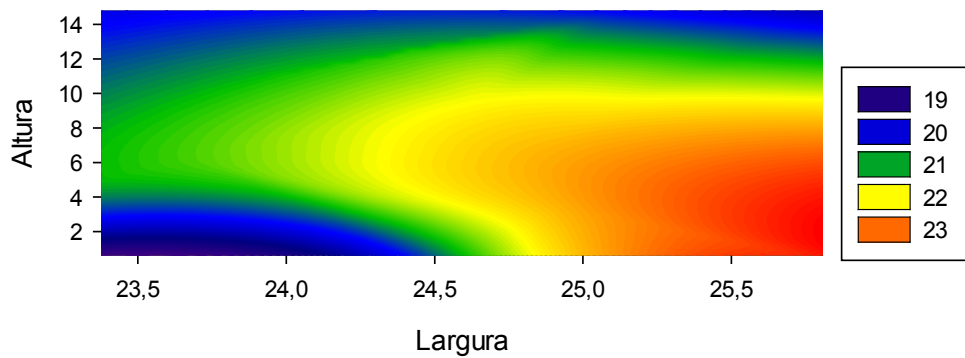
Período Noturno - Transversa 03



Período Noturno - Perfil Transversal 04

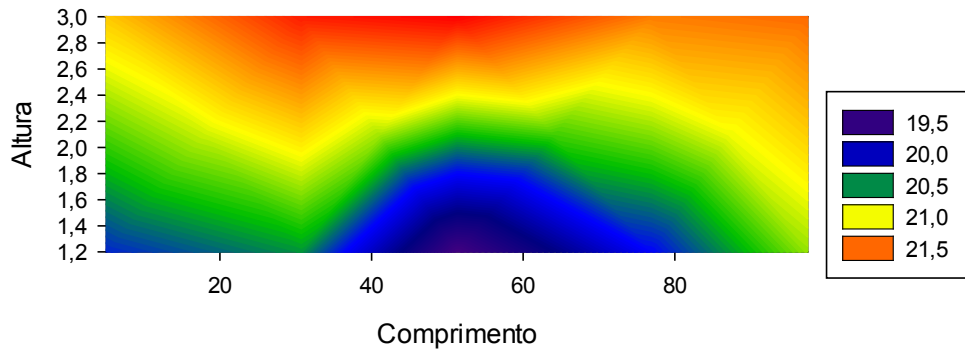


Período Noturno - Perfil Transversal 05

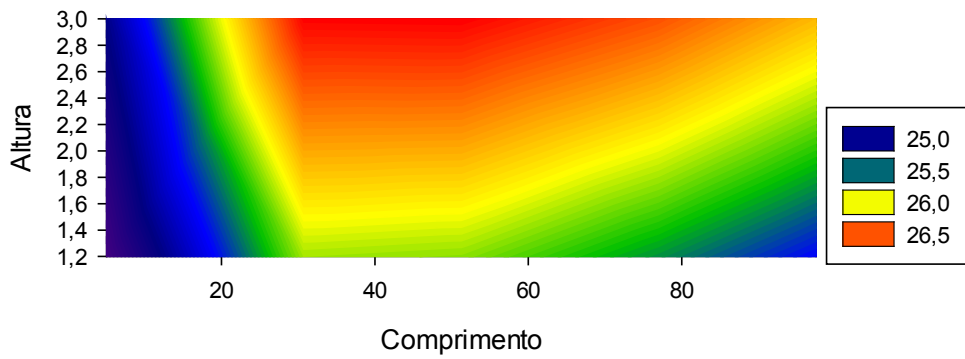


Temperatura Perfil longitudinal – Período Diurno

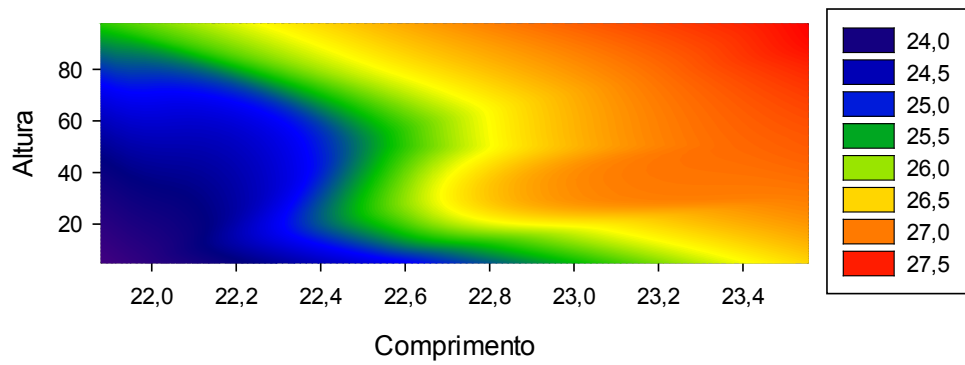
Período Noturno - Perfil Longitudinal 01



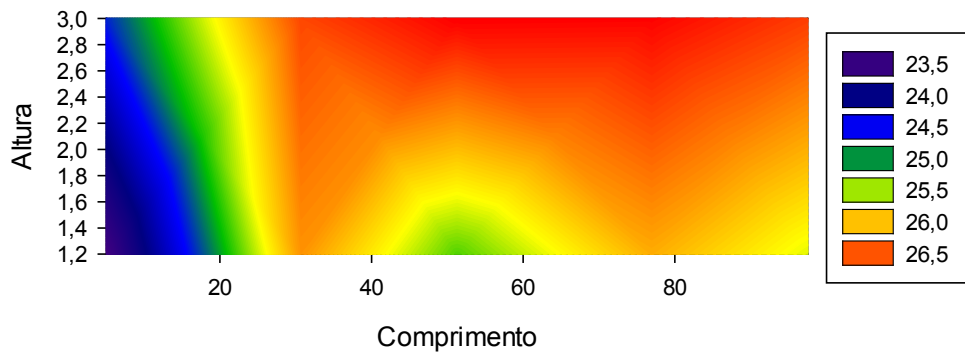
Período Diurno - Perfil Longitudinal 02



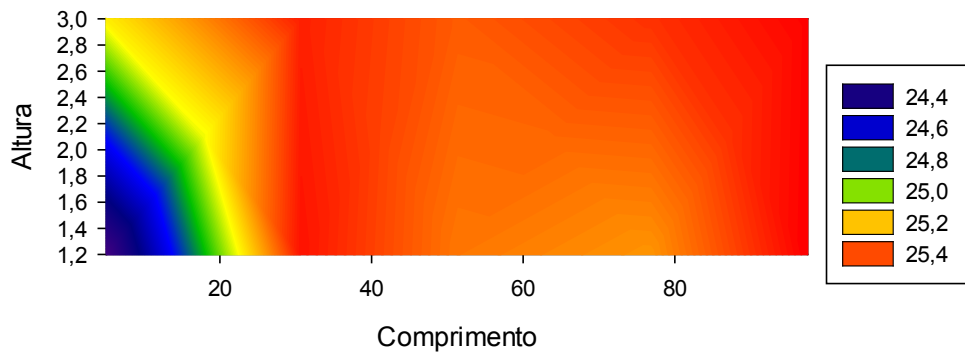
Período Diurno - Perfil Longitudinal 03



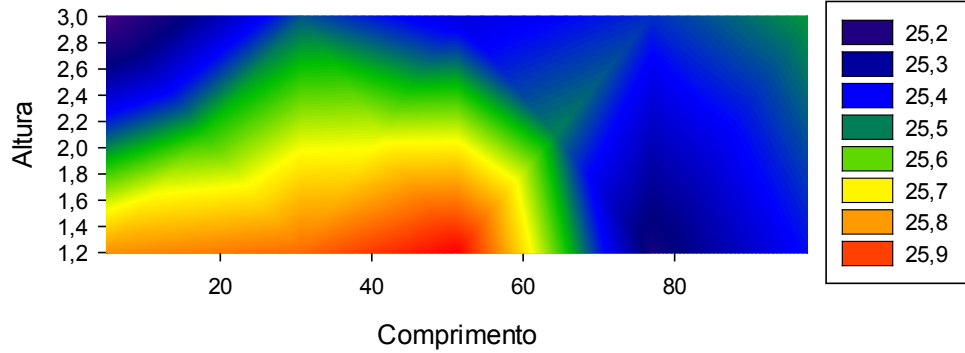
Período Diurno - Perfil Longitudinal 04



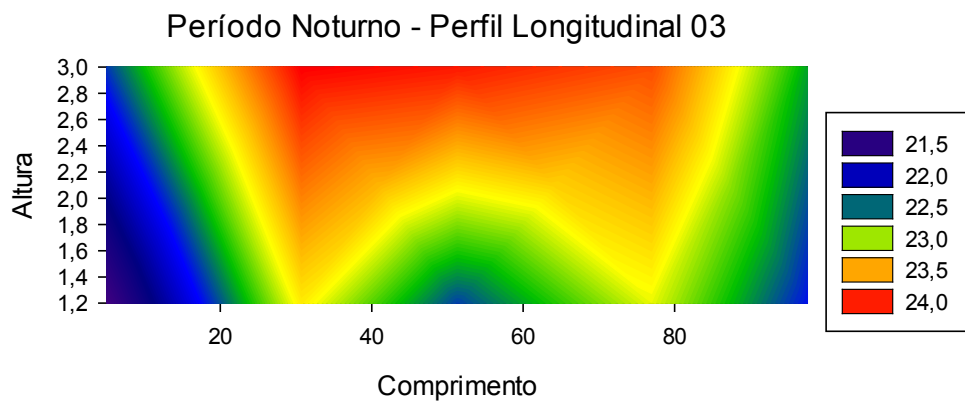
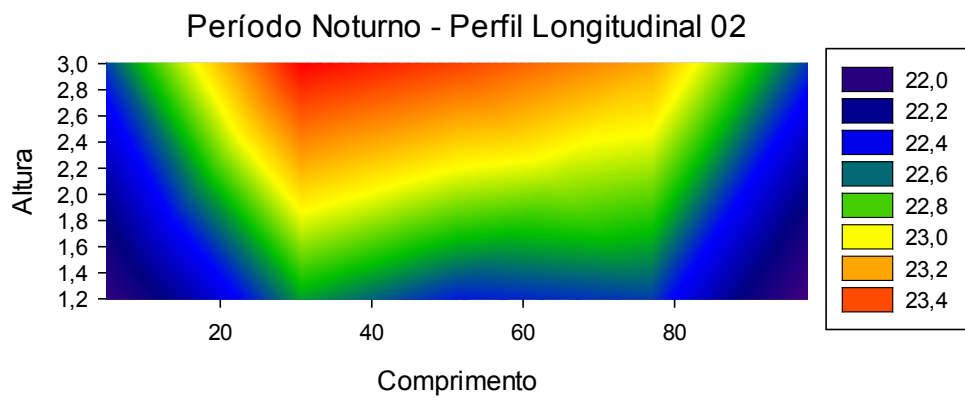
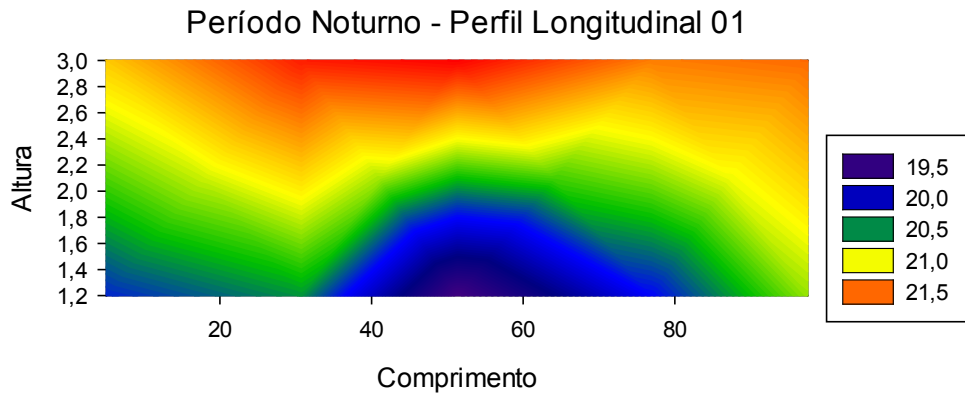
Período Diurno - Perfil Longitudinal 05



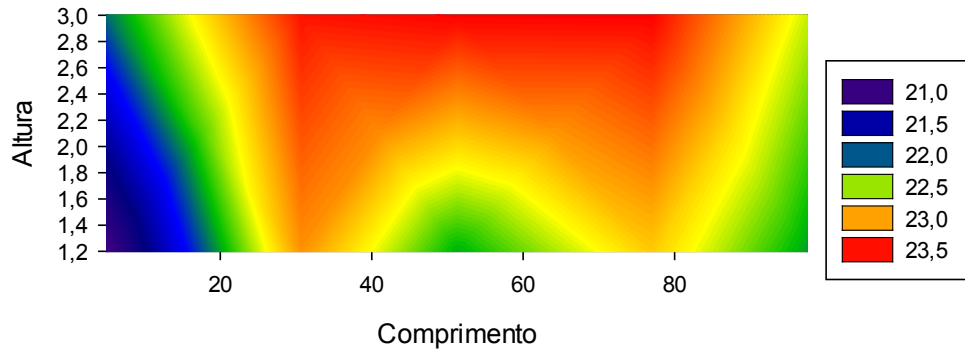
Período Diurno - Perfil Longitudinal 06



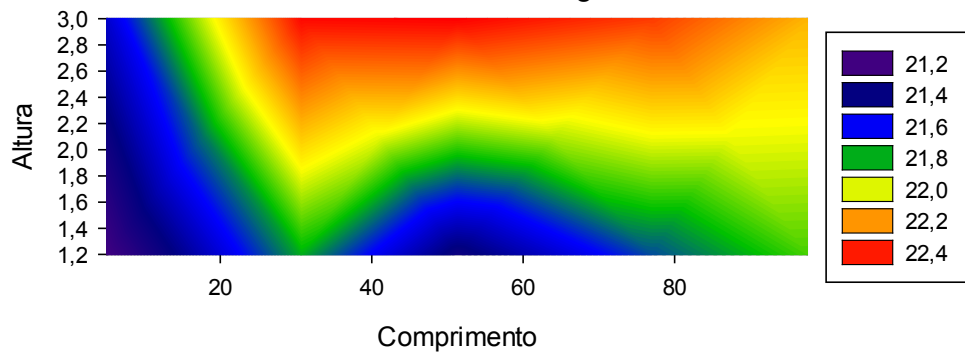
Temperatura Perfil longitudinal – Período Noturno



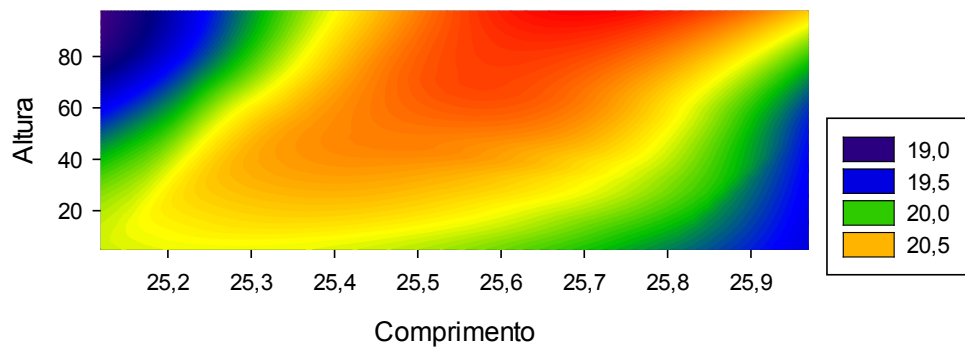
Período Noturno - Perfil Longitudinal 04



Período Noturno - Perfil Longitudinal 05



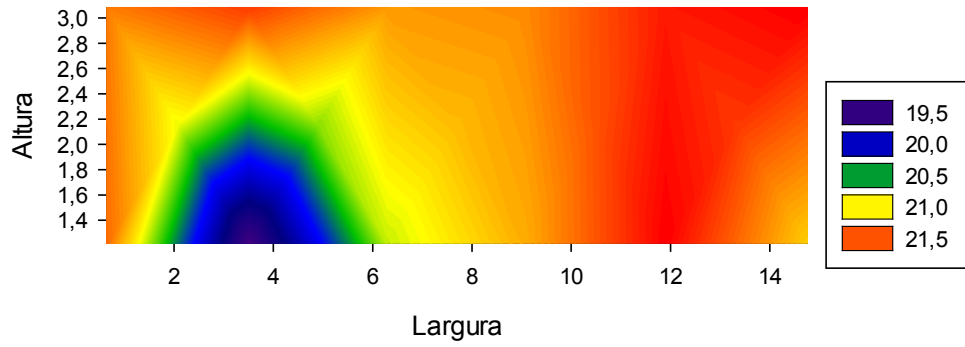
Período Noturno - Perfil Longitudinal 06



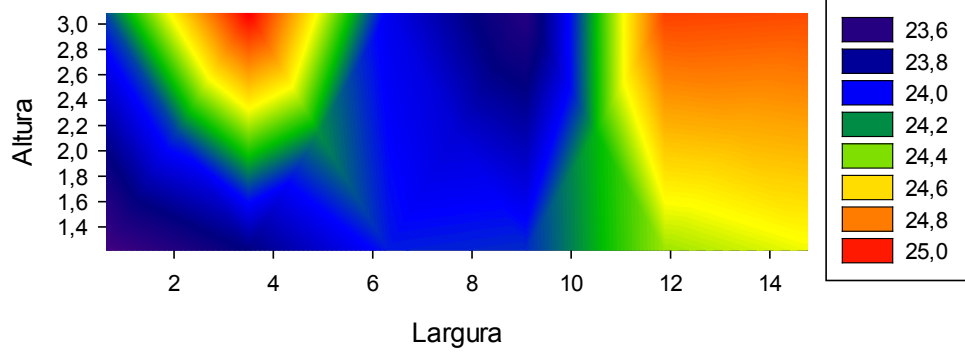
Apêndice 03

Temperatura perfil transversal – Período Diurno

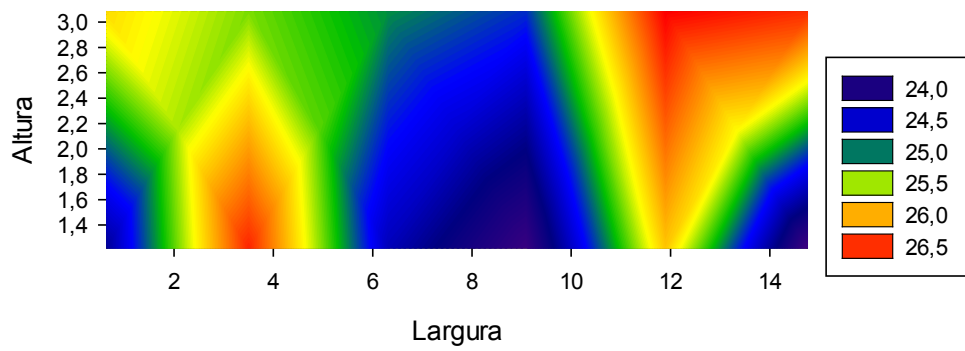
Período Diurno - Perfil Transversal 01



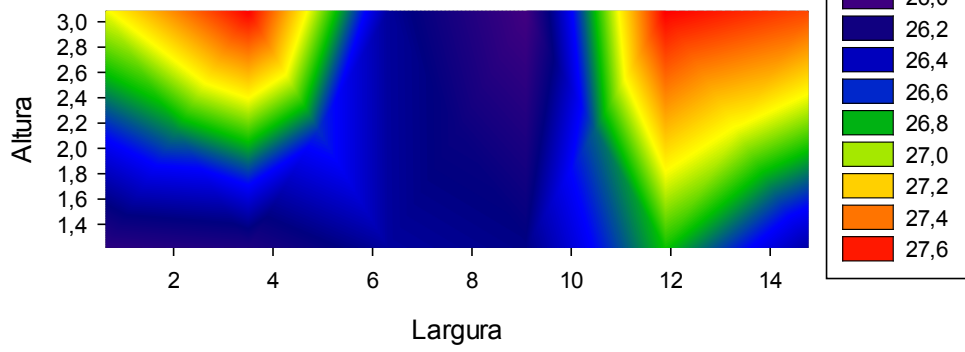
Período Diurno - Perfil Transversal 02



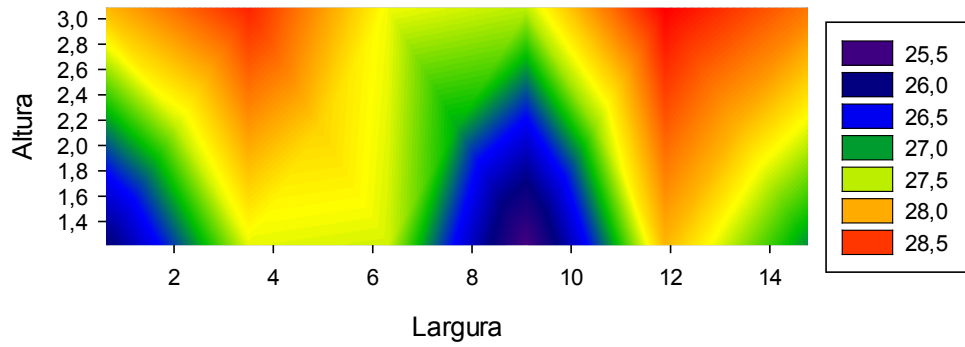
Período Diurno - Perfil Transversal 03



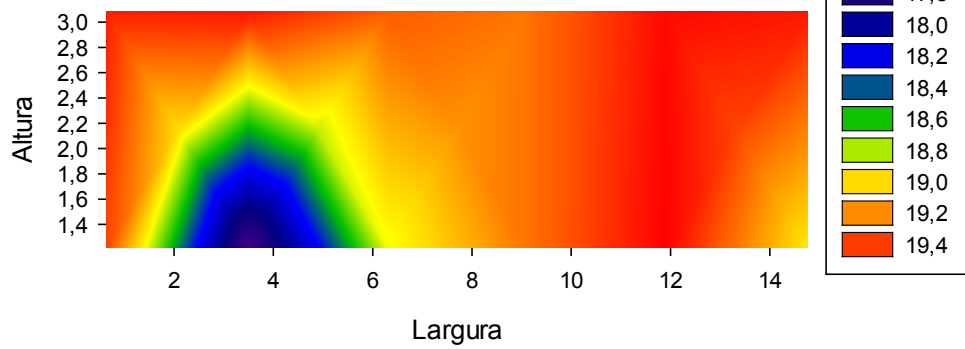
Período Diurno - Perfil Transversal 04



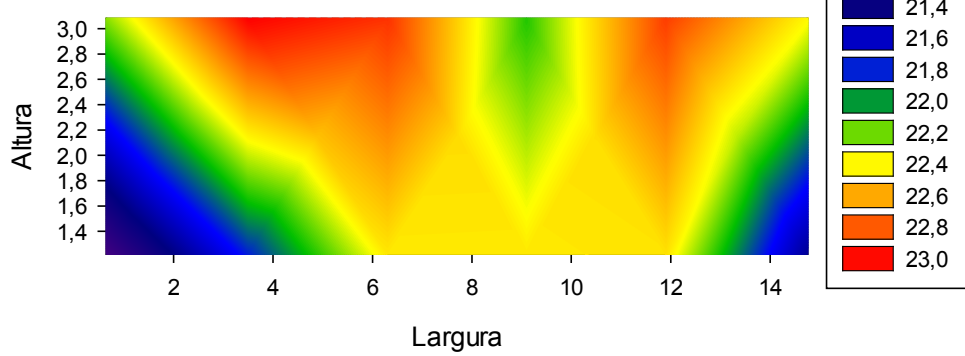
Período Diurno - Perfil Transversal 05



Período Noturno - Perfil Transversal 01

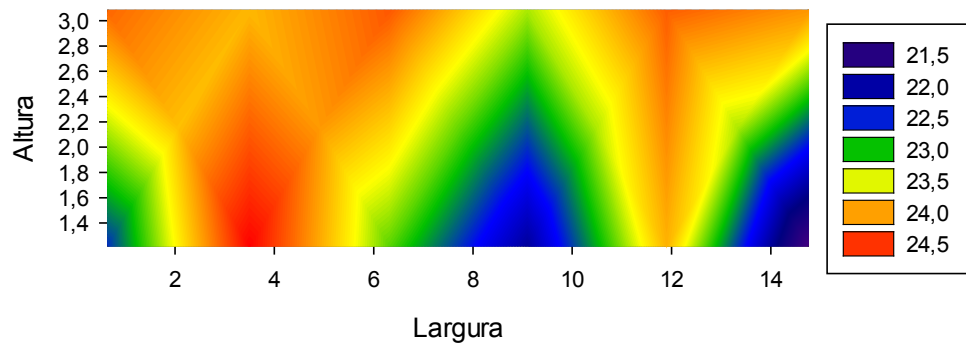


Período Noturno - Perfil Transversal 02

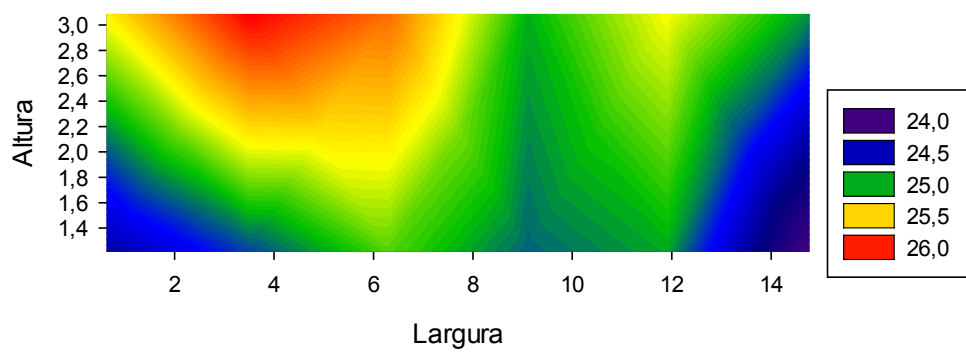


Temperatura perfil transversal – Período Noturno

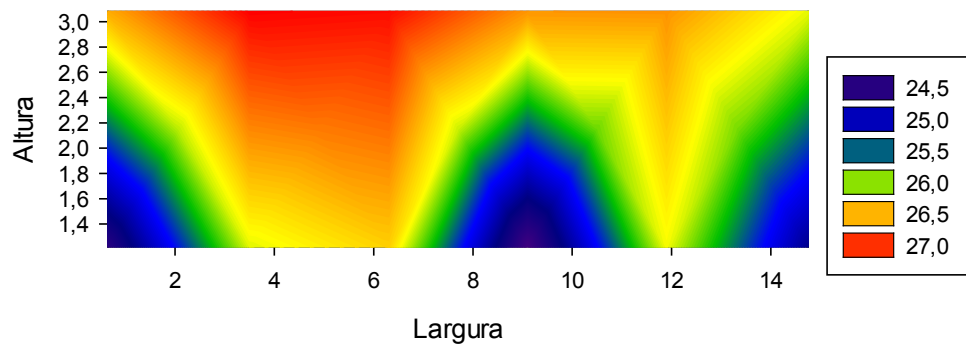
Período Noturno - Perfil Transversal 03



Período Noturno - Perfil Transversal 04

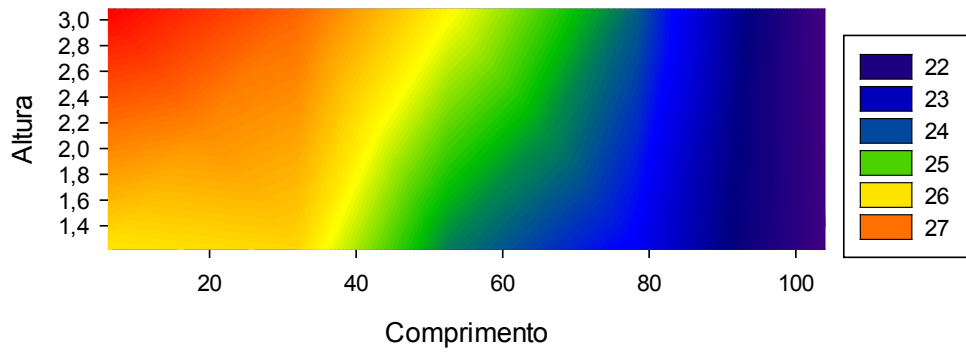


Período Noturno - Perfil Transversal 05

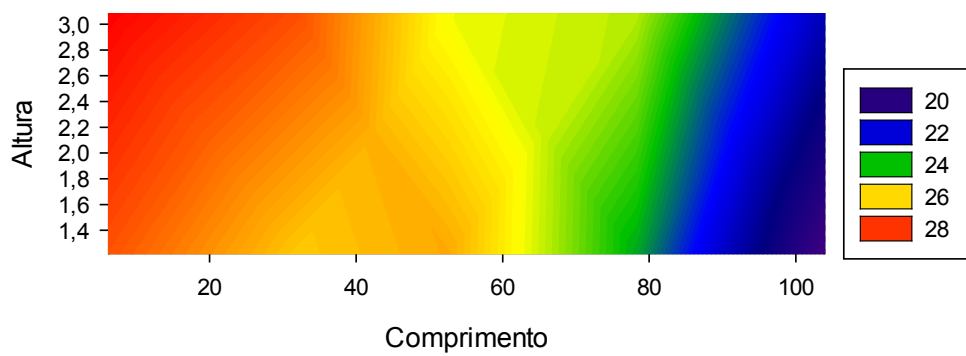


Temperatura perfil Longitudinal – Período Diurno

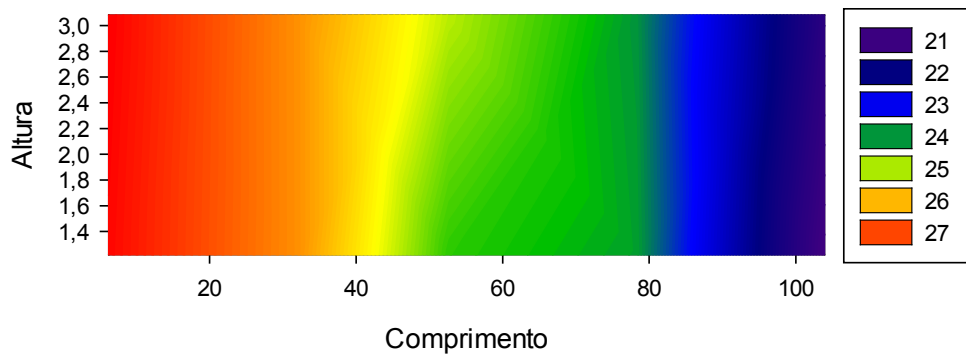
Período Diurno - Perfil Longitudinal 01



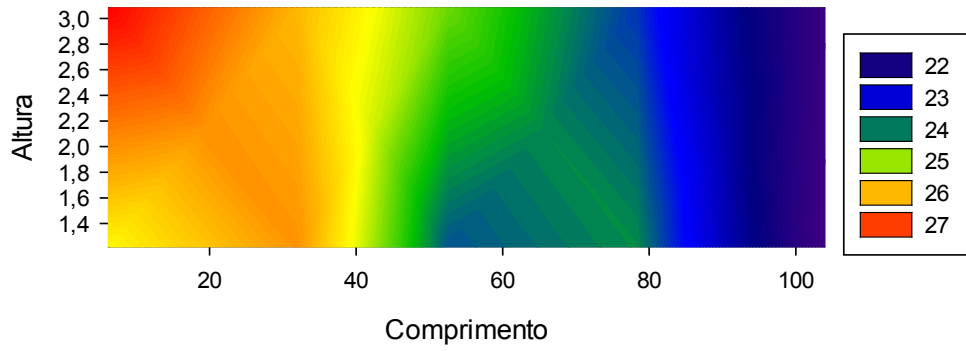
Período Diurno - Perfil Longitudinal 02



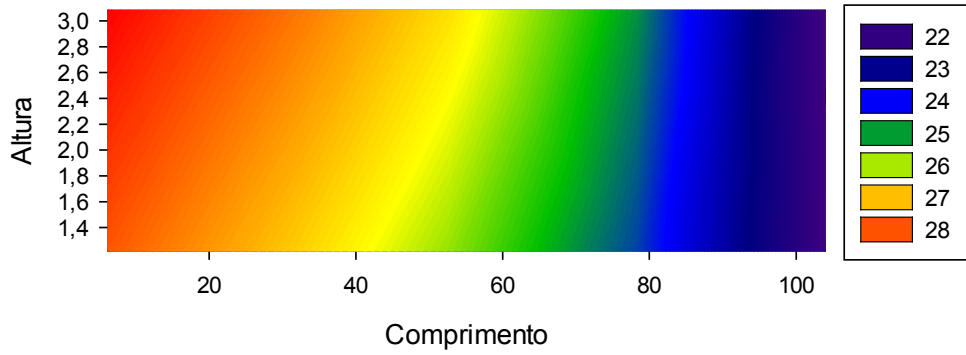
Período Diurno - Perfil Longitudinal 03



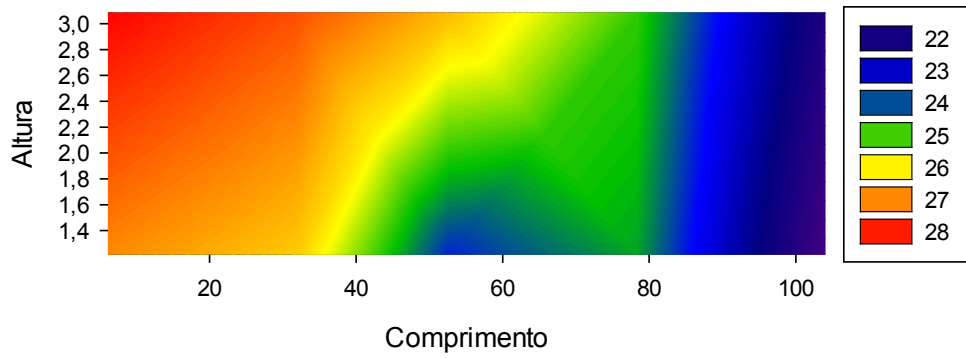
Período Diurno - Perfil Longitudinal 04



Período Diurno - Perfil Longitudinal 05

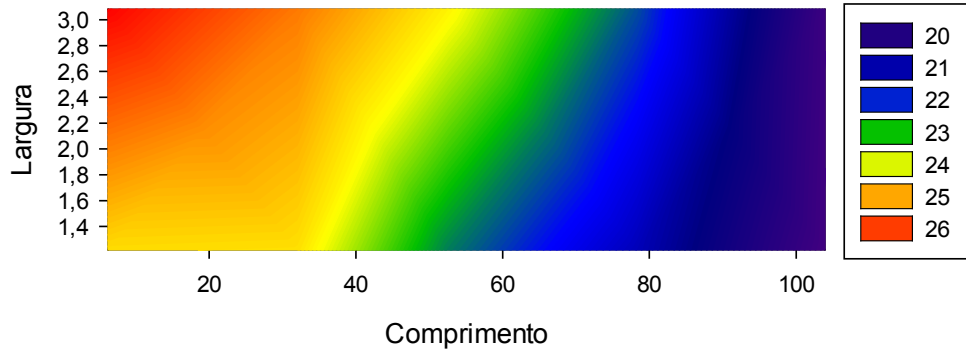


Período Diurno - Perfil Longitudinal 06

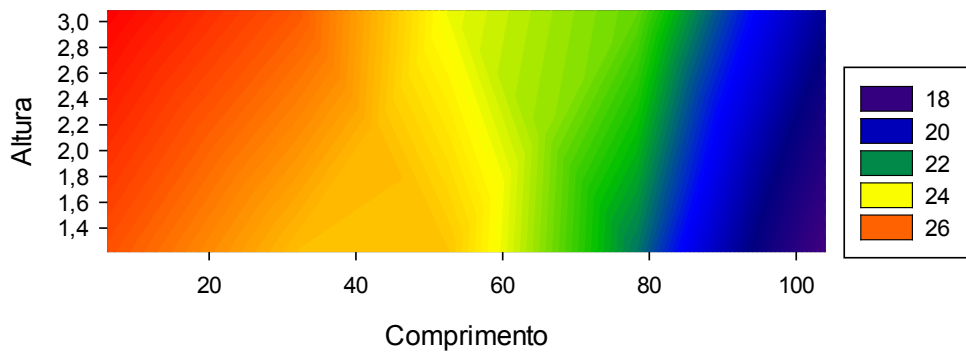


Temperatura perfil Longitudinal – Período Noturno

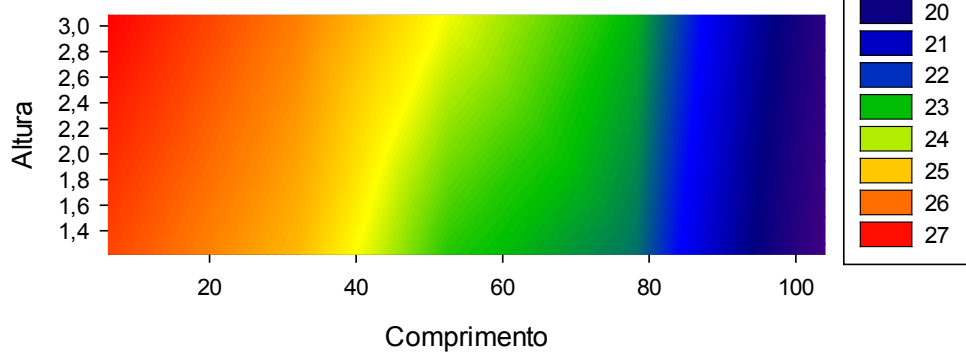
Período Noturno - Perfil Longitudinal 01



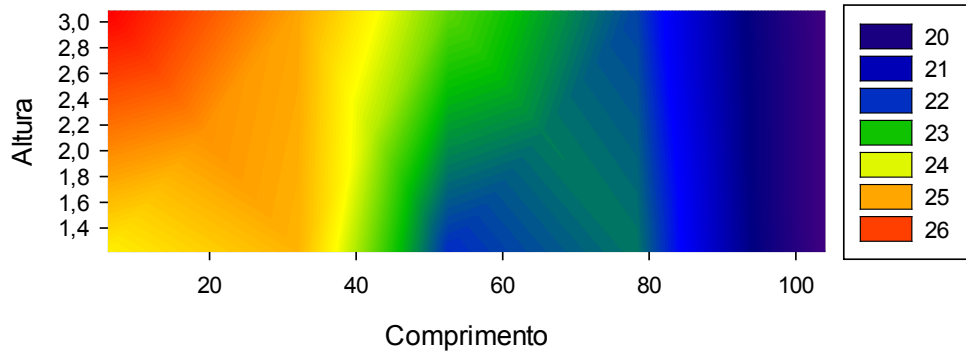
Período Noturno - Perfil Longitudinal 02



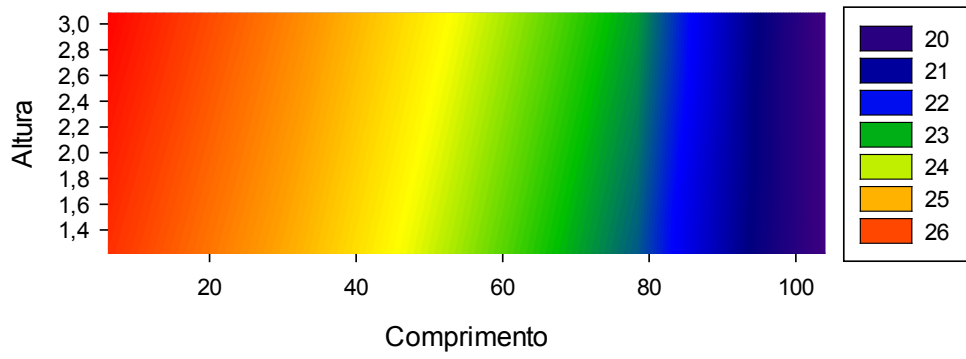
Período Noturno - Perfil Longitudinal 03



Período Noturno - Perfil Longitudinal 04



Período Noturno - Perfil Longitudinal 05



Período Noturno - Perfil Longitudinal 06

