

DIOGO JOSÉ DE REZENDE COELHO

**AMBIENTE TÉRMICO E AÉREO DE AVIÁRIOS SÓLIDOS
DE FRANGOS DE CORTE ACONDICIONADOS ARTIFICIALMENTE
PARA CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO BRASIL E PORTUGAL**

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
2018

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

T

C672a
2018

Coelho, Diogo José de Rezende, 1987-

Ambiente térmico e aéreo de aviários sólidos de frangos de corte acondicionados artificialmente para condições climáticas do Brasil e Portugal / Diogo José de Rezende Coelho. – Viçosa, MG, 2018.

viii, 164f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Frango de corte - Instalações - Aquecimento e ventilação.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola.
II. Título.

CDD 22 ed. 631.2

DIOGO JOSÉ DE REZENDE COELHO

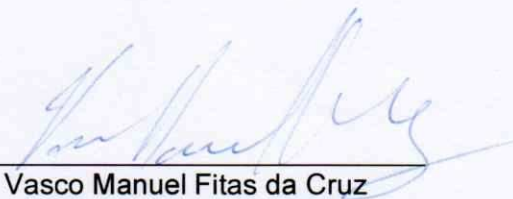
**AMBIENTE TÉRMICO E AÉREO DE AVIÁRIOS SÓLIDOS
DE FRANGOS DE CORTE ACONDICIONADOS ARTIFICIALMENTE
PARA CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO BRASIL E PORTUGAL**

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*.

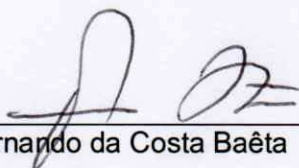
APROVADA: 26 de fevereiro de 2018.



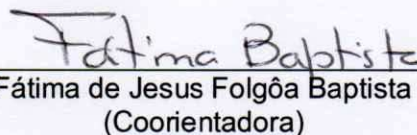
Marcos Oliveira de Paula



Vasco Manuel Fitas da Cruz



Fernando da Costa Baêta



Fátima de Jesus Folgôa Baptista
(Coorientadora)



Ilda de Fátima Ferreira Tinôco
(Orientadora)

Dedico:

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

AGRADECIMENTOS

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

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

A Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola, seus funcionários e aos colegas da Área de Construções Rurais e Ambiente, pelo apoio recebido durante o meu doutorado.

A minha orientadora, Professora Ilda Tinôco, pela amizade, confiança e ensinamentos durante todo o período em que fiz parte do AMBIAGRO

Aos Professores Fernando da Costa Baêta e Cecília de Fátima pelos ensinamentos, apoio e sugestões.

Aos Professores Vasco Cruz e Fátima Baptista pelo apoio, ensinamentos e acolhida durante toda a estadia em Portugal.

A Universidade de Évora pela oportunidade de realização do doutorado sanduiche.

Aos amigos que me auxiliaram e foram fundamentais para montagem e execução destes trabalhos no campo.

A todos os amigos do AMBIAGRO pela companhia e amizade.

A Marcela pelo companheirismo, compreensão, apoio e incentivo em todos os momentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pesquisa de Nível Superior (Capes), pela concessão das bolsas de estudos.

Ao CNPq, Capes e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

A Pif-Paf Alimentos e seus funcionários pelo apoio e oportunidade de realização deste trabalho.

A Dona Maria e Nilton pela amizade, apoio e compreensão durante o desenvolvimento deste trabalho no aviário.

Ao Gil Ribeiro pelo apoio a execução do trabalho no aviário em Portugal.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

CONTEÚDO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT	viii
1. Introdução geral.....	1
2. Objetivo geral	5
2.1. Objetivos específicos	5
3. Referências bibliográficas	6
Experimento I - Mapeamento térmico e aéreo para controle fino de climatização de aviários sólidos para frangos de corte no Brasil	9
Resumo	9
Abstract.....	10
1. Introdução.....	11
2. Materiais e métodos	14
2.1. Caracterização da área experimental.....	14
2.2. Sistema de aquisição de dados de temperatura e umidade	16
2.3. Distribuição dos sensores	17
2.4. Cálculo dos índices de conforto	18
2.5. Mapeamento do ambiente interno do aviário	19
2.6. Posição espacial representativa das condições térmicas do aviário.....	19
2.7. Avaliação da qualidade do ar.....	20
3. Resultados e discussão.....	21
3.1. Fase com aquecimento	21
3.1.1. Temperatura do ar.....	21
3.1.2. Umidade relativa do ar.....	27
3.1.3. Índice de Temperatura e Umidade - ITU	30
3.1.4. Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade - ITGU	33
3.1.5. Qualidade do ar	36
3.2. Fase pós aquecimento.....	40
3.2.1. Temperatura do ar.....	40
3.2.2. Umidade relativa do ar.....	46
3.2.3. Índice de Temperatura e Umidade – ITU	49
3.2.4. Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade - ITGU	51
3.2.5. Posição espacial representativa das condições térmicas do aviário.....	54
3.2.6. Qualidade do ar	57

4.	Conclusão.....	59
5.	Referências bibliográficas	60
	Experimento II - Mapeamento e análise do ambiente térmico de aviários com isolamento térmico e piso radiante para frangos de corte em Portugal.....	68
	Resumo	68
	Abstract.....	69
1.	Introdução.....	70
2.	Materiais e métodos.....	73
2.1.	Caracterização da área experimental.....	73
2.2.	Sistema de aquisição de dados de temperatura e umidade	76
2.3.	Distribuição dos sensores na parte interna do aviário.....	77
2.4.	Cálculo do índice de conforto	78
2.5.	Mapeamento e análise do ambiente térmico interno ao aviário.....	78
2.6.	Posição espacial representativa das condições térmicas internas ao aviário	79
3.	Resultados e discussão.....	80
3.1.	Fase com aquecimento	80
3.1.1.	Temperatura do ar.....	80
3.1.2.	Umidade relativa do ar.....	94
3.1.3.	Índice de Temperatura e Umidade - ITU	100
3.2.	Fase pós aquecimento.....	106
3.2.1.	Temperatura do ar.....	106
3.2.2.	Umidade relativa do ar.....	116
3.2.3.	Índice de Temperatura e Umidade - ITU	122
3.3.	Posição espacial representativa das condições térmicas do aviário.....	127
4.	Conclusão.....	136
5.	Referências bibliográficas	137
	Considerações finais.....	145
	Apêndice A.....	146

RESUMO

COELHO, Diogo José de Rezende, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Ambiente térmico e aéreo de aviários sólidos de frangos de corte acondicionados artificialmente para condições climáticas do Brasil e Portugal.** Orientador: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Coorientadores: Cecília de Fátima Souza, Fátima de Jesus Folgôa Baptista e Matteo Barbari.

A avicultura de corte é uma das atividades da pecuária mais importante em todo o mundo, sendo fonte de proteína animal de qualidade e baixo custo, além da geração de renda e emprego para a população. A atividade avícola vem se aperfeiçoando e investindo cada vez mais em tecnologias para melhor produtividade e bem estar animal, assim, permite novos conceitos em sistemas de criação de frangos de corte. Na escolha de qual sistema implantar, existe a procura incansável por maior eficiência na produção, que possui como pilares a viabilidade econômica e técnica, com destaque nos aspectos produtivos, sanitários e de bem estar. Contudo, sabe-se que o ambiente de criação ainda é um desafio para os sistemas de produção, sendo de interesse para produtores, pesquisadores, consumidores e demais pessoas relacionadas a atividade. Portanto, esta pesquisa teve como objetivo fazer o levantamento e avaliação do ambiente interno de dois galpões para alojamento de frangos de corte em sistema intensivo de produção, sendo conduzida em duas etapas. A primeira etapa foi realizada em aviário com fechamento de alvenaria, aquecimento por fornalhas a lenha e ventilação pressão negativa tipo túnel, localizado no Brasil. A segunda foi desenvolvida em aviário com fechamento em alvenaria, aquecimento a partir do piso, ventilação pressão negativa tipo cruzada e isolamento térmico nas paredes e cobertura, localizado em Portugal. A tese foi organizada em dois experimentos, onde cada experimento é referente a cada uma das etapas da pesquisa. Os experimentos foram assim intitulados: Experimento I - Mapeamento térmico e aéreo para controle fino de climatização de aviários sólidos para frangos de corte no Brasil; Experimento II - Mapeamento e análise do ambiente térmico de aviário com isolamento térmico e piso radiante para frangos de corte em Portugal. Observou-se por meio das análises e dos mapas elaborados, que em ambos os aviários foram verificadas variabilidade térmica entre as diferentes posições espaciais da instalação, e que nenhum dos dois sistemas de aquecimento utilizados foram capazes de assegurar uma uniformidade completa da temperatura do ar no interior das instalações. O aviário

localizado no Brasil não garantiu situações de conforto às aves alojadas. Para o aviário localizado em Portugal, conclui-se que as aves estavam em conforto térmico na fase de aquecimento, e em estresse térmico na fase pós aquecimento.

ABSTRACT

COELHO, Diogo José de Rezende, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Thermal and aerial environment of broiler solid aviaries conditioned artificially for climatic conditions in Brazil and Portugal.** Adviser: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Co-advisers: Cecília de Fátima Souza, Fátima de Jesus Folgôa Baptista and Matteo Barbari.

The poultry production is one of the most important activities of livestock around the world, a source of animal protein quality and low cost, in addition to generating income and employment for the population. The poultry activity is improving and increasingly investing in technology to improve productivity and animal welfare, thus enables new concepts in the creation of broiler systems. In choosing which system to deploy, there is the relentless pursuit of greater efficiency in production, which has as pillars of the economic and technical feasibility, especially in the productive aspects, health and wellness. However, it is known that the husbandry environment is still a challenge for the production systems, being of interest to producers, researchers, consumers and other people related to activity. Therefore, this research aimed to survey and evaluate the internal environment of two sheds for housing broiler chickens in intensive production system, being conducted in two stages. The first stage was performed in an aviary with masonry closure, heating by wood-fired furnaces and tunnel-type negative pressure ventilation, located in Brazil. The second was developed in an aviary with masonry closure, heating from the floor, ventilation cross-type negative pressure and thermal insulation in walls and roofing, located in Portugal. The thesis was organized in two experiments, where each experiment is related to each of the stages of the research. The experiments were thus titled: Experiment I - Thermal and aerial mapping for thin air conditioning control of solid aviaries for broiler chickens in Brazil; Experiment II - Mapping and analysis of avian thermal environment with thermal insulation and underfloor heating for broiler chickens in Portugal. It was observed from the analyzes and the maps elaborated that in both aviaries thermal variability was verified between the different spatial positions of the installation, and that neither of the two heating systems used were able to assure a complete uniformity of the air temperature in the inside the facilities. The aviary located in Brazil did not guarantee comfort situations to the birds housed. For the aviary located in Portugal, it was concluded that the birds were in thermal comfort during the heating phase, and in thermal stress in the post-heating phase.

1. Introdução geral

O grande avanço da atividade avícola reflete a importância econômica da produção de aves em todo mundo. A evolução nas áreas da nutrição, genética, manejo e sanidade animal, juntamente com a importância que passou a ser dada à ambientação da ave à sua faixa de conforto térmico, permitiram que avicultura brasileira se consolidasse como uma das principais atividades produtivas do Brasil, estando entre os setores agropecuários que mais cresce no país, além de ser um dos setores mais competitivos mundialmente.

Atualmente o Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne de frango, ficando atrás somente dos EUA, e na posição de maior exportador mundial (ABPA, 2017), segundo projeções da USDA (2017), para o ano de 2018 estas posições devem ser mantidas. Em 2016 a produção brasileira de carne de frango totalizou 12,90 milhões de toneladas (ABPA, 2017), e de acordo com USDA(2017) até outubro já havia atingido para o ano de 2017 a marca de 13,55 milhões de toneladas.

Do total da produção nacional de carne de frango em 2016, cerca de 66% foi destinado para o mercado interno e o restante para exportação, sendo maior 1,86% que o ano anterior, tendo como maior importador a Arábia Saudita, com mais de 746 mil toneladas importadas, seguidas de China e Japão (ABPA, 2017). Desde 2010 o Brasil é o principal fornecedor de carne de frango para a China, alcançando, em 2016, sua quota de mercado em quase 90% (USDA, 2017).

Com uma produção não tão significativa mundialmente, porém expressiva internamente para o país, a produção de carne de frango em Portugal (o qual também foi objetivo de estudo na presente pesquisa), em 2016 foi de 301.572 toneladas, valor este superior em cerca de 4,6% o ano anterior (INE, 2017). Segundo INE (2017) atribui-se o aumento na produção interna de carne em Portugal em virtude de maior peso médio dos animais ao abate, mesmo diante do aumento (2,1%), no número de aves alojadas em relação a 2015. Ainda de acordo com dados do INE (2017), os abates no país revelam um acréscimo da atividade no segmento do frango relativamente a 2015, onde nota-se também uma aumento significativo da importação de pintos de um dia para produção de carne. O aumento da produção nacional refletiu em menor importação da carne de frango brasileira, reduzindo de 1.797 toneladas em 2015 para 841 em 2016.

De uma forma geral, segundo projeções da USDA (2017), a produção mundial de carne de frango deverá crescer em 2018, com uma produtividade em

torno de 91,3 milhões de toneladas, principalmente por ganhos nos Estados Unidos, Brasil, Índia e União Europeia. De acordo com a USDA (2017) as expansões da produção nos EUA e Brasil é impulsionada por maiores exportações, enquanto na União Europeia e Índia são devidas ao crescimento lento, mas constante da demanda doméstica.

Diante da importância mundial da avicultura, não só econômica, mas também por ser grande fornecedora de proteína animal para a alimentação humana, o modo e condições em que as aves são criadas é de interesse de produtores, pesquisadores, consumidores e demais pessoas relacionadas a atividade.

Sabe-se que nos sistemas atuais de produção avícola, os quais tem como objetivo alta produtividade e qualidade no produto final, em espaço físico e tempo relativamente reduzidos, o ambiente em que as aves são criadas desempenha papel fundamental para produção (DAMASCENO et al., 2010).

Macari et al. (2002), Baêta e Souza (2010) e Neves et al. (2010) definem como ambiente a junção de todas as variáveis físicas, químicas, biológicas, sociais e climáticas que afetam os animais. Para Baêta e Souza (2010) o ambiente interno de uma instalação normalmente é resultante das condições locais externas, das características construtivas e dos materiais utilizados na construção, da espécie e do número de animais, do manejo, e das modificações causadas tanto pelos equipamentos componentes do sistema produtivo quanto por aqueles destinados ao acondicionamento ambiental.

Dentre os fatores ambientais, os térmicos, como temperatura e umidade relativa do ar, são os que mais afetam diretamente as aves, pois comprometem sua função vital mais importante, que é a manutenção de sua homeotermia. Sendo assim, por serem animais homeotermos a aves necessitam manter a temperatura interna do corpo em níveis relativamente constantes, mesmo que a custos de duras compensações fisiológicas (TINÔCO, 2001; BARBOSA FILHO et al., 2009; AMARAL et al., 2011).

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

A zona de conforto térmico varia de acordo com a espécie e dentro da mesma espécie animal. Nas aves, essa faixa de temperatura pode mudar de acordo com sua constituição genética, idade, sexo, tamanho corporal, peso, nutrição, estado fisiológico, variação da temperatura ambiente, radiação, umidade e velocidade do ar (TINÔCO, 2001; FURTADO et al., 2003; BRIDI, 2006).

Manter o conforto térmico no interior das instalações avícolas é fator altamente importante para um bom desempenho dos animais, e deve ser observado desde o início da criação. O conforto térmico ambiental pode ser atingido por meio do acondicionamento térmico natural, que consiste na escolha e na utilização racional de técnicas e materiais de construção, além da correta decisão sobre a forma de orientação da construção. Porém em determinadas condições climáticas, para se atingir esse conforto, geralmente, é preciso lançar mão do acondicionamento térmico artificial, que consiste nos diversos tratamentos do ar, como purificação, aquecimento, umidificação, refrigeração, desumidificação, etc (BAÊTA & SOUZA, 2010).

Ambiente inadequado, especialmente sob o aspecto térmico e de qualidade do ar, é potencialmente estressante para as aves, causando transtornos no seu metabolismo, tais como queda de imunidade, doenças, altas taxas de mortalidade, diminuição dos índices de produtividade, perda da qualidade da carne e, conseqüentemente, prejuízos para o produtor.

O microclima dentro das instalações avícolas é influenciado por vários fatores, como orientação, localização, tipo de edificação, tamanho, materiais de construção, com especial destaque ao material de cobertura, além de outros fatores ligados aos próprios animais, ao manejo e equipamentos adotados no acondicionamento térmico (SANTOS et al., 2002; MIRAGLIOTTA et al., 2006).

Para um mesmo aviário, o ambiente interno pode apresentar regiões com diferentes temperaturas e umidades relativas do ar, devido a fatores tais como grandes dimensões das instalações, erros na concepção arquitetônica e materiais construtivos empregados, sistemas de acondicionamento térmico mal dimensionados e inadequados para determinadas condições climáticas.

Esta variabilidade na temperatura e umidade relativa do ar é um complicante no manejo dos sistemas de acondicionamento térmico ambiente, tais como sistemas de aquecimento, sistemas de ventilação, sistemas de resfriamento adiabático evaporativo, etc, uma vez que os sensores para o

comando de acionamento destes sistemas podem estar em posições inadequadas no interior dos aviários, que não representam as condições térmicas a que aves estão submetidas, gerando ações de acondicionamento térmico equivocadas e, por conseguinte, afetando negativamente a produtividade e a uniformidade do lote de aves.

Diariamente as instalações recebem a ação do clima, como insolação, temperatura, ventos, chuva e umidade do ar, logo devem ser projetadas e construídas com o intuito principal de reduzir estas influências climáticas sobre os animais, visando assim melhores condições de criação (DAMASCENO et al., 2010; MELO et al., 2013).

Segundo Tinôco (2001) adequar a instalação avícola ao clima de um determinado local e a uma determinada exploração significa criar e construir espaços ajustados às necessidades dos indivíduos que a ocupam e que possibilitem aos mesmos, condições favoráveis de conforto. Dessa forma o projeto deve amenizar as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, tais como os de excessivo calor, frio ou vento, como também propiciar ambientes os quais sejam, no mínimo, confortáveis para que altos índices produtivos sejam alcançados.

De acordo com Abreu e Abreu (2011) há algum tempo a avicultura de corte vem se aperfeiçoando e investindo cada vez mais em tecnologias para melhor produtividade e bem estar animal, assim, permite novos conceitos em sistemas de criação de frangos de corte. Na escolha de qual sistema implantar, existe a procura incansável por maior eficiência na produção, que possui como pilares a viabilidade econômica e técnica, com destaque nos aspectos produtivos, sanitários e de bem estar.

Com o passar dos anos os modelos antigos de produção com extremidades abertas, ventilação natural, comedouros e bebedouros manuais, passaram a ser substituídas por instalações mais modernas, com ambientes acondicionados artificialmente, por meio do uso de ventiladores, nebulizadores, e painéis de evaporativos, assim como o uso de comedouros e bebedouros automáticos, e maior controle das variações climáticas e qualidade do ar (COSTA et al., 2010).

Muitos dos modelos de aviários implantados na avicultura resultaram de inovações introduzidas por técnicos e criadores ou absorção de tecnologias externas. Esse fato associado a pouca observância nas fases de planejamento

e concepção arquitetônica, por razões econômicas ou mesmo por desconhecimento, sem os ajustes necessários ao bioclima local, constitui um grande desafio para avicultura.

A vasta diversidade de condições climáticas observados no mundo, diversidade essa que está presente também no Brasil, em virtude de sua vasta extensão territorial, evidencia a necessidade em analisar os diferentes princípios construtivos dos aviários, de modo a chegar aos sistemas de criação que possam apresentar melhores resultados para cada região, ou seja, ideal no combate ao estresse por calor ou frio, pois cada região climática impõe uma exigência própria de arranjos com vistas ao conforto térmico.

Dessa forma fica clara a importância de estudos na avicultura, explorando todas as possibilidades existentes na busca de aperfeiçoar os sistemas de criação de aves, independentemente do grau de tecnologia aplicado. São estudos multidisciplinares, onde principalmente a ambiência tem papel fundamental. A aplicação dos pontos balizadores da ambiência é que proporcionará sistemas mais adequados de criação, para cada condição climática, não só em relação ao ambiente térmico e aéreo, mas também relacionados ao consumo de energia e água, com isso obter cada vez mais, melhores desempenhos produtivos das aves sem afetar, porém, o bem estar das mesmas.

2. Objetivo geral

Esta pesquisa teve como objetivo geral fazer o levantamento e avaliação do ambiente interno de dois galpões para alojamento de frangos de corte em sistema intensivo de produção, sendo o primeiro aviário com fechamento de alvenaria, aquecimento por fornalhas a lenha e ventilação pressão negativa tipo túnel, localizado no Brasil, e o segundo aviário com fechamento em alvenaria, aquecimento por piso radiante, ventilação pressão negativa tipo cruzada e isolamento térmico nas paredes e cobertura, localizado em Portugal.

2.1. Objetivos específicos

I. Elaborar mapas da distribuição de temperatura do ar, umidade relativa do ar e Índice de Temperatura e Umidade, do interior dos diferentes aviários nas fases com e pós aquecimento;

- II. Avaliar o comportamento da temperatura do ar, umidade relativa do ar e Índice de Temperatura e Umidade, interna e externamente aos aviários, ao longo dos dias de vida das aves, durante o todo período de produção;
- III. Analisar a variação da temperatura do ar, umidade relativa do ar e Índice de Temperatura e Umidade, nos dois aviários para diferentes períodos;
- IV. Analisar o ambiente em relação ao Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade do aviário localizado no Brasil;
- V. Analisar o ambiente aéreo interno do aviário brasileiro, quanto ao nível de amônia;
- VI. Estabelecer as posições mais representativas para alocação dos sensores de temperatura do ar e umidade relativa do ar no interior dos aviários.

Com base no exposto a tese foi organizada em dois experimentos, assim intitulados:

Experimento I: Mapeamento térmico e aéreo para controle fino de climatização de aviários sólidos para frangos de corte no Brasil

Experimento II: Mapeamento e análise do ambiente térmico de aviários com isolamento térmico e piso radiante para frangos de corte em Portugal

3. Referências bibliográficas

- ABPA. Relatório Anual da ABPA 2017 - Associação Brasileira de Proteína Animal. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/>>, 2017.
- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 40, n. (supl. especial), p. 1–14, 2011.
- AMARAL, A. G.; YANAGI JUNIOR, T.; LIMA, R. R.; TEIXEIRA, V. H.; SCHASSI, L. Efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 63, n. 3, p. 649–658, 2011.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em edificações rurais - Conforto Animal. Viçosa: UFV, 2. ed. 2010. 269p.
- BARBOSA FILHO, J. A. D.; VIEIRA, F. M. C.; SILVA, I. J. O.; GARCIA, D. B.; SILVA, M. A. N.; FONSECA, B. H. F. Transporte de frangos: caracterização do microclima na carga durante o inverno. Revista Brasileira de Zootecnia, v.

38, n. 12, p. 2442–2446, 2009.

BRIDI, A. MARIA. Instalações e ambiência em produção animal. II Curso sobre a qualidade da carne suína. Anais...Londrina: 2006. Disponível em: <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/InstalacoeseAmbienciaeProducaoAnimal.pdf>

COSTA, F. G. P.; SILVA, J. H. V.; LIMA, R. C.; OLIVEIRA, C. F. S.; RODRIGUES, V. P.; PINHEIRO, S. G. Scientific progress in the production of monogastric in the first decade of the twenty-first century. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. suppl spe, p. 288–302, 2010.

DAMASCENO, F. A.; SCHIASSI, L.; SARAZ, J. A. O.; GOMES, R. C. C.; BAETA, F. C. Concepções arquitetônicas das instalações utilizadas para a produção avícola visando o conforto térmico em climas tropicais e subtropicais. *PubVet*, v. 4, n. 42, 2010.

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, n. 3, p. 559–564, 2003.

INE. Estatísticas Agrícolas 2016. Instituto Nacional de Estatística. 174p. 2017

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2. ed. FUNEP/UNESP, 2002.

MELO, T.; FURLAN, R.; MILANI, A.; BUZANSKAS, M.; MOURA, A.; MOTA, D.; CARDOSO, D. Avaliação de diferentes inclinações e exposições de telhado em três tipos de cobertura em modelos reduzidos de instalações zootécnicas. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 34, n. 3, p. 1327–1338, 2013.

MIRAGLIOTTA, M. Y.; NAAS, I. A.; MANZIONE, R. L.; NASCIMENTO, F. F. Spatial analysis of stress conditions inside broiler house under tunnel ventilation. *Scientia Agricola*, v. 63, n. 5, p. 426–432, 2006.

NEVES, D. P.; NAAS, I. DE A.; BARACHO, M. S. Ambiente de alojamento e equipamentos de alimentação na avicultura industrial brasileira - uma revisão. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 4, n. 1, p. 1, 2010.

SANTOS, R. C.; TINÔCO, I. F. F.; PAULO, M. O.; CORDEIRO, M. B.; SILVA, J. N. Análise de coberturas com telhas de barro e alumínio, utilizadas em instalações animais para duas distintas alturas de pé-direito. *Revista*

- Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, n. 1, p. 142–146, 2002.
- TINÔCO, I. DE 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. 01–26, 2001.
- USDA. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service, p. 27, 2017.

Experimento I - Mapeamento térmico e aéreo para controle fino de climatização de aviários sólidos para frangos de corte no Brasil

Resumo

A presente pesquisa teve como objetivo realizar o mapeamento térmico completo de aviário para frangos de corte, com fechamento em alvenaria, assim como identificar a variabilidade térmica, analisar o ambiente em relação a temperatura do ar, umidade relativa do ar, Índice de Temperatura e Umidade, Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, além de estabelecer a posição mais representativa das condições médias de temperatura e umidade relativa do ar interna no interior do alojamento para melhor posicionamento dos sensores de comando dos painéis climatizadores. Objetivou-se, também, proceder a análise da qualidade do ar do aviário quanto ao nível de amônia. O trabalho foi conduzido durante inverno, em granja comercial de frangos de corte, no município de Piranga – MG. A instalação possui 145 metros de comprimento e 14 metros de largura, pé-direito de 3 metros, presença de forro de poliuretano posicionado a uma altura de 2,6 metros do piso, estrutura metálica e cobertura com telhas onduladas de aço galvanizado, com 30 mil aves alojadas, na densidade de 15 aves por m². O aviário é completamente fechado nas laterais, por meio de alvenaria de blocos de concreto, e totalmente automatizado. Possui sistema de ventilação forçada por pressão negativa, munido com sistema de resfriamento adiabático evaporativo do ar de entrada via uso de pad cooling e sistema de nebulização adicional, via duas linhas de nebulização. O sistema de aquecimento utilizado é constituído de fornalha a lenha, localizada externamente ao aviário, sendo o calor gerado (via ar aquecido) conduzido para o centro do alojamento. Foram distribuídos em todo o interior do aviário 40 sensores de temperatura, a uma altura de 0,30 metros a partir do piso, e 8 datalogger contendo os sensores de umidade relativa do ar, posicionados juntamente com os sensores de temperatura do ar. Os mapas demonstram a presença de variabilidade térmica no interior do aviário. Verifica-se também que o aviário com paredes de alvenaria não garantiu situações de conforto térmico às aves alojadas, as quais se encontraram em determinados períodos e em algumas regiões internas ao aviário, em situação de desconforto térmico. A qualidade do ar, em relação ao nível de amônia esteve acima dos limites recomendados para as aves durante todo período de criação. Para os melhores posicionamentos

especiais para alocação dos sensores de temperatura do ar foram definidas as regiões central e lateral da instalação, afastados das entradas e saídas de ar. Para os sensores de umidade relativa do ar os melhores posicionamentos são na lateral da instalação e próximos das entradas e saídas de ar.

Palavras chave: aviários de alvenaria, distribuição térmica, acondicionamento térmico, amônia.

Abstract

This present research had as objective to perform the complete thermal mapping of aviary broiler, with closing in masonry, as well as to identify the thermal variability, to analyze the environment in relation to the air temperature, relative humidity of the air, Temperature and Humidity Index, Black Globe Temperature and Humidity Index, in addition to establishing the most representative position of the average conditions of temperature and relative humidity of the internal air inside the aviaries for better positioning of the control sensors of the air conditioning panels. The aviary air quality was also analyzed for ammonia level. This research was carried out on a commercial farm located in the Piranga - Minas Gerais. The installation is 145 meters long and 14 meters wide, right foot of 3 meters, presence of polyurethane lining positioned at a height of 2.6 meters of the floor, metallic structure and cover with corrugated tiles of galvanized steel, with 30 thousand broiler housed, density of 15 birds per m². The aviary is fully enclosed on the sides, by masonry of concrete blocks, and fully automated. The aviary contains forced ventilation system by negative pressure, equipped with an adiabatic cooling system evaporative of the intake air through the use of pad cooling and additional fogging system via two nebulization lines. The heating system used consists of a wood-burning furnace located externally to the aviary, the heat generated (via heated air) being directed to the center of the housing. In the interior of the aviary 40 temperature sensors and 8 relative humidity sensors were installed, a height of 0.30 meters from the floor. The maps show the presence of thermal variability inside the aviary. It is also verified that the masonry walls did not guarantee comfort situations to the birds housed, which were found in certain periods and in some regions inside the aviary, in situation of thermal discomfort. The air quality in relation to the ammonia level was above the recommended limits during all period. For the best spatial positioning for the allocation of the air temperature sensors, the central and lateral regions of the

installation were defined, away from the air inlets and outlets. For air relative humidity sensors the best positions are on the side of the installation and close to the air inlets and outlets.

Key words: masonry aviaries, thermal distribution, thermal condition, ammonia.

1. Introdução

A avicultura brasileira é uma das atividades econômicas mais importantes do setor agropecuário, sendo que grandes avanços e investimentos vem sendo continuamente realizados na área, o que posicionou o Brasil em segundo e primeiro lugar, respectivamente, como produtor e exportador mundial de carne de frango (ABPA, 2017). Entretanto, as características dos climas tropical e subtropical predominantes no Brasil, aliadas à imperativa necessidade de busca da sustentabilidade social, ambiental e econômica própria para a realidade geral do país, impõem uma série de cuidados específicos.

Logo há a predominância de tipologias arquitetônicas e construtivas específicas, bem como sistemas de manejo ambiental diferenciados e, muitas vezes variáveis em função dos custos de produção de cada elemento envolvido no conjunto da atividade, fazendo com que o ambiente de criação ainda seja um desafio para os sistemas de produção avícola praticados no país.

Considerando o clima brasileiro e, com base na sustentabilidade energética e econômica da atividade, o consenso geral predominante no Brasil, tem sido pela escolha de aviários de frangos de corte denominados “híbridos”, ou seja, aqueles que podem ser manejados abertos e com ventilação natural, o que leva a custo mínimo de energia nestes momentos; e que, também, podem ser manejados fechados e munidos com sistema de ventilação forçada negativa, nos momentos de estresse das aves. Em qualquer caso, obviamente os aviários brasileiros devem poder ser fechados e providos com sistemas de aquecimento, que possam ser acionados nos momentos de estresse das aves por frio.

O grande desafio, contudo, é que os aviários brasileiros por questões predominantemente econômicas relativas ao custo inicial de construção, tem falhado no isolamento térmico, o qual é muito débil para a quase totalidade dos galpões (telhados não isolantes e paramentos laterais em cortinas moveis de poliuretano), gerando recorrentes episódios de estresse das aves, tanto por frio, quanto por calor, muito embora a amplitude térmica em geral seja pequena.

Diversos autores brasileiros (MORAES et al.1999; OLIVEIRA et al., 2000; LAVOR et al., 2008; PAULA, 2009; CARVALHO, 2013; MENDES, 2015) tem defendido o emprego de isolamento térmico principalmente das coberturas, uma vez que a maior contribuição para o sobreaquecimento dos aviários advém da radiação solar através das coberturas. Carvalho (2013) observou melhorias no ambiente térmico na ordem de 4°C a menos na temperatura interna de protótipos de aviários com o uso de isolamento térmico na cobertura, comparativamente a protótipos sem a presença de isolamento térmico.

Entretanto, a despeito dos trabalhos confirmarem que a maior contribuição de sobreaquecimento advém das coberturas, vem surgindo no país, um grupo de empresas que vem construindo e apostando num tipo de aviário no qual, em todas as laterais, as cortinas moveis são substituídas por paredes de alvenarias de blocos de concreto ou tijolos cerâmicos, o que mantém o aviário totalmente fechado e empregando ventilação forçada em 100 % do tempo. Estes aviários passaram a ser denominados “aviários sólidos”, para os quais se preconiza a facilidade de manejo do sistema de acondicionamento ambiental e melhoria das condições térmicas ambientais, atribuídas a uma maior inércia térmica garantida pelas paredes laterais.

Torna-se, portanto, um desafio premente a avaliação criteriosa das vantagens e desvantagens de tais aviários “sólidos”, do ponto de vista do real ambiente de criação, comparativamente com os aviários “híbridos” praticados no Brasil.

O fato é que, sabidamente, adequado ambiente térmico e aéreo é de fundamental importância para o bem-estar, produção eficiente, bem como para a saúde e segurança dos trabalhadores dentro dos aviários (SALES et al., 2011).

O ambiente de criação das aves, além de outros fatores relacionados a avicultura, pode influir no custo de produção. O ambiente inadequado, especialmente sob o aspecto térmico e de qualidade do ar, é potencialmente estressante as aves, causando transtornos no seu metabolismo, tais como queda de imunidade, doenças, altas taxas de mortalidade, diminuição dos índices de produtividade, perda da qualidade da carne e, conseqüentemente, prejuízos para o produtor.

Contudo, o ambiente de um mesmo aviário, pode apresentar variações muito grandes de temperatura e umidade relativa do ar, em diferentes posições. Logo esta variabilidade pode se tornar um complicante no manejo dos sistemas

de condicionamento térmico ambiente, tais como sistemas de ventilação, sistemas de resfriamento adiabático evaporativo, etc, uma vez que os sensores para o comando liga/desliga destes sistemas podem estar em posições que não representam a realidade térmica do conjunto da área do abrigo, ou as condições de conforto térmico real da grande maioria da população das aves, gerando ações de condicionamento térmico equivocadas e, por conseguinte, afetando negativamente a produtividade e a uniformidade do lote.

Assim, diante da importância da avicultura de corte e, sabendo que variáveis ambientais tais como temperatura e umidade relativa do ar, assim como a presença de gases nocivos, entre eles a amônia, podem influenciar a produtividade, comportamento e bem estar dos animais e, por consequência, a performance geral dos lotes e a manutenção econômica da atividade, torna-se necessário que se proceda permanentemente o monitoramento destas variáveis em tempo real, para se ter o conhecimento da variabilidade espacial e temporal do microclima dentro dos ambientes de criação.

A geração de mapas das variáveis ambientais e a análise do ambiente aéreo podem permitir melhor compreensão do ambiente interno do aviário a fim de possibilitar melhorias nos manejos dos sistemas climatizadores de ambiente, possibilitando maior desempenho geral da atividade, além de redução de mortalidade e melhoria do nível de bem estar animal.

Alguns trabalhos relacionados a mapeamento de instalações avícolas já foram desenvolvidos (COELHO et al., 2015; MENDES, 2015; HERNANDEZ et al., 2016a), para aviários típicos híbridos de pressão negativa, mas não é de conhecimento, até o desenvolvimento desta pesquisa, nenhum trabalho realizado para aviários de frango de corte sólidos, ou seja, com fechamento em alvenaria, o que justifica a importância do presente estudo.

Com base no exposto, objetivou-se, com este trabalho realizar o mapeamento térmico completo de aviário sólido para frangos de corte, com fechamento em alvenaria, assim como identificar a variabilidade térmica, analisar o ambiente em relação a temperatura do ar, umidade relativa do ar, Índice de Temperatura e Umidade, Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, além de estabelecer a posição mais representativa das condições médias de temperatura e umidade relativa do ar interna no interior dos alojamentos para melhor posicionamento dos sensores de comando dos painéis climatizadores.

Objetiva-se, também, proceder a análise da qualidade do ar do aviário quanto ao nível de amônia.

2. Materiais e métodos

2.1. Caracterização da área experimental

O trabalho foi conduzido durante o inverno de 2015, meses de junho e julho, em granja comercial de frangos de corte, no município de Piranga - Minas Gerais, localizado na Zona da Mata, a 720 m de altitude, latitude de 20° 39' 55" S e longitude 43° 17' 58" W. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cwa, caracterizado por um clima subtropical úmido.

O núcleo de criação possui quatro aviários idênticos, mesmas dimensões e posicionados lado a lado, à distância média entre os mesmos é de 40 metros, recebendo aves de mesma idade e originárias de um único incubatório, sendo sorteado e utilizado um único aviário para este trabalho. A instalação possui 145 metros de comprimento e 14 metros de largura, pé-direito de 3 metros, presença de forro de poliuretano posicionado a uma altura de 2,6 metros do piso, estrutura metálica e cobertura com telhas onduladas de aço galvanizado.

O aviário é totalmente fechado nas laterais, por meio de alvenaria de blocos de concreto, espessura de 0,2 metros, revestida na parte interna por argamassa de cimento: areia no traço 1:3 e pintada na cor branca (Figura 1). O alojamento é concebido para produção em sistema Dark House, com manejo dos equipamentos climatizadores, totalmente automatizado, apresentando comedouros também automáticos e bebedouros tipo Nipple.



Figura 1. Vista interna e externa do aviário sólido para frangos de corte.

O alojamento é equipado com sistema de ventilação forçada por pressão negativa, possuindo 9 exaustores (Figura 2), munido com sistema de resfriamento adiabático evaporativo do ar de entrada via uso de pad cooling (material poroso umedecido por nebulizadores de alta pressão). A instalação possui, também, sistema de nebulização adicional, via duas linhas de nebulização posicionadas ao longo do eixo do comprimento da instalação.



Figura 2. Vista interna e externa do sistema de ventilação do aviário sólido para frangos de corte.

O sistema de aquecimento utilizado é constituído de fornalha a lenha, localizada externamente ao aviário, sendo o calor gerado (via ar aquecido) conduzido para o centro do alojamento por meio de uma tubulação de chapas galvanizadas. Na ponta da tubulação existe um distribuidor de ar, com saídas em diferentes ângulos, que direcionam o ar aquecido para todo interior do aviário (Figura 3).



Figura 3. Sistema de aquecimento do ar do aviário sólido para frangos de corte.

O manejo do sistema de acondicionamento térmico foi realizado por pressão negativa em 100% do tempo, sendo os grupos de exaustores acionados paulatinamente por meio de painéis de controle automatizados. Estes painéis eram programados para garantir que as faixas de temperaturas adotadas como ideais para cada fase do ciclo de vida das aves (Tabela 1), pudessem ser garantidas no aviário.

Tabela 1. Programa de temperatura adotado pelo produtor.

Semana	Temperatura (°C)
1	32,5
2	30,5
3	28
4	26
5	24
6	22
7	20

Foram alojadas no aviário 30.000 aves, machos, na densidade de 15 aves por m². A cama utilizada na instalação era casca de café, em 7^a reutilização.

2.2. Sistema de aquisição de dados de temperatura e umidade

O sistema para a coleta de dados de temperatura do ar implementado no experimento, utilizou a tecnologia 1-Wire™. Os sensores de temperatura do ar utilizados foram DS2438, com precisão de 0,5°C, para uma faixa de temperatura entre -10 e 85°C. O sistema 1-Wire™, conforme descrito por Steidle Neto et al. (2005), corresponde a uma rede de transmissão de dados, a qual consiste de um mestre (dispositivo que inicia e controla a transferência de dados) e um escravo (dispositivos da série 1-Wire™, adaptadores e sensores endereçados, controlados pelo mestre). Um software foi desenvolvido e utilizado para realizar a transmissão e aquisição dos dados aferidos pelos sensores de temperatura. Para a coleta dos dados de umidade relativa do ar foi empregado datalogger HOBO® modelo U14-002, precisão de 3% para faixa de 0 a 100% de umidade.

A coleta dos dados, tanto de temperatura quanto de umidade, aconteceu de forma contínua (24 horas por dia) durante todo período de criação, desde a chegada dos pintainhos até a saída das aves adultas (ciclo completo), perfazendo, portanto 45 dias experimentais. Os dados monitorados foram registrados em tempo real, em intervalos de 1 minuto.

2.3. Distribuição dos sensores

Com objetivo de caracterizar, com confiabilidade, todo o ambiente interno ao aviário, foram distribuídos 40 sensores de temperatura (conforme destacado pelos pontos vermelhos e azuis na Figura 4), a uma altura de 0,30 metros a partir do piso. Os sensores foram conectados entre si, formando cinco redes de transmissão, compostas por 5 computadores. Também a 0,30 metros do piso, foram distribuídos 8 datalogger contendo os sensores de umidade relativa do ar, posicionados juntamente com os sensores de temperatura do ar (destacados em azul na Figura 4).

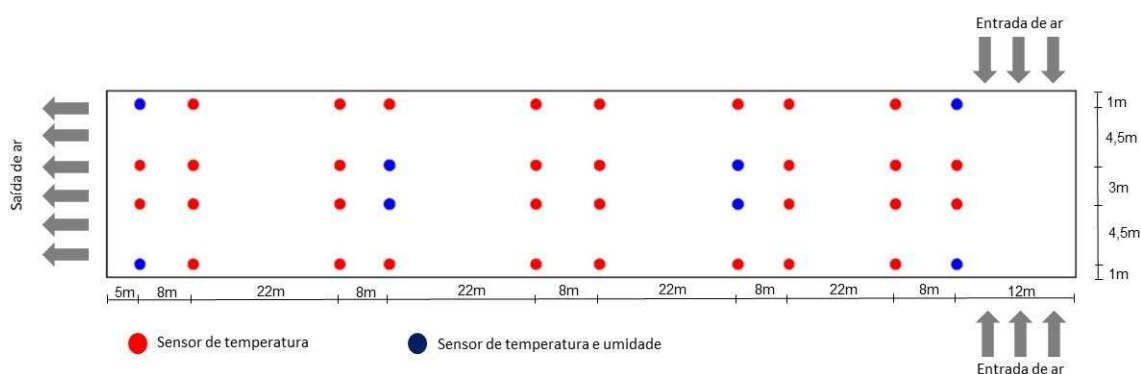


Figura 4. Representação esquemática da distribuição dos sensores de temperatura e umidade relativa do ar na parte interna do aviário, à altura de 0,30 metros do piso.

Para avaliação da temperatura e umidade relativa do ar do ambiente externo ao aviário, foi posicionado, entre os galpões, um abrigo meteorológico, no interior do qual foram dispostos sensores de temperatura e umidade relativa do ar.

No interior da instalação também foram utilizados 4 globos negros, sendo eles: Globo Negro 1 (GN1), Globo Negro 2 (GN2), Globo Negro 3 (GN3) e Globo Negro 4 (GN4), a uma altura de 0,50 metros do piso e distribuídos em diferentes posições ao longo do aviário, conforme destacado pelos pontos na Figura 5, tendo sido também instalado um globo negro junto ao abrigo meteorológico. No interior de cada globo negro havia um datalogger para coleta e armazenamento dos dados de temperatura, a qual era realizada a cada 5 minutos, durante todo o período de alojamento das aves.

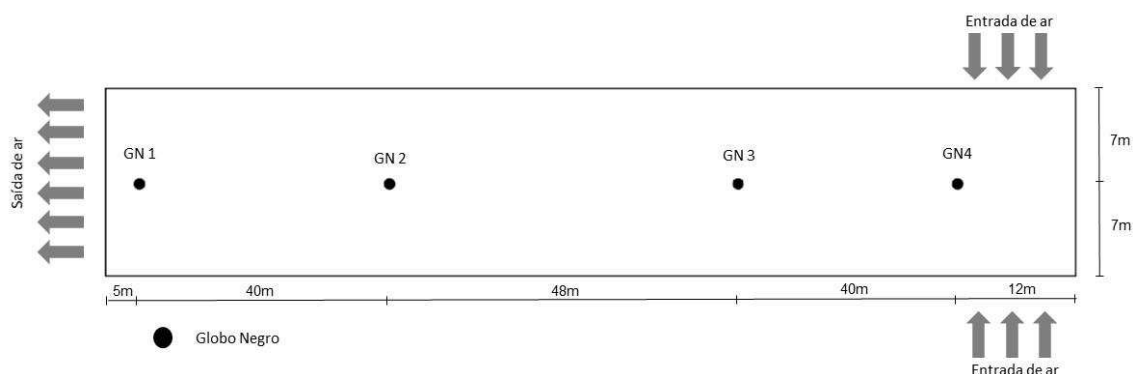


Figura 5. Representação esquemática da distribuição dos 4 globos negros na parte interna do aviário e a uma altura de 0,50 metros do piso.

2.4. Cálculo dos índices de conforto

A partir dos dados de temperatura e umidade relativa do ar, determinou-se, para cada posição destacada em azul na Figura 4 e junto ao abrigo (área externa), o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), desenvolvido por Thom (1959), o qual pode ser calculado pela Equação 1.

$$ITU = tbs + 0.36 \times tpo + 41,5 \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

tbs = temperatura de bulbo seco, °C;

tpo = temperatura de ponto de orvalho, °C.

Com base nos dados de temperatura de globo negro e também de temperatura e umidade relativa do ar, foi obtido para cada ponto de avaliação (Figura 5), o respectivo Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981), expresso pela Equação 2.

$$ITGU = tgn + 0,36 \times tpo + 41,5 \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

tgn = temperatura de globo negro, °C;

tpo = temperatura do ponto de orvalho, °C.

Para o ITU foram calculadas as médias horárias, sendo realizada posteriormente a média geral para as situações de período noturno e diurno, nas fases com aquecimento e pós-aquecimento. Já para o ITGU foram calculadas as médias horárias e diárias, para as fases com aquecimento e pós aquecimento.

2.5. Mapeamento do ambiente interno do aviário

Considerando o intuito principal desta investigação, que foi o de analisar a distribuição térmica interna ao aviário, foram obtidas as médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar no interior e exterior da instalação durante todo ciclo de criação das aves. Os resultados do ambiente térmico foram elaborados para dois períodos distintos, sendo eles: fase com aquecimento, compreendida entre 1º a 18º dia de idade das aves, e fase sem aquecimento, sendo esta do 19º dia até saída das aves para abate, com 45 dias. Para cada fase foram elaborados mapas de temperatura média do ar, umidade relativa do ar média e ITU médio, para períodos noturnos (18:00h as 5:59h) e diurnos (06:00 as 17:59h). De forma similar, foram elaborados mapas para as condições extremas de temperatura do ar e ITU, ou seja, máximos e mínimos valores observados.

Com base nos dados coletados e calculados, foram desenvolvidos também gráficos do ambiente térmico em função dos dias de vida das aves. Para elaboração dos gráficos, assim como também para os mapas, utilizou-se como ferramenta o software SigmaPlot 12.0, o qual permite a produção de gráficos de alta qualidade de forma clara e precisa.

2.6. Posição espacial representativa das condições térmicas do aviário

Os valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, de cada ponto no interior do aviário utilizado para aquisição dos dados térmicos (Figura 6), foram comparados com a média geral de temperatura e umidade de todo o aviário (todos os pontos) por meio do teste t, a fim de determinar o melhor posicionamento dos sensores para controle do sistema de acondicionamento térmico do aviário. Foi analisado o posicionamento dos sensores considerando somente o período em que já não havia mais o sistema de aquecimento ligado, do 19º a 45º dia, considerando-se que o interesse maior foi pela fase de estresse por calor, na qual utiliza-se com maior intensidade os sistemas de arrefecimento do ar.

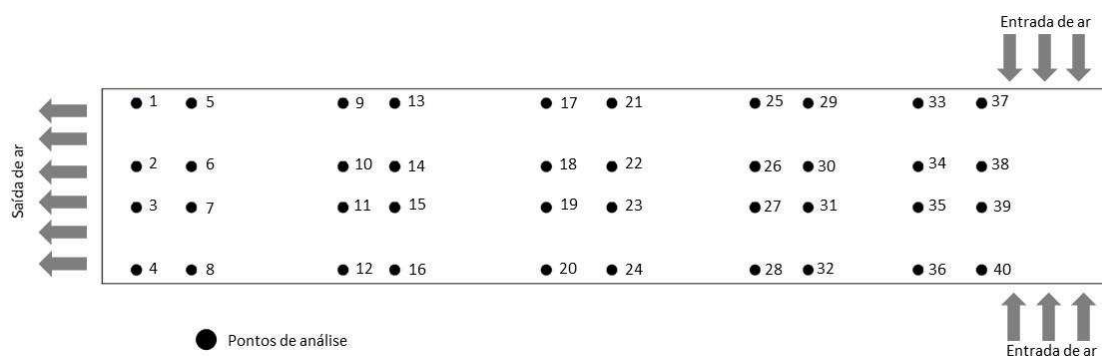


Figura 6. Representação esquemática da distribuição e identificação dos pontos de alocação dos sensores internos ao aviário para comando do sistema de acondicionamento térmico.

2.7. Avaliação da qualidade do ar

A avaliação da qualidade do ar foi realizada por meio da medição da concentração de amônia, sendo que, para isso utilizou-se medidores digitais manuais BW GasAlert NH3Extrems, faixa de operação de 0 a 100 ppm. Os valores da concentração de amônia foram mensurados em diferentes pontos da instalação, variando de acordo com a idade das aves, e o período com e sem aquecimento (Figura 7), a uma altura de 0,25 metros do nível da cama, por ser esta a área de maior interesse do ponto de vista das aves. Foram realizadas mensurações em intervalos de 3 horas, a saber, as 9h, 12h e 15h, a cada dois dias.

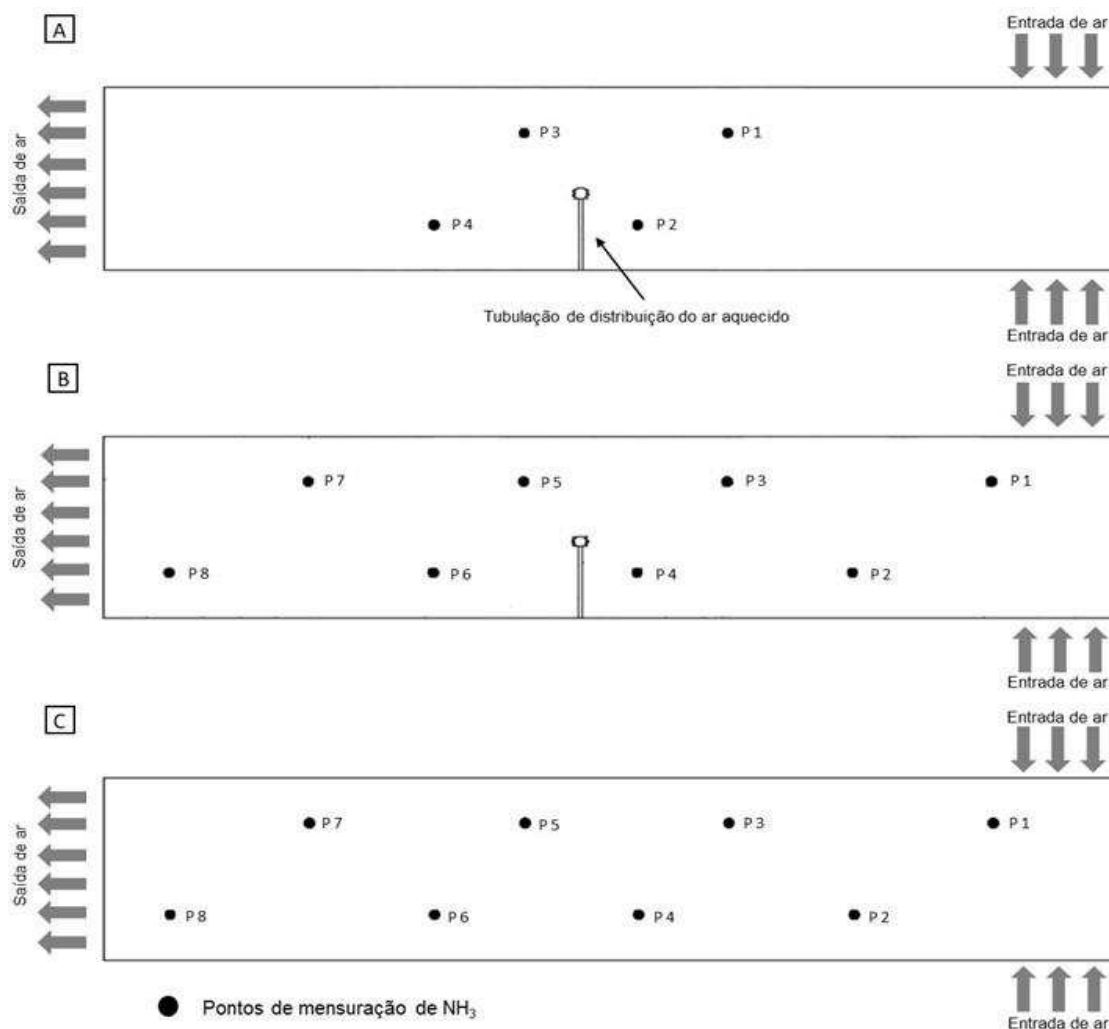


Figura 7. Distribuição e identificação dos pontos de mensuração dos valores da concentração de NH_3 no ar ambiente durante as fases: (A) galpão com aquecimento e com aves de 1 a 8 dias de vida; (B) galpão com aquecimento e com aves de 9 a 18 dias de vida; e (C) galpão sem aquecimento e com aves de 19 a 45 dias de vida.

3. Resultados e discussão

3.1. Fase com aquecimento

3.1.1. Temperatura do ar

Na Figura 8 estão apresentados os mapas de temperatura do ar para as condições de temperaturas médias, máximas e mínimas, período noturno e diurno, observadas no interior do aviário, durante a fase com aquecimento do ar, período de 1 a 18 dias de idade das aves.

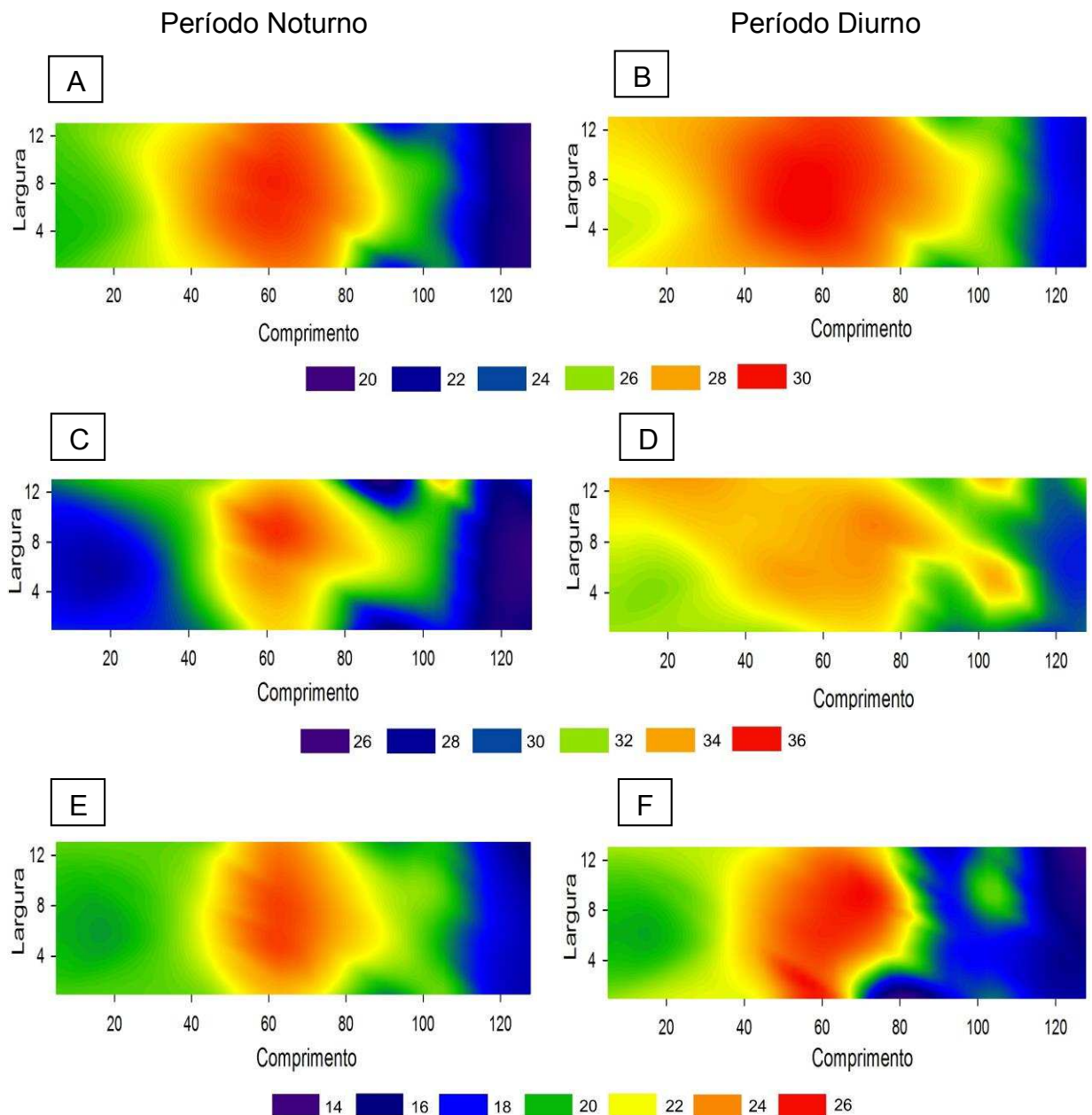


Figura 8. Mapas de distribuição da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) do aviário, fase com aquecimento, em que representam: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

Para os mapas de temperatura média, observa-se um comportamento similar da distribuição da temperatura entres eles, onde a região central do aviário apresenta os maiores valores, em virtude do sistema de aquecimento localizar-se neste ponto. Verifica-se, que a temperatura do ar vai reduzindo a medida que se afasta do centro do aviário. Observa-se, também, que na

extremidade onde está localizada a entrada de ar do aviário encontram-se as menores temperaturas.

No período noturno, para a temperatura média, ocorreu uma maior variação térmica, cerca de 9°C, em relação ao período diurno, a qual foi de 7,5°C. Essa maior variação a noite pode ser atribuída a maior amplitude térmica que ocorre nos períodos noturnos, com quedas de temperaturas acentuadas durante a madrugada, além de que a temperatura média noturna externa de 15,9°C, logo mais baixa do que a média noturna interna, pode exercer influência na queda da temperatura interna, principalmente na região de entrada de ar do aviário. Durante o dia a temperatura média do ar externo foi de 3°C superior a temperatura média do ar externo no período noturno, logo 18,9°C.

Com base nos argumentos acima, verifica-se que as paredes em alvenaria não funcionam como um bom isolamento térmico que garanta a inércia térmica do conjunto do aviário, afetando negativamente a uniformidade térmica do abrigo.

Segundo a literatura a temperatura ideal para frangos de corte na primeira semana de vida é de 32 a 34°C, segunda entre 28 a 32°C e na terceira entre 26 a 28°C (TINÔCO, 2001; CONY & ZOCHE, 2004; MACARI et al., 2004; MEDEIROS et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006; PAULI et al., 2008; FERREIRA, 2011). Logo, observa-se pelos mapas de temperatura média, que na região central do aviário (região esta mais quente, exatamente por ser aquela na qual estava localizado o sistema de aquecimento e constituiu o espaço delimitado para ocupação das aves na fase inicial de criação), os valores de temperatura média do ar obtidos durante o período de 1 ao 18 dias de idade, variaram entre 26 a 30°C, demonstrando que as aves estiveram sob estresse por frio durante esta faixa etária. Portanto, os valores observados estiveram abaixo também do recomendado pelo manual da linhagem dos frangos de corte alojados na instalação, o qual é de 34°C, 31°C e 27°C, respectivamente para a primeira, segunda e terceira semana de vida das aves. (COBB-VANTRESS, 2012).

Carvalho et al. (2011a) afirmam que a dificuldade de se manter a temperatura do ar na área de crescimento inicial das aves em condições de conforto térmico, em geral está relacionada ao ineficiente isolamento térmico destas áreas. Do exposto, pode-se inferir que as alvenarias dos aviários de paredes solidas não foram suficientes para evitar a queda de temperatura do galpão.

Ao realizar mapeamento de aviário para frangos de corte com sistema de ventilação por pressão negativa e fechamento em cortinas, Hernandez et al. (2016a) observou que nas três primeiras de semana de vida, a temperatura do ar no espaço ocupado pelas aves esteve dentro da faixa de conforto, sendo a temperatura durante a noite ligeiramente inferior ao dia. Os autores observaram também regiões com temperaturas mais baixas próximas as entradas de ar, principalmente para a terceira semana de vida das aves. Menegali et al. (2013) e Vigoderis et al. (2010) ao avaliarem a ambiente térmico de aviários durante a fase de aquecimento em período de inverno, verificaram que a temperatura do ar não atingiu as condições adequadas para as aves, submetendo-as ao estresse por frio.

Conforme ainda apresentado na Figura 8, para as temperaturas máximas, observa-se uma distribuição bem desuniforme da temperatura na área interna do galpão, com valores de temperaturas mais elevadas na região central deste, acima dos 34°C. Assim como as temperaturas médias, o período noturno apresentou a maior variação térmica, com valores observados entre 26 e 35,5°C, já a variação durante o dia ficou compreendida na faixa de 29,5 a 34,3°C. As máximas temperaturas do ar externas foram de 23,8 e 29,2°C, noturna e diurna, respectivamente.

Para os mapas de temperaturas mínimas, ocorreu o inverso das médias e máximas, com maior variação durante o dia, cerca de 12°C, sendo que para a noite essa variação é de 9,5°C. No mapa de distribuição da temperatura mínima diurno, observa-se a ocorrência de temperaturas baixas bem mais próximas a região central do galpão em comparação ao período noturno.

As temperaturas máximas noturnas atingiram valores acima do recomendando, tanto pela literatura quanto pelo manual da linhagem, chegando a 35,5°C. Da mesma forma, as temperaturas mínimas registraram valores abaixo dos ideais. Daí apreende-se que o sistema de aviários sólidos não é, por si só, garantia de boas condições térmicas no ambiente interno do aviário. Com base no exposto, infere-se que a melhoria do isolamento do galpão, manejo dos sistemas de aquecimento e refrigeração, cálculo adequado dos caudais de ventilação de inverno e verão, qualidade e dimensionamento dos sistemas de aquecimento, entre outros fatores, são decisivos no sucesso desta atividade.

Segundo Ponciano et al. (2012) pelo fato das aves não possuírem um sistema termorregulador definido e nem reserva energética suficiente para

conseguirem se adaptar as condições adversas do ambiente nos primeiros dias após o nascimento, pode ocorrer de sua temperatura corporal sofrer variações em função da temperatura do ambiente. Na primeira semana de vida é que ocorre a maior formação dos órgãos vitais, como coração, pulmão, sistemas digestivo e imunológico, e 10 a 15 dias após a eclosão é que a capacidade de termorregulação está desenvolvida (ALBINO, 1998; FUNCK & FONSECA, 2008; MACARI et al., 2008).

Condições ambientais adequadas, principalmente nos primeiros dias de vida, é fundamental para que o desenvolvimento das aves nas fases de crescimento e engorda seja o ideal. Portanto a fase inicial se torna a mais crítica, sendo que falhas nessa fase dificilmente serão corrigidas, o que comprometerá o desempenho final das aves (FUNCK & FONSECA, 2008; MARCHINI et al., 2009; CORDEIRO et al., 2010).

Salgado et al. (2007) afirmam que frio em excesso, assim como o calor também em excesso, levam a uma menor produtividade, interferindo negativamente no crescimento e saúde das aves, podendo ocasionar, em situações extremas, o aumento significativo na mortalidade dos lotes. Em trabalho realizado por Silva et al. (2009), avaliando o desempenho de frangos na fase de 1 a 7 dias de vida e criados em diferentes temperaturas, os autores observaram um melhor ganho de peso, de 171 gramas, nas aves criadas na temperatura controle ($31,4 \pm 4^{\circ}\text{C}$), em relação as aves criadas em temperatura alta ($34 \pm 1^{\circ}\text{C}$) e baixa ($29 \pm 4^{\circ}\text{C}$), as quais tiveram ganho de peso 12 e 2% menor, respectivamente, que daquelas criadas no controle.

Cassuce et al. (2013) avaliando o desempenho de frangos de corte nas três primeiras semanas de vida em câmaras climáticas sob diferentes condições de temperatura, verificaram que as aves mantidas dentro de um intervalo de temperatura (30°C primeira semana, 27°C segunda semana e 24°C terceira semana) abaixo do recomendado pela literatura, apresentaram melhores desempenhos zootécnicos quando comparadas as aves expostas as outras condições ambientais. Trabalhando também em câmara climática com aves de 1 a 21 dias, em condição de conforto e estresse por frio, Cândido et al. (2016) observaram que os animais criados sob temperatura de 27°C , 24°C e 21°C na primeira, segunda e terceira semana, respectivamente, apresentaram melhor ganho de peso e conversão alimentar, em relação as demais temperaturas impostas, valores estes inferiores aos observados por Cassuce et al. (2013).

Na Figura 9 encontra-se representado o comportamento da temperatura média interna, obtida em todo o aviário, e externa, ao longo da fase com aquecimento, a qual durou 18 dias. Observa-se um comportamento equilibrado dos valores de temperatura interna ao aviário, em comparação ao comportamento da temperatura externa, fato este que era esperado em função da utilização do sistema de aquecimento durante todo tempo, apesar de pequenos picos de temperatura durante o dia e temperaturas amenas a noite.

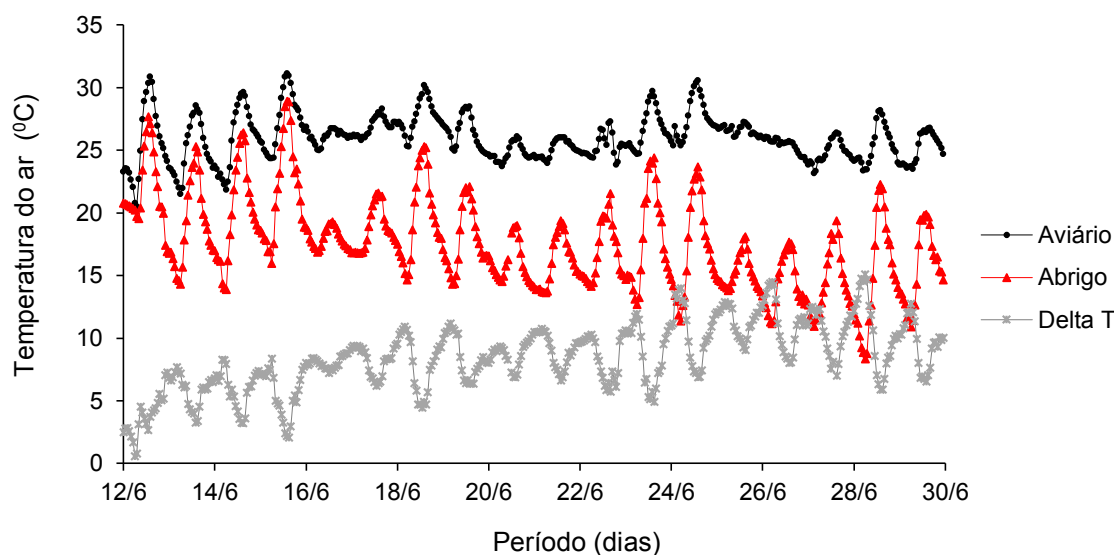


Figura 9. Comportamento da temperatura do ar média interna e externa ao aviário, e a diferença de temperatura, durante a fase com aquecimento.

Pela observação da temperatura média externa, verifica-se uma maior variação térmica, principalmente no início da fase de aquecimento. Nota-se, também, que houve uma redução na temperatura externa com o passar dos dias, porém sem muita interferência nos valores da temperatura interna ao aviário, como demonstra a Figura 9, onde o valor médio de ΔT , cujo valor é a diferença entre a temperatura média do ar interna e externa ao galpão, foi $8,47 \pm 2,7^{\circ}\text{C}$, com um aumento dos primeiros aos últimos dias do aquecimento.

O valor de ΔT observado nesta pesquisa foi superior aos encontrados por Hernandez et al. (2016a), que trabalhando com aviários de pressão negativa e positiva com fechamento em cortina, obteve, para as primeiras 3 semanas de vidas das aves, valores médios de ΔT igual a $4,7 \pm 2,9^{\circ}\text{C}$ e $4,2 \pm 4,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A maior diferença entre a temperatura média do ar interna e externa ao galpão observada nesta pesquisa em comparação aos valores

observados por Hernandez et al. (2016a) demonstram uma maior capacidade de isolamento térmico do aviário com total fechamento em alvenaria, comparativamente aos aviários com fechamento em cortinas, porém não o suficiente para garantir condições térmicas adequadas as aves.

Pela Figura 9 pode-se observar os valores de temperatura média para toda a área da instalação, incluindo-se nesta figura, também a região sem presença de aves (região sem aquecimento). Verifica-se que a temperatura média do aviário na primeira e segunda semana após o alojamento das aves esteve abaixo da programada nos painéis de climatização do aviário para o mesmo período (34°C, 31°C e 27°C, respectivamente para primeira, segunda e terceira semana de vida das aves). Pode-se atribuir tal ocorrência, devido aos sensores para comando do sistema de acondicionamento (aquecimento e ventilação) não estarem localizados em posições que representem a realidade térmica de todo ou da maioria do volume de ar do aviário. Também pode ser atribuído em função do sistema de aquecimento concentrar a maior parte do calor produzido próximo a saída da tubulação, logo havendo uma redução da temperatura do ar à medida em que se afasta da tubulação de aquecimento.

3.1.2. Umidade relativa do ar

Encontram-se apresentados, na Figura 10, os mapas de valores de umidade relativa do ar média, período noturno e diurno, observadas em toda a área no interior do aviário, durante a fase de aquecimento das aves.

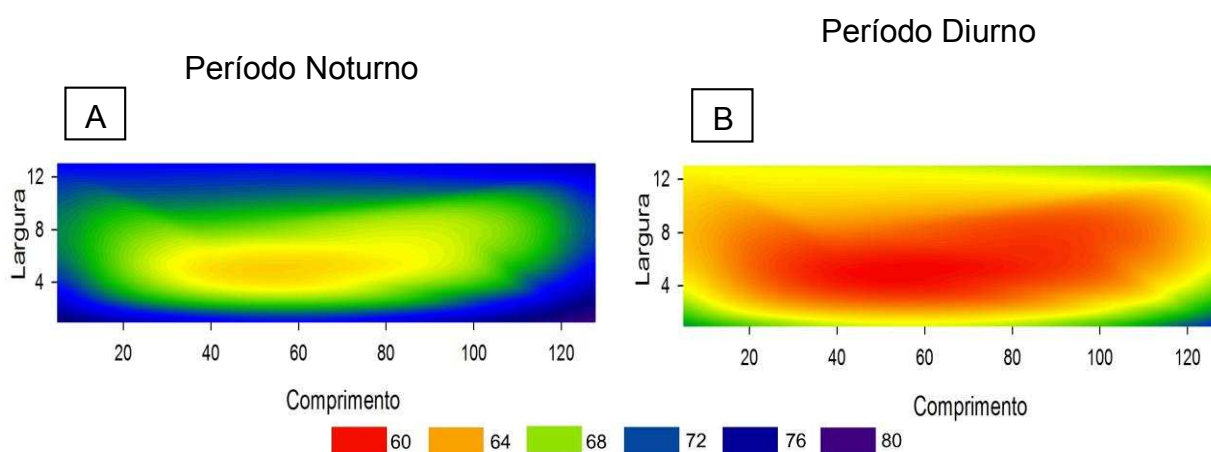


Figura 10. Mapas de distribuição da umidade relativa do ar (%) no interior do aviário de paredes solidas durante a fase com aquecimento, em que representam: (A) umidade do ar média noturna e (B) umidade do ar média diurna.

Conforme pode-se observar pelos mapas, ocorre distribuição similar de valores de umidade relativa do ar no galpão, sendo que na faixa central ao longo de todo aviário estão registradas as menores umidades, principalmente no centro geométrico da instalação, posição onde está localizado o tubo de aquecimento, o que gera maiores valores de temperaturas e, conseqüentemente, menores valores de umidade relativa do ar. Já no contorno da borda interna do galpão observa-se os maiores valores de umidade.

Apesar da semelhança na distribuição, no período noturno ocorreu maior umidade relativa média do ar, variando entre 65 e 80%. No período diurno esse intervalo ficou entre 60 e 72%. Também para umidade relativa média do ar externo, no período noturno ocorreu valores de umidade superiores ao período diurno, 88,6 e 76,2%, respectivamente. Resultados semelhantes foram observados por Hernandez et al. (2016a), ao realizar o mapeamento de aviários com fechamento em cortina, em que a umidade relativa do ar próxima ao sistema de aquecimento foi também inferior aquele obtido nas demais regiões da instalação, ocorrendo nos 7 dias iniciais de alojamento das aves, níveis abaixo de 40% de umidade.

No período diurno os valores de umidade relativa média estiveram dentro dos limites sugeridos por Tinôco (2001), Furtado et al. (2003), Sarmiento et al. (2005) e Dalólio et al. (2015), que é entre 50 a 70%. Já os valores ocorridos durante a noite ultrapassaram esse limite máximo de 70%, porém observa-se que esses valores mais altos de umidade estão presentes no contorno do aviário, e as aves concentram-se na fase com aquecimento na região central da instalação.

A Figura 11 representa o comportamento da umidade relativa do ar média, de todo o aviário, e também a externa, ao longo da fase com aquecimento.

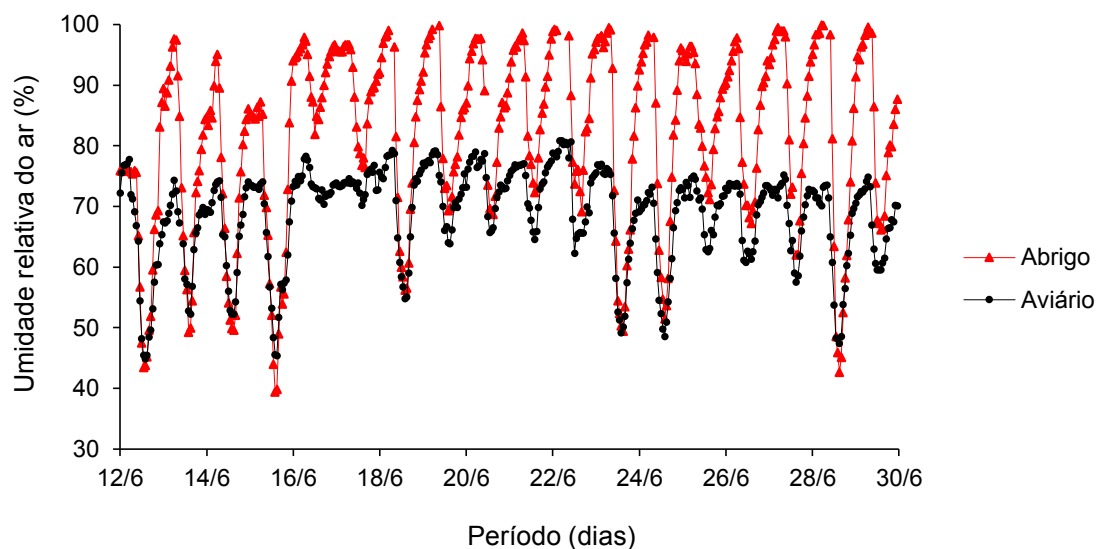


Figura 11. Comportamento da umidade relativa do ar média interna e externa ao aviário sólido, durante a fase com aquecimento de aves de corte.

Observa-se, pelos resultados de umidade do ar externo ao aviário, assim como na umidade do ar interno, valores máximos constantes, o que não se repete para os valores mínimos. A umidade externa apresentou também, conforme pode se observar, uma maior variação em relação àquela observada no interior do aviário sólido, o que pode ser justificado pelo fato de se tratar de ambiente fechado e semi-climatizado, com maior controle sobre o volume de ar presente. Porém, no decorrer da fase com aquecimento, nos períodos em que a umidade externa atingiu seus níveis mais baixos, entre 40 e 60%, observa-se que a umidade do ar interno teve o mesmo comportamento e atingiu os mesmos níveis, e também os seus menores registros de umidade relativa do ar. Moura (2001) afirma que na fase com aquecimento é comum valores de umidade relativa do ar chegar a níveis abaixo dos 40%.

Em pesquisa realizada por Menegali et al. (2013), os autores observaram na primeira semana de vida das aves, que os valores de umidade relativa do ar durante o dia estiveram, na maior parte do tempo, abaixo daqueles considerados ideais. O mesmo foi observado por Cordeiro et al. (2010), os quais verificaram para o mesmo período, de 1 a 7 dias, e na maioria do tempo, valores de umidade relativa do ar abaixo de 50%.

Níveis de umidade relativa do ar abaixo da faixa de conforto, associadas a altos valores de temperatura do ar provocam dessecação das vias

respiratórias, assim como podem levar a desidratação das aves (CARVALHO et al., 2009; CORDEIRO et al., 2010).

3.1.3. Índice de Temperatura e Umidade - ITU

Na Figura 12 estão apresentados os mapas do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), para as condições de temperaturas médias, máximas e mínimas, período noturno e diurno, observadas no interior do aviário experimental, durante a fase com aquecimento.

Para todas as situações, observou-se um comportamento similar quanto a distribuição do ITU em todo aviário. Nota-se um aumento considerável nos valores de ITU a partir da extremidade de aviário, onde estão localizados os painéis de entrada de ar (pad cooling do sistema de resfriamento adiabático evaporativo), em direção a extremidade oposta, onde estão os exaustores, ou seja, onde ocorre a saída de ar. Este comportamento era esperado, em razão da contribuição ao incremento calórico pela radiação solar via telhados não isolados, bem como pela geração e dissipação de calor pelas próprias aves, o que contribui para o aumento da temperatura do ar e, conseqüentemente, dos valores de ITU.

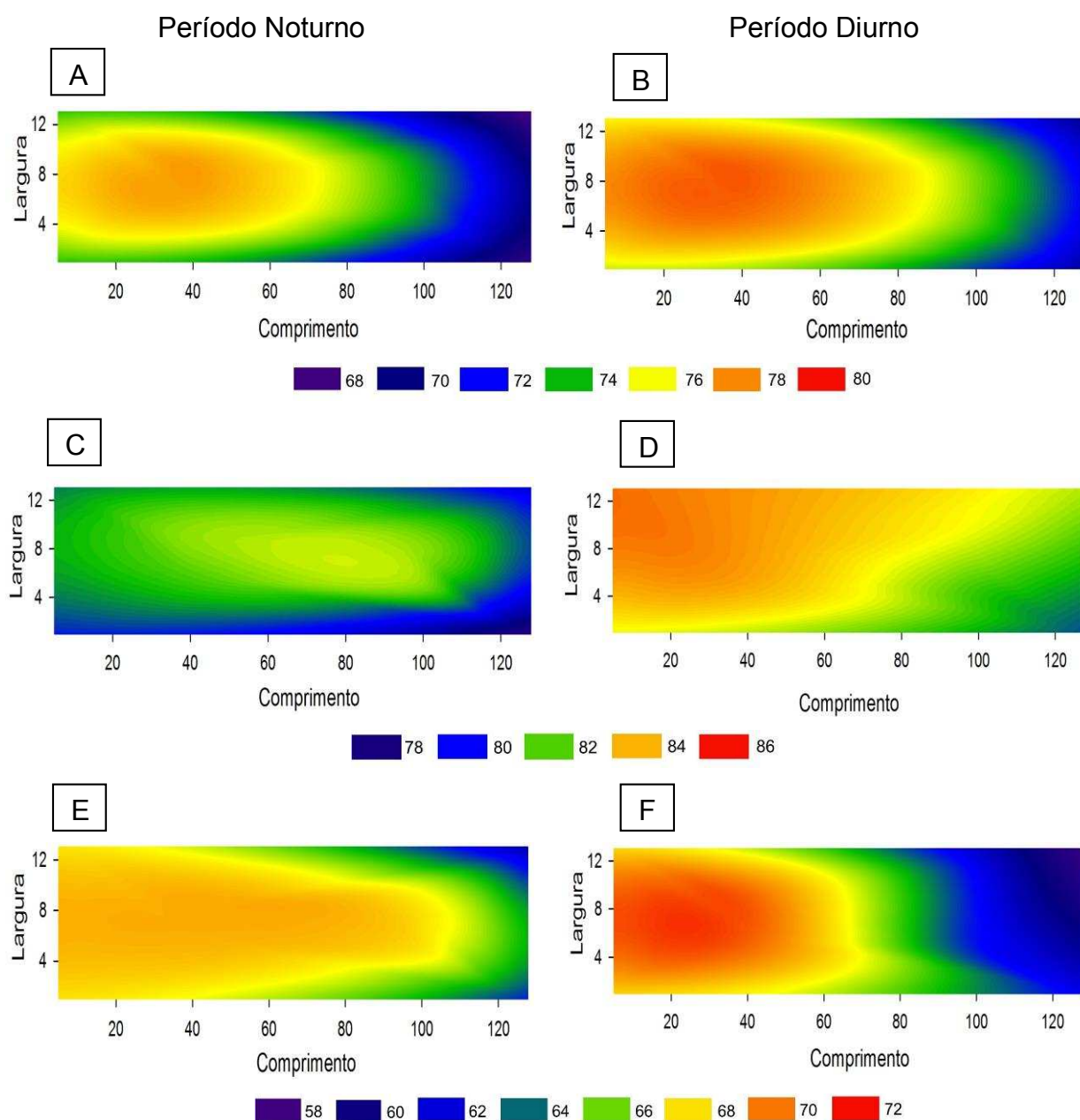


Figura 12. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, durante a fase com aquecimento, em que representam: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínimo noturno e (F) ITU mínimo diurno.

Comportamentos semelhantes foram observados por Hernandez et al. (2016a), os quais verificaram condições de conforto térmico durante a fase inicial de vida das aves ao realizarem mapeamento de aviário com sistema de pressão negativa e fechamento em cortina. Os mesmos autores observaram que, para mapeamento de aviário em pressão positiva e fechamento também em cortina, os valores de ITU observados durante as duas primeiras semanas de vida das

aves, estiveram dentro da faixa de conforto térmico para as mesmas, somente na região próximo ao sistema de aquecimento.

Conforme demonstrado na Figura 12, quando considera as temperaturas máximas atingidas, durante a noite os valores de ITU variaram entre 77,4 e 82,5, e durante o dia 80,6 e 84,8. Observa-se que, durante o período da noite, no centro do aviário, e toda a instalação ao longo do dia, o ITU para as condições de máximas temperaturas esteve acima dos valores sugeridos por Silva et al. (2004), caracterizando assim desconforto térmico.

Para situações de temperaturas mínimas atingidas, observa-se valores entre 61 a 69, e 58,3 a 70,3, período noturno e diurno respectivamente. Nota-se limites abaixo dos ideais, para situação de temperaturas mínimas, o que representaria situação de desconforto térmico. Porém, de acordo com os mapas, observa-se que os índices abaixo do ideal foram encontrados em regiões sem a presença de aves, próxima a entrada de ar, não interferindo, assim, nas condições de conforto das mesmas. Deve-se lembrar que, na fase de aquecimento, as aves são alojadas no centro de aviário, logo a região da entrada de ar fica sem animais neste período.

Na Figura 13 encontra-se representado o comportamento do ITU médio de todo o aviário ao longo da fase com aquecimento, assim como o ITU externo. Observa-se um comportamento similar, ao longo dos dias, entre os índices, porém com diferentes amplitudes, sendo o ambiente interno com os maiores valores, conforme era esperado, em função da temperatura superior. O ambiente externo apresentou uma maior variação, entre 52,8 e 75,4, com ITU médio de 64,2.

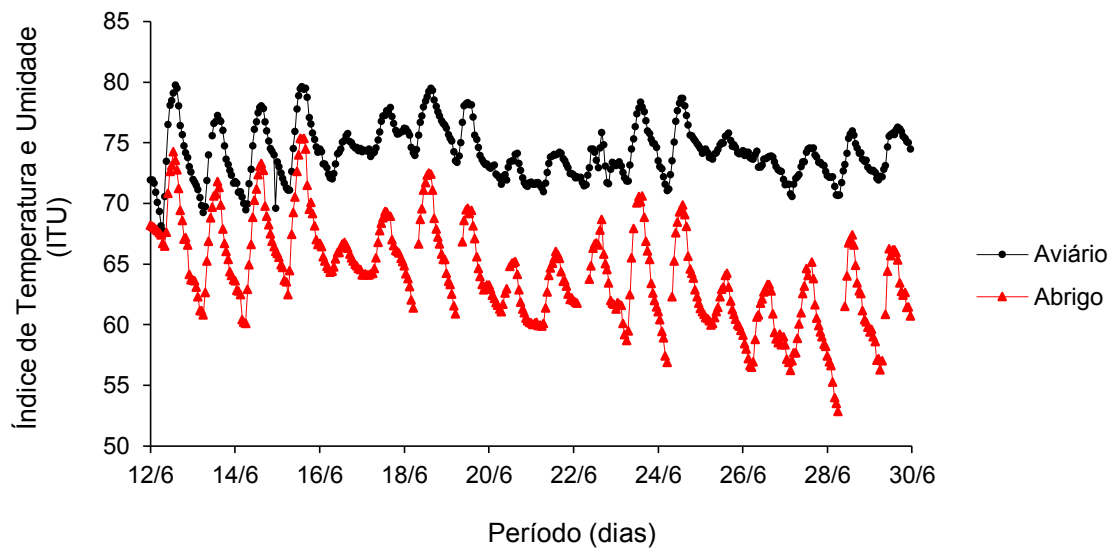


Figura 13. Comportamento do Índice de Temperatura e Umidade médio interno e externo ao aviário, durante a fase com aquecimento.

Sabendo que a temperatura, assim como a umidade relativa do ar exercem influência no ITU, Staub et al. (2016), pesquisaram o efeito de diferentes épocas do ano, alta e baixa pluviosidade, na ambiência interna e externa de aviários para frangos de corte em Mato Grosso, observando que, para ambas as épocas os valores de ITU estiveram dentro do limite de conforto térmico, apresentando, durante o período de alta pluviosidade, ITU superior, conforme era esperado, sendo a temperatura e umidade relativa do ar média também superior em relação ao período de baixa pluviosidade.

3.1.4. Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade - ITGU

Estão apresentados em um gráfico do tipo boxplot (Figura 14), os valores de ITGU médio de cada um dos quatro globos negros internos ao aviário, assim como do externo a instalação, a fim de se observar a dispersão dos valores dos diferentes pontos estudados.

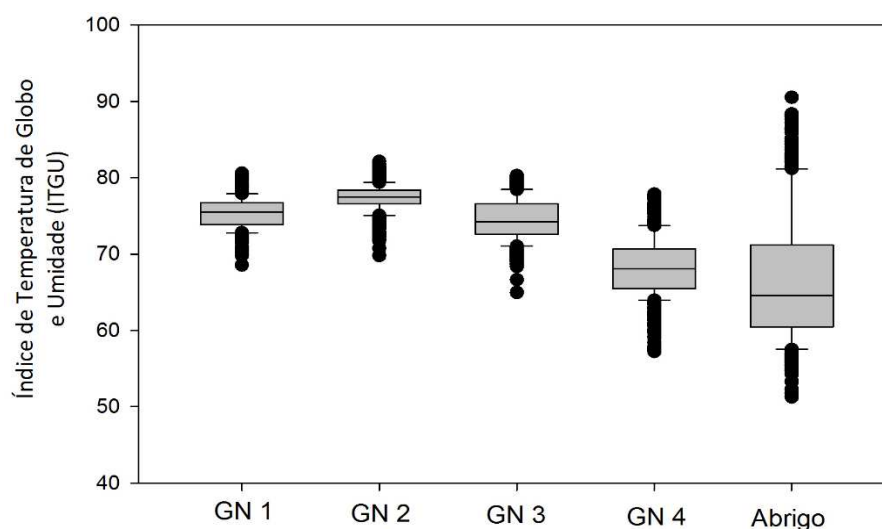


Figura 14. Variação do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, dos quatro pontos internos e do externo ao aviário, durante a fase com aquecimento.

Por meio do gráfico, pode observar uma menor variação para o valores de ITGU dos globos negros GN1, GN2 e GN3, pontos estes também em que ocorreram maiores temperaturas, diferente do globo negro GN4, o qual estava mais próximo dos painéis de entrada de ar, região mais fria no aviário. Dentre os globos negros internos ao aviário, o GN2 apresentou o maior valor médio de ITGU, igual a 77,3, variando de 69,8 a 82,1, seguido do GN1, variando entre 68,6 e 80,6, com média de 75,4. Já o GN3 teve valores entre 64,9 e 80,3, e média de 74,5, para o GN4 a média foi de 68,2, com valores entre 57,2 e 77,8, logo maior a maior variação de ITGU, conforme demonstrando na Figura 14.

De acordo com Oliveira et al. (2006), para a primeira semana de vida das aves a faixa de ITGU que representa conforto encontra-se entre 77 e 81,3, já na segunda os limites são de 74,5 a 77. Teixeira (1983) adota como faixa de ITGU ideal, aquela entre 78,5 a 81,6 durante os primeiros 14 dias de vida das aves.

Com base nos limites sugeridos por Oliveira et al. (2006) os pontos do globos negros GN1, GN2 e GN3 apresentam ITGU médio dentro da faixa de conforto. Contudo, ao analisar os intervalos para estes mesmos pontos, observa-se que foram atingidos valores abaixo dos ideais. Logo, em determinados momentos durante o período de aquecimento, as aves alojadas sofreram estresse por frio, principalmente na região onde estava localizado o globo negro GN3, que registrou um índice igual a 64,9. Por outro lado, observa-se também, para GN2 que o ITGU alcançou o valor de 82,1, superior aos limites propostos

por Teixeira (1983) e Oliveira et al. (2006) levando as aves ao desconforto por calor.

A região do globo negro GN4 apresentou valores de ITGU bem abaixo da faixa ideal, porém nesta região, durante a fase de aquecimento não havia a presença de aves. Por ser próximo a entrada de ar, esta região sofre uma maior influência do ambiente externo em relação as demais regiões da instalação.

Cândido et al. (2016), analisando o desempenho zootécnico de frangos de corte criados de 1 a 21 dias em câmaras climáticas, sugerem de acordo com os resultados de sua pesquisa, que as faixas de ITGU de conforto térmico são entre 75,8 a 79,7 para a primeira semana, 71,9 a 74,4 na segunda semana e para a terceira semana entre 68,7 a 71,7.

Pela Figura 15, observa-se o comportamento do ITGU médio interno e externo ao aviário. Verifica-se que ocorreu grande variação nos valores de ITGU observados no exterior do aviário, tendo sido registrados desde 51,2 até valores de 90,5, conforme era esperado em virtude da oscilação da temperatura externa ao longo do tempo, e da incidência da radiação solar direta sobre o globo negro, com média igual a 66,7. Já os valores de ITGU médio observados no interior do aviário, referente aos quatro pontos de coleta de dados, apresentaram um comportamento equilibrado, com um índice médio de 73,8.

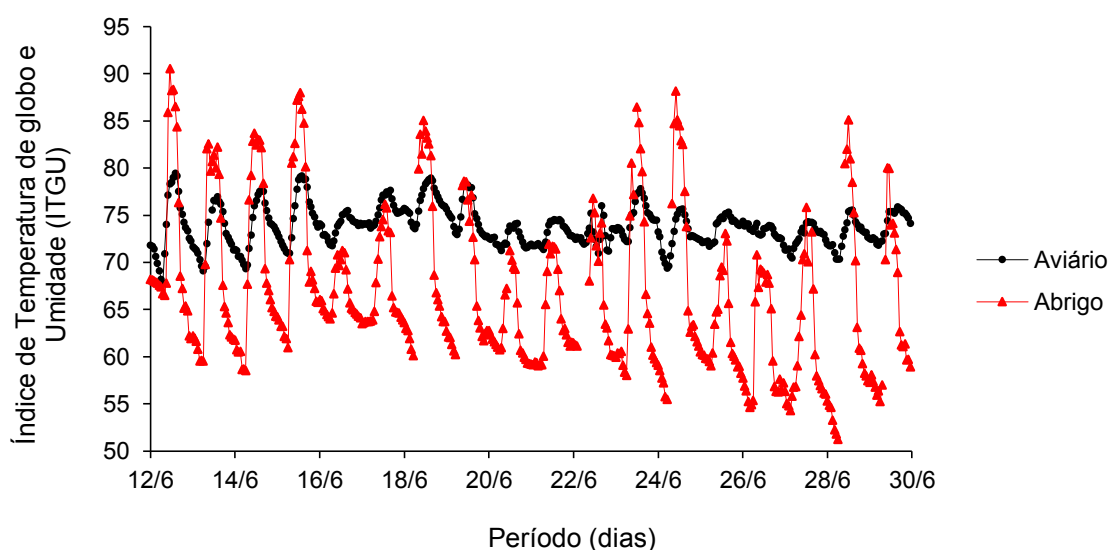


Figura 15. Comportamento do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade médio observados no interior e exterior ao aviário, durante a fase com aquecimento.

Trabalhando com duas instalações com diferentes sistemas de ventilação durante a fase inicial de criação de frangos de corte, Menegali et al. (2009), observaram maiores valores de ITGU no aviário com sistema de ventilação com pressão negativa em relação aquele com ventilação em pressão positiva. Segundo os autores, durante a primeira semana, na maioria dos horários, ambas as instalações apresentaram situações de conforto térmico, já para a segunda semana de vida das aves, o aviário com pressão negativa apresentou, durante a maior parte do tempo, valores de ITGU superiores a 85, o que representou situação de desconforto térmico para as aves.

Carvalho et al. (2014), avaliando a condição de conforto térmico para aves nas três primeiras semanas de vida destas, das 8h a 17h, em região com temperatura média anual em torno de 27°C, observaram que as aves estiveram, na maioria dos horários, em situação de desconforto térmico, tendo ocorrido, no período de inverno, valores de ITGU de até 83 na terceira semana de vida das aves.

Ao analisar o efeito de diferentes períodos do ano sobre a ambiência em aviários de frangos de corte, Staub et al. (2016) observaram para a época com alta pluviosidade, valor de ITGU igual a 81,71, superior a época de baixa pluviosidade, o qual foi de 78,63. Os autores atribuíram essa diferença ao aumento da umidade relativa do ar no período de precipitação.

3.1.5. Qualidade do ar

Na Figura 16 está representado o comportamento da concentração de amônia média, observados durante o período entre 1 ao 8º dia de vida das aves, nos quatro pontos de mensuração da concentração de NH_3 no interior do aviário.

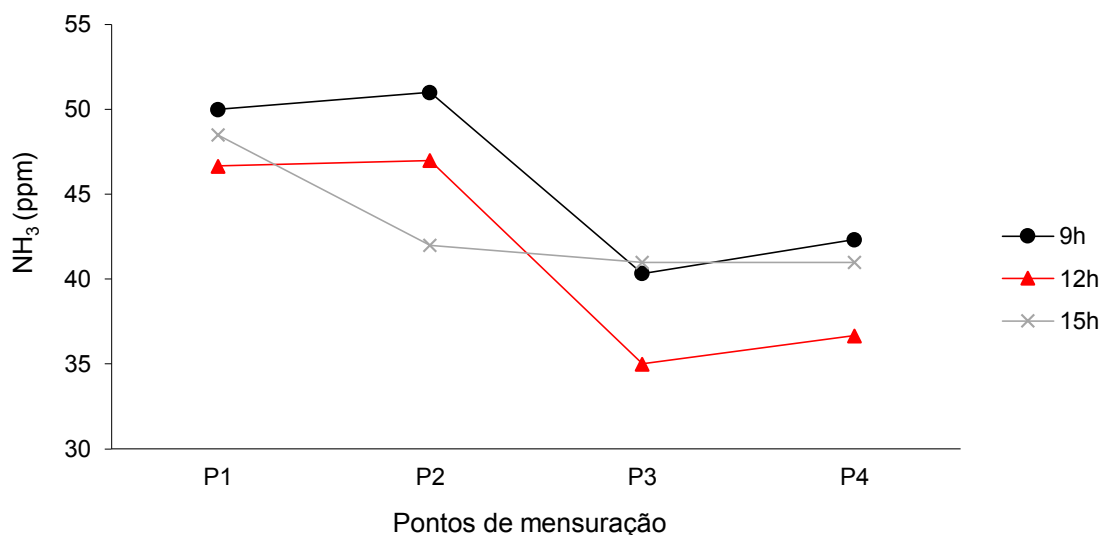


Figura 16. Variação da concentração de NH_3 as 9h, 12h e 15h, em ppm, para os quatro pontos de coleta de dados situados longitudinalmente no interior do aviário, do 1º ao 8º dia de vida das aves, durante a fase com aquecimento.

Pode-se observar que a concentração de amônia, às 9h, apresentou os maiores valores, superiores a 50ppm em dois pontos, P1 e P2. No horário das 12h, foram obtidos os menores valores de concentrações, exceto para o ponto P2. De uma forma geral, as concentrações de amônia para o período de experimento considerado, de 1 a 8 dias de vida das aves, estiveram elevadas, variando entre 35 e 52 ppm, o que demonstra que o sistema de ventilação do aviário não está sendo eficiente na manutenção da qualidade do ar em boas condições, tanto para as aves quanto para os trabalhadores (galponistas).

Altos valores de concentração de NH_3 também foram observados por Carvalho et al. (2012), avaliando por meio de análise geoestatística a qualidade do ar em três aviários de frangos de corte, com diferentes tipologias e sistemas de ventilação, durante a fase de aquecimento, com cama aviária em segunda reutilização. Sendo as ventilações mínimas: Blue House I (T1): exaustores + gerenciamento de cortinas (final do prédio); Blue House II (T2): exaustores + gerenciamento de cortinas laterais; e Dark House (T3): exaustores. As coletas dos dados efetuadas por Carvalho et al. (2012) eram realizadas às 9h, em 80 pontos, no período de 1, 7 e 14 dias de vida das aves. Segundo os autores os aviários mais largos, acima de 15,0 m de largura, apresentam a maior concentração de amônia. As instalações T1 e T3 apresentaram os maiores valores médios de concentração de amônia, iguais a 57,8 e 35,9 ppm,

respectivamente, ambos no primeiro dia. Já T2 atingiu seu valor médio máximo, igual a 6,3 ppm, no 14 dia.

Está demonstrado, na Figura 17, o comportamento da concentração média de amônia, no período entre o 9º ao 18º dia de vida das aves, dos oito pontos de coleta de concentração deste gás no interior do aviário.

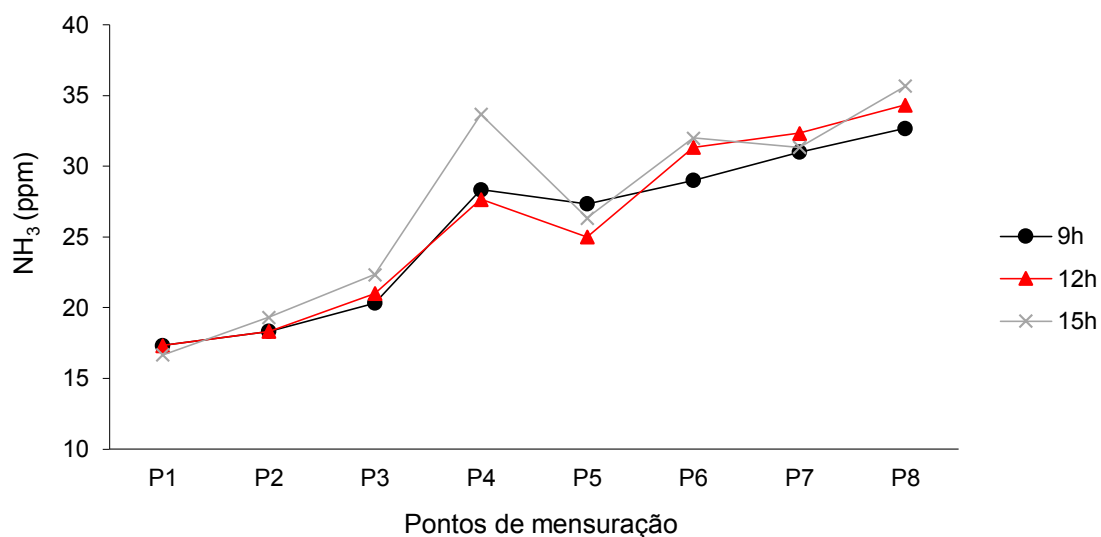


Figura 17. Variação da concentração de NH₃ as 9h, 12h e 15h, em ppm, para os oito pontos de coleta de dados situados longitudinalmente no interior do aviário, do 9º ao 18º dia de vida das aves, durante a fase com aquecimento.

A concentração de amônia média mínima foi de 17ppm, alcançando o patamar máximo de 35ppm. Comportamento similar dos valores da concentração de amônia, nos três horários de coleta, foram observados no presente experimento, não tendo ocorrido variação considerável da concentração entre os horários. Contudo estes valores foram intensificados do ponto P1 até P8.

Comportamento semelhante também foi observado por Carvalho et al. (2012), porém, trabalhando em aviários com fechamento de cortinas de poliuretano. Os autores verificaram maiores valores de concentração de amônia próximo aos exaustores e menor no lado oposto, ou seja, respectivamente na região de saída e entrada de ar fresco do exterior.

Como critério para descrever um ambiente aéreo de boa qualidade para aviários, Whates (1999), DEFRA (2002) e GLOBALGAP (2016) estabelecem um limite máximo de concentração de NH₃ de 20 ppm no interior das instalações

avícolas, para exposição contínua. Já o manual da linhagem das aves alojadas recomenda uma concentração abaixo de 10 ppm (COBB-VANTRESS, 2012), mesmo nível estabelecido pela HFAC (2014) a qual sugere também que este limite não deve ultrapassar 25 ppm, exceto para períodos curtos.

Baseado nestes limites sugeridos, em ambos os períodos de análise, do 1º ao 8º e do 9º ao 18º dia de vida dos frangos de corte, a qualidade do ar (com base nos níveis de amônia), dentro do aviário avaliado, não esteve adequada para as aves, exceto nos pontos P1 e P2, locais nos quais que estiveram abaixo de 20ppm. Contudo, levando em consideração o critério da COBB-VANTRESS (2012) e HFAC (2014), de no máximo 10 ppm de concentração de amônia para exposição contínua, nenhum dos pontos de mensuração situados ao longo de todo o aviário, estiveram dentro do recomendado para criação de frangos de corte.

Valores acima do sugeridos também foram observados por Vigoderis et al. (2010), avaliando o uso da ventilação mínima em duas instalações similares para frangos de corte, nos horários de 9 e 14h. Os autores verificaram que, na instalação em que não houve o uso da ventilação, a concentração média de amônia foi igual 29,3ppm, enquanto no aviário que adotou a ventilação mínima a concentração foi menor, igual a 23,2ppm.

Segundo Osorio et al. (2009), o excesso de amônia no ar causa uma série de efeitos negativos nas aves, como a redução do apetite e da frequência respiratória, lesões no aparelho respiratório, conjuntivite e maior susceptibilidade a infecções virais. Para Gonzales & Saldanha (2001), níveis de amônia acima de 60ppm torna as aves mais vulneráveis a doenças respiratórias, elevando o risco de infecções secundárias as vacinações, e, quando o nível de amônia aumenta, chegando a 100ppm a ave tem a respiração afetada, assim como tem prejudicados os processos fisiológicos de trocas gasosas

A concentração de amônia no período de 9 a 18 dias foi menor que de 1 a 8 dias de vida dos frangos, apesar de maior crescimento das aves e consequentemente um maior volume de dejetos. Tal fato pode ser justificado por uma intensificação na ventilação mínima, logo uma renovação de ar mais frequente.

Redução na concentração de amônia após a primeira semana de vida das aves também foi verificada por Hernandez et al. (2016b), os quais avaliaram a qualidade do ar na fase de aquecimento de frangos de corte, durante inverno,

em uma instalação fechada em todo o contorno externo por três camadas de cortinas de poliuretano. Os autores observaram valor médio de concentração de amônia elevado durante a primeira semana de vida das aves, igual a 42,3ppm, tendo ocorrido redução na segunda e terceira semana, para 12,6ppm e 14ppm, respectivamente.

De forma geral, a alta concentração de amônia observada para o período de 1 a 18 dias de vida das aves, no interior do aviários, pode estar relacionada a cama de casca de café em sétimo reuso, conforme também foi atribuído por Hernandez et al. (2016b), trabalhando com casca de café em quinta reutilização. Altos níveis de concentração de amônia podem ser observados em aviários na fase inicial e com reutilização de cama, de acordo com Gonzales e Saldanha (2001). Em pesquisa realizada por Zapata Marín et al. (2015), foi verificado aumento na emissão de amônia em função do aumento no número de reutilização da cama nos aviários.

Em virtude das condições climáticas predominantes no Brasil, o país permite e tem, em sua maioria, aviários abertos, o que viabiliza, assim, condições adequadas para reutilização da cama aviaria por cerca de até seis lotes consecutivos, podendo chegar até 14 reusos, desde que sejam adotados os tratamentos adequados para a redução de riscos microbiológicos (AVILA et al., 2008; OLIVEIRA & MONTEIRO, 2013).

Pelos resultados deste experimento, pode-se inferir que deve-se atentar para situações como a realizada nesta pesquisa, ou seja, tais como aviário completamente fechado em alvenaria, e cama com muitos reusos. Nesta situação seria imprescindível garantir que o caudal utilizado para ventilação mínima mecânica, seja suficiente para permitir a necessária renovação de ar, de modo a atender os critérios de qualidade do ambiente aéreo adequada as aves. No presente experimento, ficou claro que a renovação higiênica do ar (ventilação mínima) esteve aquém da que seria necessária às aves.

3.2. Fase pós aquecimento

3.2.1. Temperatura do ar

Estão apresentados, na Figura 18, os mapas de temperatura do ar para as condições de temperaturas médias, máximas e mínimas, período noturno e diurno, observadas no interior do aviário na fase pós-aquecimento. Estão ilustrados, pelos mapas de temperatura média, noturno e diurno, que ambos

apresentam a mesma variação térmica de 4,7°C, porém com diferentes intervalos de temperatura. Para noite este intervalo foi entre 21,6 e 26,3°C, já durante o dia entre 22,9 e 27,6°C, logo temperaturas médias superiores no período diurno.

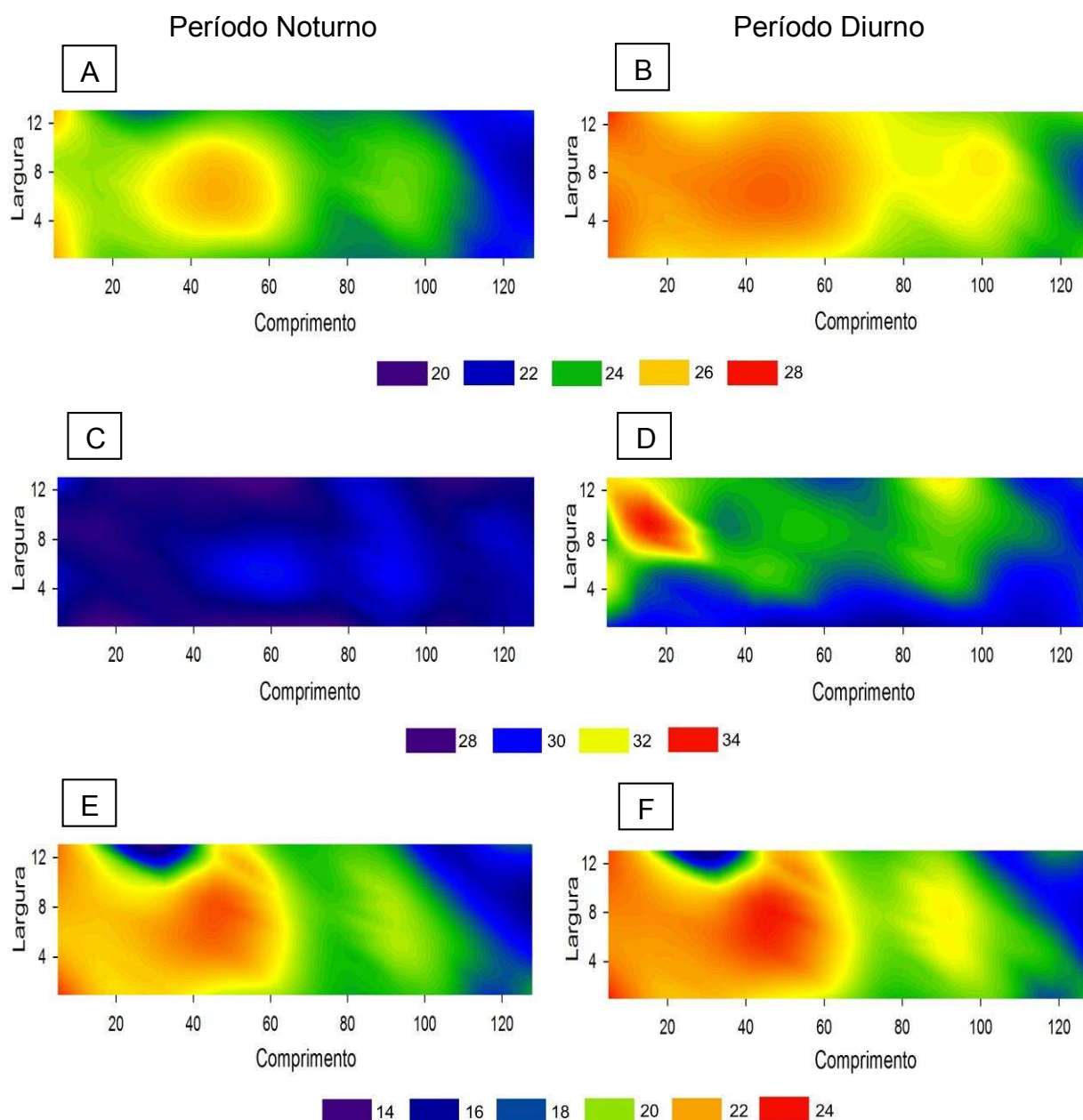


Figura 18. Mapas de distribuição da temperatura do ar (°C) do aviário, fase pós-aquecimento, em que: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

Medeiros (2001) sugere uma faixa de temperatura, para a fase final de vida das aves, entre 21 e 27°C; já Cony e Zocche (2004) propõem, para a mesma

fase, temperaturas entre 20 e 26°C, sendo essa também a faixa de temperatura recomendada pelo manual da linhagem de aves alojados no aviário (COBB-VANTRESS, 2012). Apesar da temperatura programada no painel de controle do acondicionamento térmico do aviário variar entre 20 e 26°C, a instalação apresentou temperaturas médias ligeiramente superiores, acima das recomendadas pela literatura. Este fato demonstra que os fechamentos laterais em alvenaria, não foram suficientes para garantir amortecimento ou inércia térmica que garantissem controle térmico muito rigoroso.

Ao avaliar o conforto térmico de frangos de corte com idade entre 18 e 35 dias, durante o inverno, em dois sistemas de ventilação, tipo túnel e lateral, Santos et al. (2009) verificaram que, em ambas instalações, as aves alojadas não sofreram com estresse térmico, sendo que a temperatura geral variou em média entre 20 a 25,6°C. Staub et al. (2016) também observaram temperaturas médias na fase final de criação próximo ao limite de 26°C, ao avaliarem a ambiência interna de aviários em duas épocas do ano. Verificaram também que as maiores temperaturas médias ocorrem no período de baixa pluviosidade.

Observa-se ainda, na Figura 18, aumento gradativo da temperatura média do ar, a partir da extremidade de entrada de ar em direção a extremidade oposta, de saída de ar pelos exaustores, atingindo patamares de diferença de 4,7°C entre entrada e saída. Este gradiente é considerado muito alto (em geral admite-se gradiente máximo de 3°C) para as boas condições do aviário.

Estas condições térmicas tão diferenciadas ao longo do galpão, demonstram que as paredes solidas, que hipoteticamente visavam garantir uniformidade térmica maior que aquela ocorrida nos aviários com sistemas de cortinas móveis (sistema híbrido), não atingiram seu objetivo. Assim, considerando que aves tem performance produtiva diferenciada, dependendo dos níveis térmicos do ambiente a que são criadas, entende-se que, um aviário com gradiente térmico muito diferenciado ao longo de sua área, poderá comprometer negativamente a uniformidade final do lote e, conseqüentemente, levando a problemas no abate e trazendo prejuízos financeiros ao setor.

A elevação ou incremento dos valores da temperatura do ar ao longo do aviário estudado, também pode ser justificada em função do uso do sistema de ventilação mecânica em modo túnel. Assim, ao serem acionados os exaustores, seja com objetivo apenas de renovação higiênica do ar (ventilação mínima), ou com objetivo de facilitar as trocas térmicas via ventilação máxima ou de acordo

com o programa de temperatura adotado nos painéis de controle, ocorrerá o deslocamento do ar dos painéis de entrada em direção aos exaustores, saída de ar.

Ao deslocar, o fluxo de ar produzido pelos exaustores carrega consigo o calor metabólico produzido pelas 30 mil aves ali alojadas, acrescido de eventuais perdas térmicas geradas por equipamentos, bem como o gradiente térmico oriundo da radiação solar principalmente através das coberturas, o que, também, corrobora para o aumento gradativo da temperatura do ar ao longo do aviário estudado.

Conforme apresentado, na Figura 18, para as temperaturas máximas, observa-se uma distribuição mais uniforme da temperatura no período noturno, o qual apresentou menor variação térmica, com valores entre 28 e 29,9°C. Já para o período diurno, os valores estiveram entre 29 e 33,3°C. As máximas temperaturas externas foram de 22,9 e 27,9°C, noturna e diurna, respectivamente. Observa-se que as máximas externas foram inferiores aos valores internos mínimos (28 e 29°C), contrariando as expectativas. Levando em consideração as temperaturas máximas, as aves alojadas estiveram sob desconforto térmico basicamente o tempo todo, para a idade em que se encontravam.

O sistema de condicionamento térmico estava programado para manter a temperatura interna do aviário com temperatura de 26°C (na quarta semana) reduzindo até 20°C (na sétima semana), o que não ocorreu, demonstrando que o amortecimento térmico maior das alvenarias (paredes sólidas), comparativamente a aviários de cortinas de poliuretano moveis (sistemas híbridos), não foram suficientes ou não contribuíram suficientemente para a garantia do conforto térmico esperado.

Sabe-se que umas das maiores fontes de calor nas instalações avícolas vem por meio do calor irradiado pela cobertura, onde o telhado recebe a radiação solar e a transmite para o interior da instalação (OLIVEIRA et al., 2000; LAVOR et al., 2008), sendo a alta incidência da radiação solar sobre a cobertura dos aviários um dos principais causadores do estresse térmico nas instalações avícolas (MACHADO et al., 2012).

Diante desse fato, para melhor atender as condições térmicas no interior das instalações, é recomendando investir no amortecimento das coberturas, o qual pode ser feito por meio da utilização de um material isolante. O isolamento

térmico das coberturas, em comparação ao isolamento nos fechamentos laterais, seja ele de paredes solidas ou cortinas, torna-se uma melhor investimento, visto que é através das coberturas que vem a maior carga radiante.

Avaliando, em câmaras climáticas, o estresse térmico em frangos de corte nas idades de 21 e 35 dias, submetidos a uma temperatura de 32°C, durante 72 horas, seguidos de condições de conforto, Mello et al. (2015) observaram que as aves expostas aos períodos de estresse apresentaram menor consumo de ração, menor peso final e pior conversão alimentar comparadas as aves criadas nas condições de conforto térmico.

Para os mapas de temperaturas mínimas (Figura 18), observa-se uma distribuição térmica bem semelhante entre os períodos noturno e diurno, ambos com uma variação térmica igual 8°C, com intervalos de 15,4 a 23,4°C para noite, e 15,8 a 23,8°C durante o dia. Assim como para os mapas de temperaturas médias, os registros mais baixos de temperatura foram obtidos na região próxima a entrada de ar. Na fase da vida dos frangos de corte após o aquecimento, o ambiente externo apresentou temperatura mínima, durante a noite, de 11,4°C, já a temperatura mínima diurna foi de 11,7°C.

Por meio de análise espacial de um aviário híbrido com sistema de ventilação em modo túnel, durante o período de verão e na sexta semana de vida das aves, Miragliotta et al. (2006) observaram temperaturas elevadas, entre 31,5 e 34,8°C nos horários mais crítico do dia. Também estudando a variabilidade espacial do ambiente térmico em aviário com sistema de ventilação negativa associada a nebulização, com aves na idade de 42 dias, durante horários críticos (12 as 15h), Silva et al. (2013) encontraram temperatura média no interior de instalação para aves de corte igual a 28,06°C, variando entre 25,5 e 32,2°C. Segundo os autores tal desuniformidade dos dados ambientais, refletiu em desuniformidade no peso dos animais.

Curi et al. (2014) avaliaram três diferentes sistemas de criação para frangos de corte na fase final de criação, a saber: Blue House, com nebulizadores na entrada de ar e fechamento de cortinas; Dark House, com painel evaporativo de tijolo cerâmico e fechamento de cortinas; e Solid Wall, com painel evaporativo de celulose e fechamento de alvenaria. Por meio da geoestatística, os autores avaliaram o ambiente térmico das instalações durante o verão, as 14h, no período em que aves alojadas apresentavam idades de 28, 35 e 42 dias. Diante dos resultados verificaram que a temperatura média das

instalações ficou entre 24,25 e 29°C, apresentando o aviário Dark House os menores valores de temperatura oposto ao Blue House com os maiores valores.

Avaliando, em câmaras climáticas o efeito de diferentes temperaturas, umidade relativa do ar e velocidade do ar em aves de 22 a 42 dias, Medeiros et al. (2005) concluíram com base nos resultados de desempenho zootécnico, mortalidade, respostas fisiológicas e comportamentais, que o conjunto das variáveis ambientais temperatura, umidade e velocidade do ar ideais para essa fase de criação é igual a 26°C, 55% e 1,5 m.s⁻¹.

Também trabalhando, em câmaras climáticas, com frangos de corte de 22 a 42 dias de vida, nas temperaturas de 25, 28, 31, 34 e 37°C, Arcila (2014) recomenda, para se obter melhores resultados de desempenho zootécnico, a temperatura de 28°C dentre os cinco valores analisados.

Na Figura 19 está representado o comportamento da temperatura média externa e temperatura média interna geral para todo o aviário, ao longo da fase pós-aquecimento.

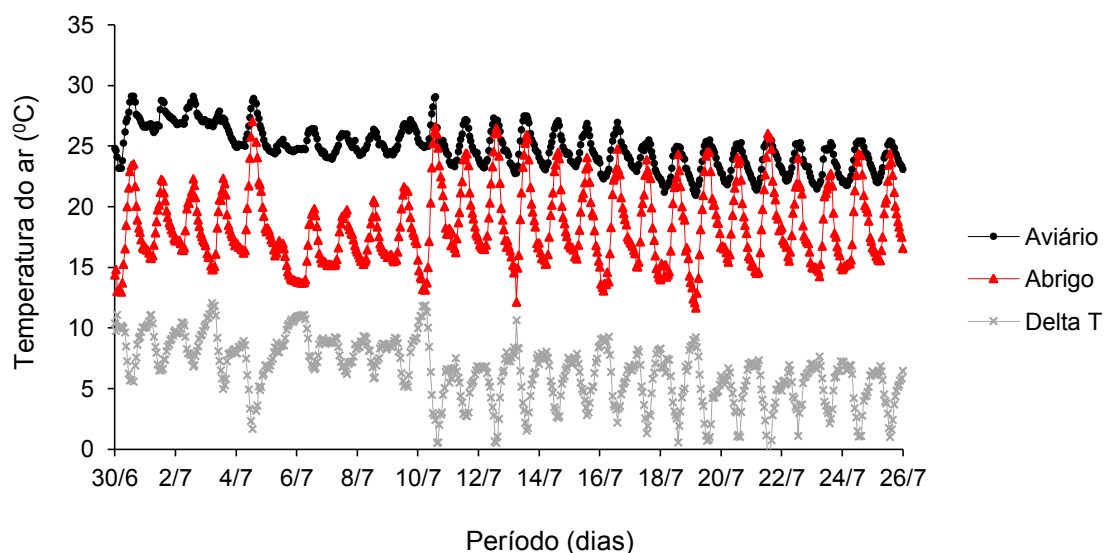


Figura 19. Comportamento da temperatura do ar média interna e externa ao aviário, e a diferença de temperatura, durante a fase pós-aquecimento.

Nota-se um comportamento equilibrado, tanto dos valores da temperatura interna, quanto da externa ao aviário. Para a temperatura externa há uma maior variação térmica, no período final. Observa-se, também, que em toda fase pós-aquecimento, os valores de temperatura externa permaneceram abaixo dos valores da temperatura interna ao aviário. Como demonstrado na Figura 19, o

valor médio de ΔT foi $6,48 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$, valor este inferior ao registrado para a fase com aquecimento (Figura 9).

Os valores de temperatura média interna geral obtidos neste experimento, para todo o aviário, foram relativamente similares aos observados para o aviário de tipologia construtiva Solid Wall, no trabalho conduzido por Curi et al. (2014), os quais registraram temperaturas média iguais a 25,45, 27,39 e 25,35°C para 28, 35 e 42 dias de idade das aves, apesar de realização dos experimentos em épocas e regiões distintas.

3.2.2. Umidade relativa do ar

Encontram-se apresentados, na Figura 20, os mapas de valores de umidade relativa do ar média, período noturno e diurno, observadas no interior do aviário na fase pós-aquecimento das aves (idade superior a 18 dias).

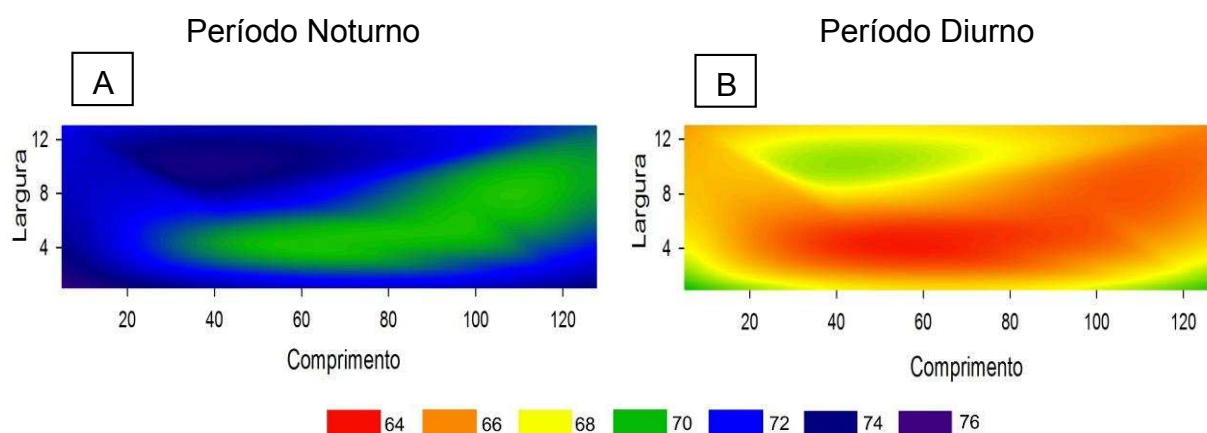


Figura 20. Mapas de distribuição dos valores de umidade relativa do ar (%) no interior do aviário de paredes sólidas durante a fase pós-aquecimento, em que representam: (A) umidade do ar média noturna e (B) umidade do ar média diurna.

Conforme pode-se observar, nos mapas estão apresentadas distribuição similares de valores de umidade relativa do ar em ambos períodos (noturno e diurno), sendo que o comportamento dos valores de umidade ao longo do aviário pode ser explicada pelo fluxo de ar ocasionado pelos exaustores. Apesar da semelhança na distribuição, durante o período noturno ocorreu maior umidade relativa média, variando entre 69,8 e 75,7%, sendo que no período diurno esse intervalo ficou entre 64,8 e 70%.

De acordo com Tinôco (2001), Furtado et al. (2003), Sarmento et al. (2005) e Dalólio et al. (2015), faixas de umidade relativa do ar entre 50 a 70%

são desejáveis para aves, porém no período noturno durante a fase experimental pós aquecimento, a situação de quase todo o aviário em termos da umidade esteve acima do ideal na maioria do tempo. Durante o dia estes valores de umidade caíram ligeiramente, mantendo a umidade do ambiente interna a instalação dentro da faixa ideal.

Esta diferença da umidade entre os períodos noturno e diurnos pode ser explicada pelo fato de que durante a noite as temperaturas tendem a cair, consequentemente a umidade aumenta, o que em geral ocasiona a condensação da água contida no ar. A condensação da água presente no ar proporcionou o molhamento do forro, situação essa que foi verificada no interior do aviário de forma mais acentuada na primeiras horas do dia.

Maiores valores de umidade relativa do ar no período noturno (71 a 82%) em relação ao período diurno (51 a 71%) também foram observados por Santos et al. (2009), ao avaliarem o conforto térmico na produção de frangos, no inverno, proporcionado por dois sistemas de ventilação, modos túnel e lateral.

Silva et al. (2013) estudando a variabilidade espacial do ambiente térmico em aviário híbrido com sistema de ventilação negativa associada a nebulização, com aves na idade de 42 dias, verificaram valores de umidade relativa do ar variando de 73,5 % a 85,5%. Observaram também que, os maiores valores de umidade relativa do ar foram juntos a entrada de ar da instalação. Miragliotta et al. (2006) observaram, em sua pesquisa utilizando aviário com sistema de ventilação tipo túnel durante verão, nos horários mais críticos do dia, para a sexta semana de vida das aves de corte, umidade relativa do ar entre 46 e 64%, ainda por meio da análise espacial do ambiente interno constataram os menores registros de umidade na região próxima a saída de ar.

Yanagi Júnior et al. (2011), avaliando o interior de um aviário com sistema de ventilação convencional e resfriamento adiabático evaporativo, no final de período de verão, com aves de 21 a 46 dias de vida, observaram valores de umidade relativa do ar média dentro da faixa ideal, 50 a 70%, exceto para alguns períodos do dia e em certas partes do galpão, que foram observados níveis de umidade inferiores e superiores ao intervalo de conforto.

Em pesquisa realizada por Curi et al. (2014), ao estudarem três diferentes tipologias de aviário, os autores observaram por meio da análise geoestatística valores de umidade relativa do ar próximas a 50% para o aviário Blue House, que possuía nebulizadores na entrada de ar e fechamento em cortinas. Já os

maiores registros de umidade, entre 77 e 90%, foram para os aviários com painel evaporativo, Dark House (painel de tijolo cerâmico e fechamento em cortinas) e Solid Wall (painel de celulose e fechamento em alvenaria).

Na Figura 21 está representado o comportamento da umidade relativa do ar média de todo o aviário, e também a externa, ao longo da fase pós-aquecimento de frangos de corte.

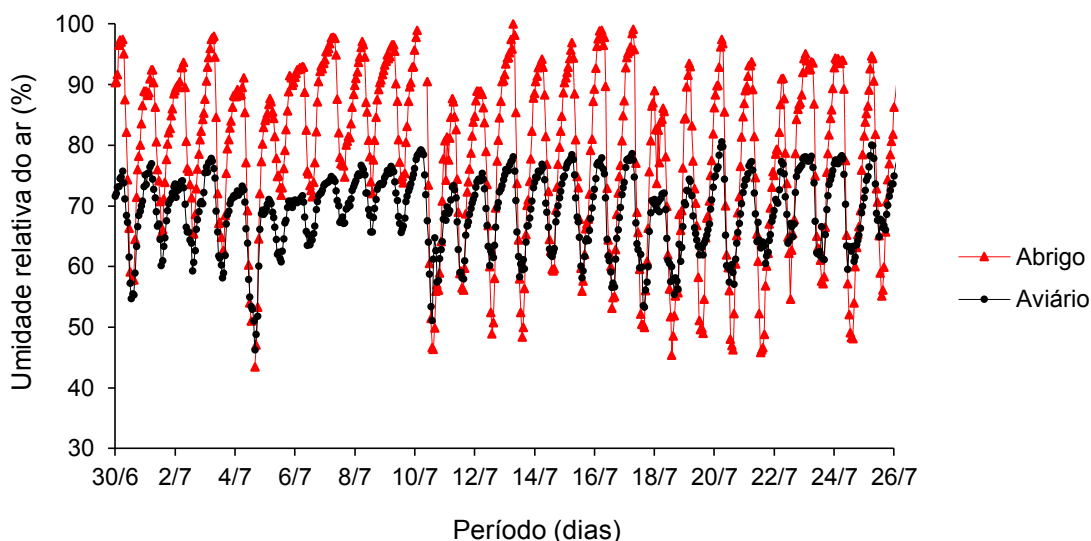


Figura 21. Comportamento da umidade relativa do ar média interna e externa ao aviário sólido, durante a fase pós-aquecimento.

A umidade relativa média do ar externo, para o período noturno foi superior ao período diurno, 85,5 e 73,3%, respectivamente. Conforme pode se observar e era esperado, ocorreu uma maior variação para a umidade externa; já para umidade interna ao aviário, mesmo sofrendo influência do ambiente externo, essa variação foi menor, por se tratar de um ambiente fechado e semi-climatizado, logo um maior controle.

Conduzindo experimento em períodos de alta e baixa pluviosidade, Staub et al. (2016) verificaram maior efeito da época de alta pluviosidade na ambiência interna de aviários na fase final de criação, sendo que a umidade relativa do ar interna a instalação esteve sempre acima de 80%, chegando bem próximo de 90%. Já para o período de baixa pluviosidade, os valores de umidade interna variaram entre 52 e 75%.

3.2.3. Índice de Temperatura e Umidade – ITU

Na Figura 22 estão apresentados os mapas do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), para as condições de temperaturas médias, máximas e mínimas, período noturno e diurno, observadas no interior do aviário de paredes solidas, na fase pós aquecimento de frangos de corte.

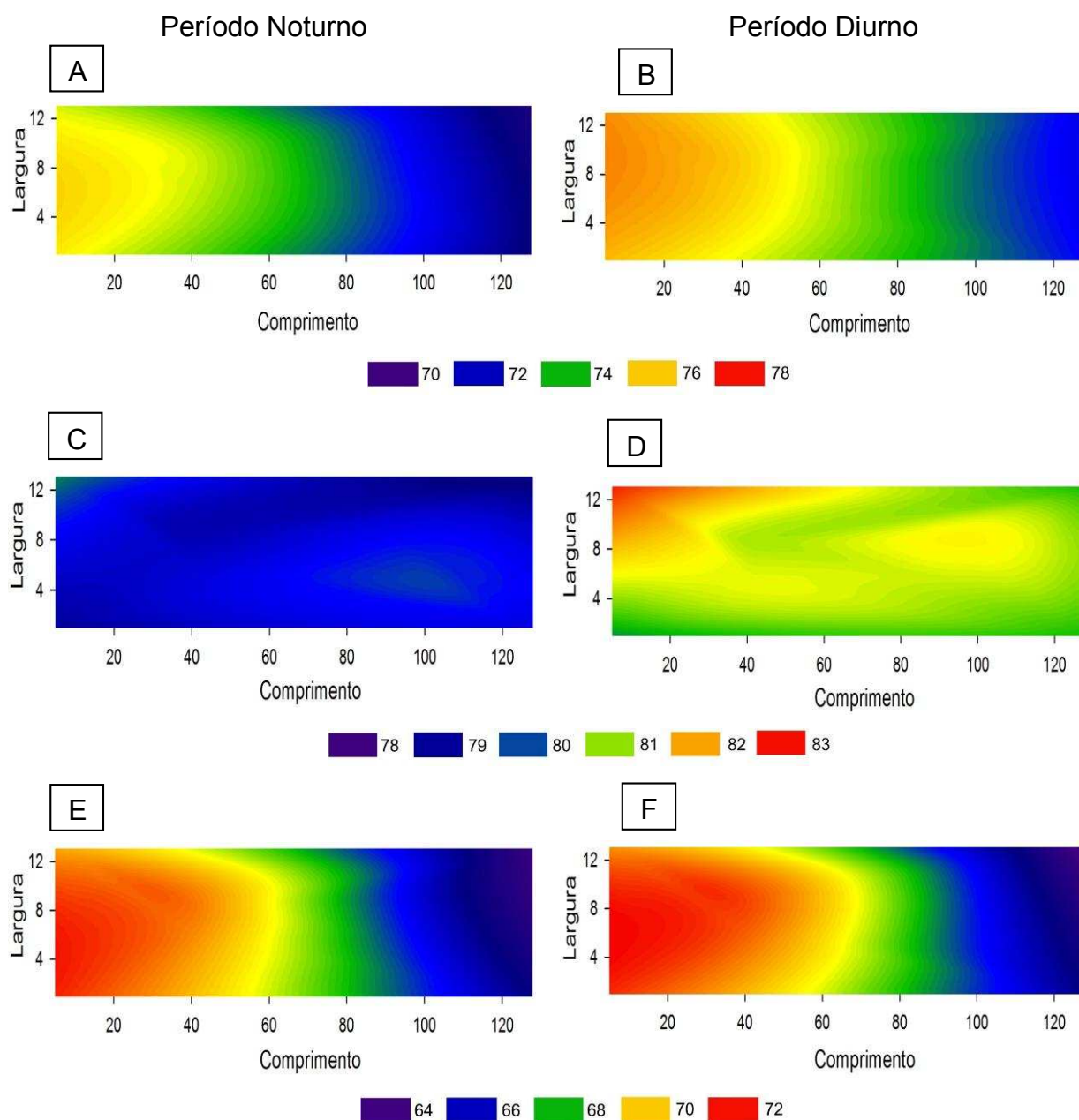


Figura 22. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, fase pós aquecimento, em que representam: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínimo noturno e (F) ITU mínimo diurno.

Para as situações de ITU médio e mínimo ocorreu comportamento similar da distribuição do índice em todo aviário, sendo que observa-se um aumento nos valores de ITU da extremidade, onde estão localizados os painéis de entrada de ar da instalação, em direção à extremidade oposta, onde estão os exaustores, ou seja, a saída de ar.

Considerando as condições de temperatura média, o ITU permaneceu entre 70,7 e 75,5 para o período noturno, e 72,4 a 76,6 no diurno. E para situações de temperaturas mínimas atingidas, observa-se valores entre 64 e 71,8, e 63,7 a 71,7, período noturno e diurno respectivamente.

Os mapas de ITU máximo, apresentam uma distribuição do índice igual entre si, porém diferente dos mapas de ITU médio e mínimo. Observa-se uma distribuição bem homogênea, onde houve pouca variação do ITU, sendo o período noturno entre 78,7 e 80,2, e o diurno entre 80,3 e 82,9.

Silva et al. (2004), propõem para fase final de criação de frangos de corte, limites de ITU de 60,5 a 68 durante a quarta de semana de vida das aves, 56,6 a 64 na quinta semana e 56,6 a 60 na sexta semana. Com base nos limites sugeridos e considerando o ITU médio do aviário, as aves alojadas no aviário de paredes solidas deste experimento, estiveram em situação de estresse térmico, tanto no período diurno quanto noturno. Somente para situações de temperaturas mínimas, observa-se uma região do aviário (Figura 22) dentro dos limites de conforto as aves.

Staub et al. (2016) também verificaram valores de ITU acima dos limites da zona de conforto, ao avaliarem a ambiência em instalações para frangos de corte em sistemas híbridos com cortinas moveis, em diferentes épocas do ano, sendo os maiores valores do índice para o período de alta pluviosidade em relação ao período de baixa pluviosidade.

Na Figura 23 está representado o comportamento do ITU médio de todo o aviário ao longo da fase pós aquecimento dos frangos de corte, assim como o ITU externo.

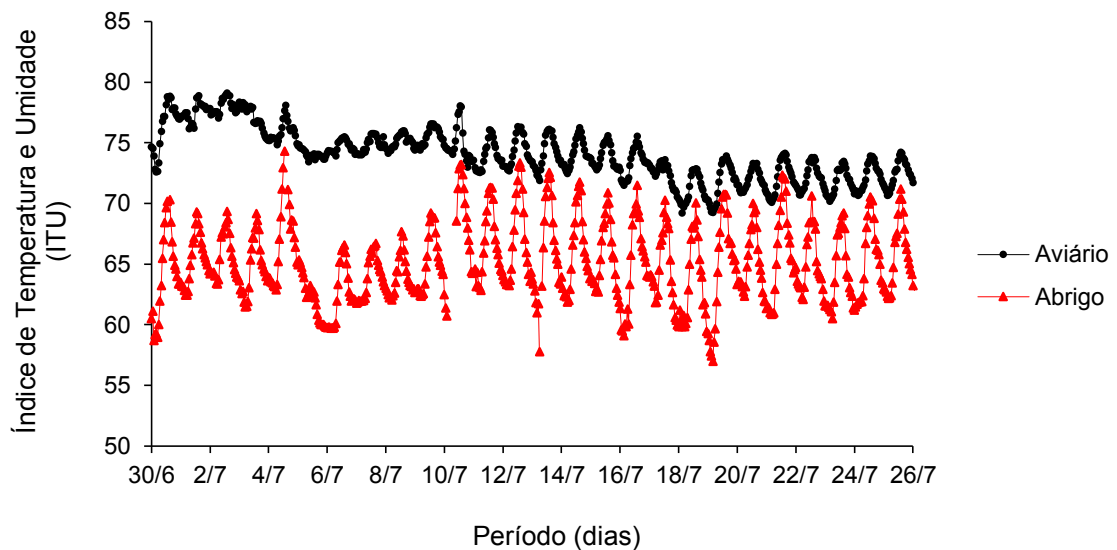


Figura 23. Comportamento do Índice de Temperatura e Umidade médio interno e externo ao aviário, durante a fase pós aquecimento dos frangos de corte.

Observa-se comportamento similar ao longo dos dias entre os índices, porém com diferentes amplitudes, sendo o ambiente interno com os maiores valores, conforme era esperado, em função da maior temperatura do ar. Pode observar, também, uma variação menor nos valores de ITU médio interno, sendo que o ambiente externo apresentou uma maior variação, entre 57 e 74,3, com ITU médio de 65,1.

3.2.4. Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade - ITGU

Estão apresentados, em gráfico do tipo boxplot (Figura 24), os valores de ITGU médio de cada um dos quatro globos negros internos ao aviário, assim como do externo a instalação, a fim de se observar a dispersão dos valores dos diferentes pontos de estudados. Por meio do gráfico, pode-se observar uma variação de ITGU similar entre os globos negros internos ao aviário, onde os globos negros GN1 e GN2 apresentam maiores valores de ITGU em relação aos globos GN3 e GN4. O globo negro GN1 apresentou valor médio de ITGU igual a 74,9, variando de 70,5 a 79,3, GN2 variando entre 70,9 e 78,8, com média de 74,9. Já o GN3 apresentou valores entre 67,7 e 79, e média de 72,7, para o GN4 a média foi de 69,3, com valores entre 59,9 e 78,1.

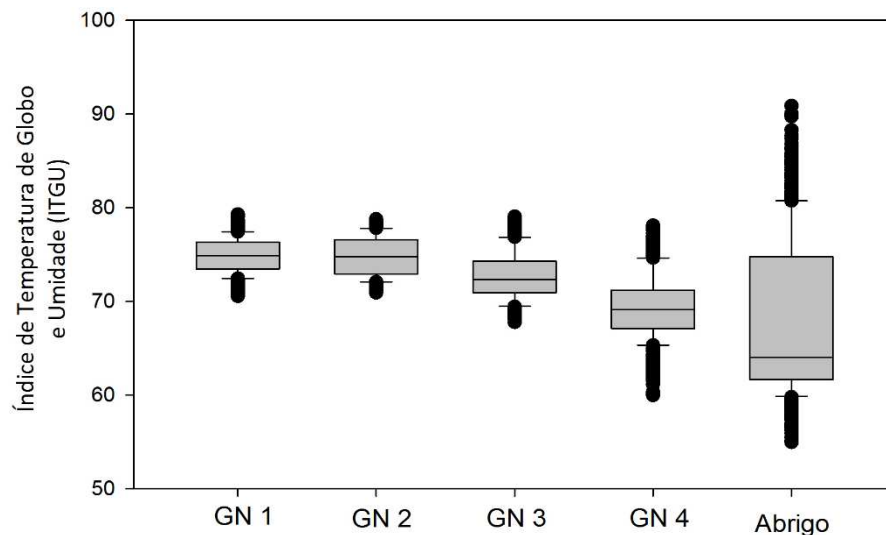


Figura 24. Variação do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade dos quatros pontos internos e do externo ao aviário, durante a fase pós aquecimento dos frangos de corte.

Com base no valores de ITGU médio observados para cada umas da quatro posições estudadas ao longo do aviário de paredes solidas, posições estas referentes ao globos negros GN1, GN2, GN3 e GN4 (Figura 5), verifica-se um aumento nos valores médios do ITGU da região próxima a entrada de ar (globo negro GN4), em direção a saída de ar do aviário (globo negro GN1). Comportamento da distribuição dos valores de ITGU similares aos verificados por Dasmasceno et al. (2010), ao trabalharem com dois aviários híbridos com sistema de ventilação modo túnel e resfriamento adiabático evaporativo, com aves de 21 a 43 dias de vida.

Medeiros et al. (2005), recomendam, como limite de ITGU para ambientes confortáveis, valores entre 69 a 77, ambientes frios variando de 59 a 67 e quentes entre 78 a 88. Portanto, com base nos mencionados autores, verifica-se que os valores de ITGU médio para as quatro regiões do aviário estudadas, encontram-se dentro dos limites de conforto térmico para as aves. Ainda segundo Medeiros et al. (2005), aves que se encontram alojadas em ambientes com ITGU variando entre 69 a 77 ficam tranquilas e com frequência respiratória considerada normal, apresentam também maior produtividade e melhores parâmetros zootécnicos.

Ambientes em condição de conforto também foram verificados por Santos et al. (2009), ao avaliarem aviários híbridos com sistemas de ventilação em modo túnel e lateral, em galpões para frangos de corte de 18 a 35 dias, no período de

inverno. Situação contrária foi observada por Damasceno et al. (2010), trabalhando com dois aviários com sistema de ventilação modo túnel, um com placas porosas umedecidas de celulose e outro com placas umedecidas de sombrite, do 21º a 43º dia de vida das aves, sendo que os autores verificaram que, praticamente em todo o período de estudado, as aves se encontraram em desconforto térmico, principalmente na parte da tarde.

Yanagi Júnior et al. (2011) avaliaram um aviário com sistema de ventilação convencional associado a nebulização, de 21 a 46 dias de vida das aves. Os autores observaram valores de ITGU médio acima do limite de conforto proposto por Medeiros et al. (2005) nos horários de 12 a 16h, sendo que estes valores de ITGU foram similares para todas regiões do aviário.

Na Figura 25 observa-se o comportamento do ITGU médio interno e externo ao aviário. Verifica-se que o valor de ITGU médio interno, referente aos quatro pontos de coleta de dados, apresentou um comportamento bem equilibrado, com um índice médio de 72,9. Já para o ambiente externo foi registrada grande variação, desde 54,9 até valores de 90,8, porém em média foi de 67,7. Valores de ITGU acima de 90 no ambiente externo também foram observados por Yanagi Júnior et al. (2011).

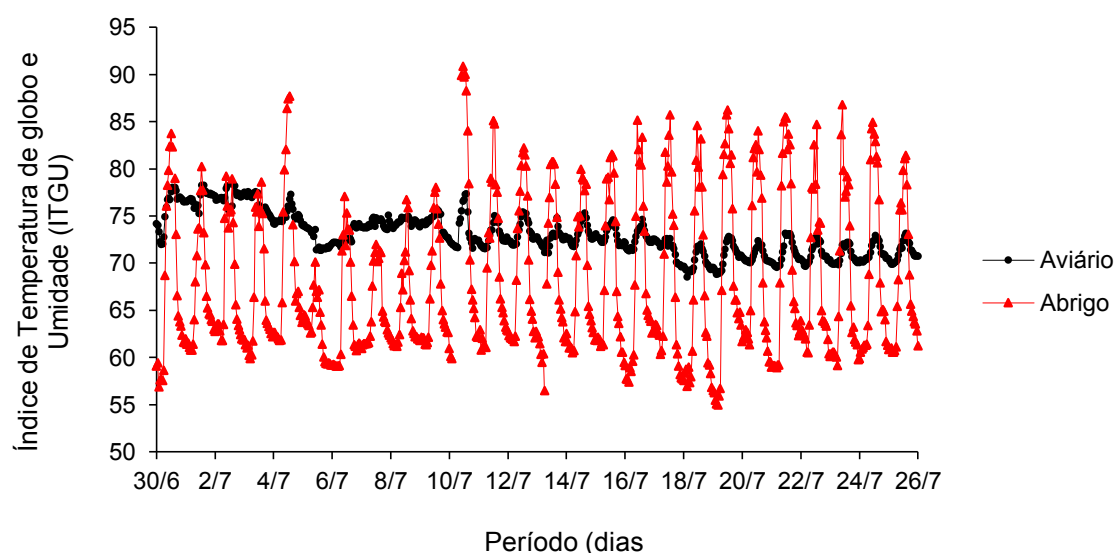


Figura 25. Comportamento do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade médio interno de todo aviário de paredes solidas e do ambiente externo, durante a fase pós-aquecimento.

Verificando o efeito do ambiente externo, épocas de alta e baixa pluviosidade, na ambiência interna de aviários, Staub et al. (2016) observaram maiores valores do ITGU no período com mais chuvas em comparação ao período mais seco.

3.2.5. Posição espacial representativa das condições térmicas do aviário

Na Tabela 2 encontram-se os valores médios de temperatura, referentes a cada ponto de coleta de dados, sendo a temperatura média interna de toda a instalação para a fase pós aquecimento dos frangos de corte igual a 24,86°C.

Tabela 2. Valores de temperatura do ar média (°C) para os quarenta pontos de coleta de dados, no interior do aviário de paredes solidas, durante o período pós aquecimento de frangos de corte

Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.	Posição	Temp.
1	26,9*	11	26,4*	21	24,4	31	24,7
2	25,9*	12	25,4	22	24,8	32	24,1*
3	26,4*	13	25,2	23	24,7	33	23,4*
4	26,7*	14	26,5*	24	24,2*	34	22,9*
5	25,7*	15	26,6*	25	24,1*	35	23,4*
6	25,9*	16	25,2	26	25,0	36	23,1*
7	26,0*	17	24,7	27	25,0	37	23,8*
8	25,8*	18	25,5	28	24,0*	38	22,2*
9	24,7	19	25,6*	29	23,8*	39	22,5*
10	26,3*	20	24,6	30	24,9	40	23,8*

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

Na Figura 26 estão apresentados (de acordo com os resultados do teste t, ao nível de 5% de significância, $p < 0,05$), os pontos representados em vermelho, os quais as temperaturas diferem da temperatura média interna do aviário, e em azul os pontos sem diferença significativa com a temperatura média do alojamento.

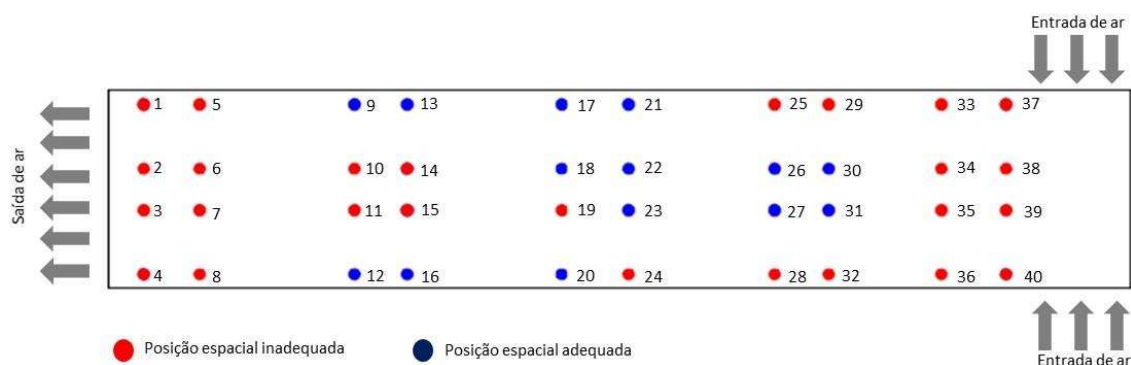


Figura 26. Posições espaciais para alocação de sensores de temperatura do ar para comando dos sistemas de acondicionamento térmico no interior do aviário de paredes solidas no período pós-aquecimento.

Com base na Figura 26 observa-se que as temperaturas das regiões próximas a entrada e saída de ar do aviário não representam a situação térmica média de todo aviário, sendo, portanto, posições espaciais inadequadas para posicionamento dos sensores de temperatura de acionamento/comando dos sistemas de climatização. Apenas 35% dos pontos verificados representam as condições de temperatura média de todo o aviário.

Na Tabela 3 encontram-se apresentados os valores médios de umidade relativa do ar interna ao aviário, referentes a cada ponto de coleta de dados, sendo a umidade relativa média do ar interna de toda a instalação igual a 69,4%.

Tabela 3. Valores de umidade relativa do ar média (%) para os oito pontos de coleta de dados, no interior do aviário de paredes solidas, durante o período pós aquecimento de frangos de corte

Posição	Temp.	Posição	Temp.
1	69,1	26	67,6*
4	72,7*	27	67,2*
14	70,7*	37	68,2
15	67,6*	40	71,7*

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

Na Figura 27 estão apresentados, conforme o resultado do teste t, ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$), os pontos representados em vermelho, nos quais a umidade relativa do ar difere da umidade média interna ao aviário, e em azul os pontos sem diferença significativa.



Figura 27. Posições espaciais para alocação de sensores de umidade relativa do ar para comando dos sistemas de acondicionamento térmico no interior do aviário de paredes solidas no período pós-aquecimento.

Conforme observado na Figura 27, os pontos 1 e 37 situados na lateral do aviário, ou seja 25% dos pontos, representam as condições de umidade relativa do ar média de toda a instalação.

De acordo com as Figuras 26 e 27, verifica-se que são diferentes as posições espaciais adequadas para alocação dos sensores de temperatura em relação aos de umidade relativa do ar. Diante disso o indicado é trabalhar com sensores individuais para cada situação, ou seja, os pontos ideais para temperatura são adequados somente para sensores de temperatura, da mesma forma os pontos ideais para umidade são adequados somente para os sensores de umidade. Geralmente o que se encontra nos aviários são equipamentos que realizam as duas leituras, temperatura do ar e umidade relativa do ar, o que não é recomendado, devido essa diferenciação das posições espaciais adequadas.

É fundamental que os sensores de temperatura do ar, assim como os de umidade relativa do ar, que servem de base para o acionamento dos sistemas de acondicionamento dos aviários, estejam em posições adequadas no interior das instalações. Comando de acionamento ou desligamento equivocados dos exaustores, nebulizadores e painéis de resfriamento em virtude de dados térmicos não representativos, podem ser prejudiciais as aves, comprometendo todo o desempenho, e em casos extremos ocasionando a morte dos animais alojados. Estudos do posicionamento adequado para alocação de sensores também foram realizados por Coelho (2014) e Mendes (2015), porém para aviários de aves de postura, com alta densidade de gaiolas.

3.2.6. Qualidade do ar

Está demonstrado na Figura 28 a variação da concentração média de amônia, no período pós aquecimento, do 19 a 45º dia de vida dos frangos de corte, dos oito pontos de mensuração da concentração de NH_3 no interior do aviário.

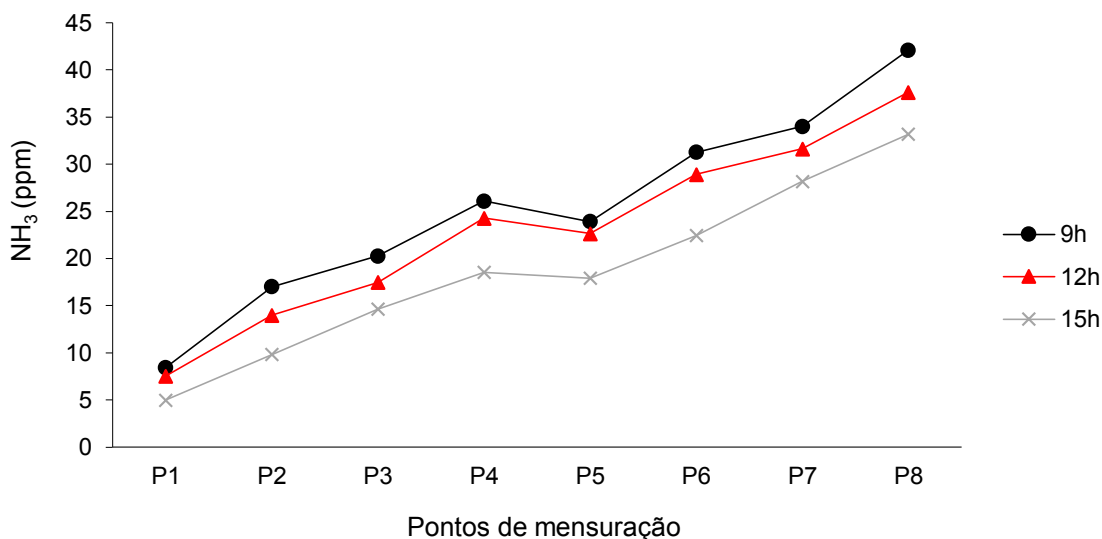


Figura 28. Variação da concentração de NH_3 as 9h, 12h e 15h, em ppm, para os oito pontos de coleta de dados situados longitudinalmente no interior do aviário, do 19º ao 45º dia de vida das aves, durante a fase pós aquecimento destas.

Nota-se um comportamento similar da concentração de amônia, nos três horários de coleta, o qual vai aumentando do ponto P1 até P8, em função do fluxo de ar interno ao aviário, uma vez que o ar entrava pelos painéis na região do ponto P1 e se deslocava em direção ao ponto P8, saída de ar pelos exaustores. Durante o deslocamento do ar ao longo da instalação, ocorre um acúmulo de NH_3 , o que corrobora com os resultados encontrados por Miragliotta (2000) e Curi et al. (2014).

Diante dos dados apresentados na Figura 28, verifica-se que as concentrações média de amônia nos pontos P1, P2 e P3, para os três horários analisados, e os pontos P4 e P5 as 15h, estiveram abaixo dos 20 ppm recomendados como limite máximo por Whates (1999), DEFRA (2002), GLOBALGAP (2016). Já com base no limite de 10 ppm sugeridos como máximo para concentração de amônia em aviários, por COBB-VANTRESS (2012) e HFAC (2014), apenas o ponto P1 estava em condições adequadas as aves.

Valores de concentração de amônia acima de 20 ppm também foram observados por Naas et al. (2007) ao avaliarem a qualidade do ar em dois tipos de instalações avícolas: com ventilação positiva convencional e com ventilação tipo túnel.

De acordo com a Figura 28, no horário das 9h ocorreram os maiores valores de concentração de amônia, variando entre 9 e 42ppm, sendo que os menores valores foram no horário das 15h, variando entre 5 e 33ppm. Em virtude de um aumento na ventilação ao longo do dia, consequência do aumento da temperatura interna ao aviário, os horários das 12h e principalmente o das 15h, tiveram concentrações de amônia menores.

Comportamento semelhante foi observado por Santos et al. (2009), ao avaliarem a qualidade do ar com medições diárias, as 6, 9, 15 e 21h, em duas instalações, com sistemas de ventilação diferentes, sendo ventilação positiva tipo túnel e ventilação positiva lateral, durante inverno e com aves entre 18 e 35 dias de vida. Porém, os autores verificaram que, em ambas instalações as concentrações média de amônia estiveram abaixo dos 20 ppm recomendados como limite máximo, sendo que os valores médios de NH_3 na ventilação positiva tipo túnel foram superiores aos da ventilação positiva lateral.

Miragliotta (2000), ao comparar dois sistemas de ventilação, sendo ventilação tipo túnel e ventilação convencional, verificou níveis de amônia abaixo de 20 ppm. A autora observou que aos 28 dias de vida das aves a concentração média de NH_3 foi maior na ventilação tipo túnel, 8,56ppm, em relação a ventilação convencional, 3,47ppm; o mesmo aconteceu aos 39 dias, porém com um aumento nas concentrações, as quais foram 13,7ppm e 4,61ppm, para ventilação tipo túnel e convencional, respectivamente.

Curi et al. (2014) avaliaram três diferentes tipologias de aviário, Blue House com nebulizadores na entrada de ar e vedação de cortinas; Dark House com painel evaporativo (tijolo cerâmico) e vedação de cortinas e Solid Wall com painel evaporativo (celulose) e vedação de alvenaria. Os dados de concentração de NH_3 foram coletados quando aves apresentavam 28, 35 e 42 dias de idade, as 14h, durante período de verão em 52 pontos no interior do aviário. Em média os valores de amônia estiveram abaixo do limite máximo considerado ideal para todos os aviários (menor que 20 ppm), sendo que a maior concentração média foi de 11,35ppm aos 28 dias, no aviário Solid Wall, porém ficando acima dos 10 ppm recomendados por COBB-VANTRESS (2012) e HFAC (2014).

Os valores médios de NH_3 encontrados por Curi et al. (2014), para o aviário Solid Wall (painel evaporativo de celulose e vedação de alvenaria) aos 28, 35 e 42, foram inferiores aos encontrados nesta pesquisa com aviário de paredes solidas de tipologia similar. Estas distintas concentrações observadas podem ser atribuídas a diferentes fatores, como por exemplo temperaturas do ar e umidades relativas do ar internas a instalação, ventilação adotada, ingredientes da ração, entre outros, e, principalmente, as características da cama utilizada. Segundo Naas et al. (2007) o aumento da produção de gases nos aviários está relacionada a qualidade da cama, como por exemplo sua umidade e ph, características essas que podem ser alteradas, além de outros fatores, em função de reutilizações da cama.

Em contato com cama que esteja úmida e de alto teor de amônia, as aves podem sofrer queimaduras nas articulações de joelho e nos coxins plantares, podendo levar a situações de infecção bacteriana, segundo HFAC (2014), além de levar ao comprometimento de toda a qualidade do lote das aves criados nestas condições.

4. Conclusão

Por meio do trabalho realizado e pelos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Com base nos mapas e gráficos do ambiente térmico interno ao aviário de paredes sólidas, foi verificada uma variabilidade na distribuição térmica entre diferentes posições espaciais da instalação;
- O aviário de paredes sólidas não garantiu situações de conforto às aves alojadas, as quais se encontraram em determinados períodos e em algumas regiões internas ao aviário, em situação de desconforto térmico;
- A concentração de amônia esteve, durante todo período de criação das aves, acima dos limites recomendados, principalmente na fase inicial (período de aquecimento).
- Os melhores posicionamentos espaciais para alocação dos sensores de temperatura do ar são nas regiões central e lateral da instalação, afastados das entradas e saídas de ar. Para os sensores de umidade relativa do ar os melhores posicionamentos são na lateral da instalação e próximos das entradas e saídas de ar.

5. Referências bibliográficas

- ABPA. Relatório Anual da ABPA 2017 - Associação Brasileira de Proteína Animal. 2017. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/>>
- ALBINO, L. F. T. Frango de corte: manual prático de manejo e produção. Viçosa-MG, 1998.
- ARCILA, J. C. P. Desempenho zootécnico e fisiológico de frangos de corte, na fase final de crescimento, submetidos a diferentes níveis de estresse por calor. Tese (doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2014.
- AVILA, V. S.; OLIVEIRA, U.; FIGUEIREDO, E. A. P.; COSTA, C. A. F.; ABREU, V. M. N.; ROSA, P. S. Avaliação de materiais alternativos em substituição a maravalha como cama de aviário. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 37, n. 2, p. 273–277, 2008.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black Globe-Humidity Index (BGHI) as Comfort Equation for Dairy Cows. Transactions of the ASAE, v. 24, n. 3, p. 0711–0714, 1981.
- CÂNDIDO, M. G. L.; TINÔCO, I. F. F.; PINTO, F. A. C.; SANTOS, N. T.; ROBERTI, R. P. Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers. Engenharia Agrícola, v. 36, n. 5, p. 760–767, 2016.
- CARVALHO, C. C. S.; SOUZA, C. F.; TINÔCO, I. F. F.; VIEIRA, M. F. A.; MINETTE, L. J. Segurança, saúde e ergonomia de trabalhadores em galpões de frangos de corte equipados com diferentes sistemas de abastecimento de ração. v. 31, n. 3, p. 438–447, 2011.
- CARVALHO, C. C. S.; SANTOS, T. C.; SILVA, G. C.; SANTOS, L. V.; MOREIRA, S. J. M.; BOTELHO, L. F. R. Conforto térmico animal e humano em galpões de frangos de corte no semiárido mineiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 7, p. 769–773, 2014.
- CARVALHO, H. G. Materiais de cobertura e suas associações a forros e materiais isolantes no ambiente térmico de protótipos abertos e fechados com vistas a produção de frangos de corte em clima quente. Tese (doutorado) Universidade Federal de Viçosa, 2013.
- CARVALHO, T. M. R.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; BUENO, L.

- G. F.; LIMA, K. A. O. Use of geostatistics on broiler production for evaluation of different minimum ventilation systems during brooding phase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, n. 1, p. 194–202, 2012.
- CARVALHO, V. F.; YANAGI JUNIOR, T.; DAMASCENO, F. A.; MORAIS, S. R. P.; TINÔCO, I. F. F. Desenvolvimento de um software para predição do ambiente térmico e desempenho de frangos de corte em galpões climatizados. *Revista Brasileira de Agroinformática*, v. 9, p. 1–16, 2009.
- CASSUCE, D. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; VIEIRA, M. F. A. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. *Engenharia Agr?cola*, v. 33, n. 1, p. 28–36, 2013.
- COBB-VANTRESS. Manual de manejo de frangos de corte. 2012.
- COELHO, D. J. R. Mapeamento e análise espacial do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistemas verticais. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 2014.
- COELHO, D. J. R.; TINÔCO, I. F. F.; VIEIRA, M. F. A.; MENDES, M. A. S. A.; SOUSA, F. C.; FRANÇA, L. G. F. Mapeamento do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistema vertical de criação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, v. 19, n. 10, p. 996–1004, 2015.
- CONY, A. V.; ZOCHE, A. T. Instalações e equipamentos. FACTA. Campinas - SP, v.19, 2004.
- CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; SILVA, J. N.; VIGODERIS, R. B.; PINTO, F. A. C.; CECON, P. R. Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 1, p. 217–224, 2010.
- CURI, T. M. R. C.; VERCELLINO, R. A.; MASSARI, J. M.; SOUZA, Z. M.; MOURA, D. J. Geoestatística para a avaliação do controle ambiental do sistema de ventilação em instalações comerciais para frangos de corte. *Engenharia Agrícola*, v. 34, n. 6, p. 1062–1074, 2014.
- DALÓLIO, F. S.; SILVA, J. N.; ALBINO, L. F. T.; MOREIRA, J.; MENDES, L. B. Air pollution and their mitigation measures in Brazilian poultry production. *African Journal of Agricultural Research*, v.10, n.50, p.4522–4531, 2015.
- DAMASCENO, F. A.; YANAGI JUNIOR, T.; LIMA, R. R.; GOMES, R. C. C.;

- MORAES, S. R. P. Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 4, p. 1031–1038, 2010.
- DEFRA. Meat chickens and breeding chickens. Code of recommendations for the welfare of livestock. p. 16, 2002.
- FERREIRA, R. A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. 2. ed. Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 2011.
- FUNCK, S. R.; FONSECA, R. A. Avaliação energética e de desempenho de frangos com aquecimento automático a gás e a lenha. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 1, p. 91–97, 2008.
- 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, n.3, p.559–564, 2003.
- GLOBALGAP. Integrated farm assurance - All farm base, 2016.
- GONZALES, E.; SALDANHA, E. S. P. B. Os primeiros dias de vida do frango e a produtividade futura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA. Goiânia, 2001.
- HERNANDEZ, R. O.; TINÔCO, I. F. F.; SARAZ, J. A. O.; MENDES, L. B.; ROCHA, K, S, O.; GARCIA, L. M. G. Thermal environment in two broiler barns during the first three weeks of age. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 3, p. 256–262, 2016a.
- HERNANDEZ, R. O.; TINÔCO, I. F. F.; SARAZ, J. A. O.; SOUZA, C. F.; COELHO, D. J. R.; SOUSA, F. C. Calidad del aire en galpón avícola con ventilación natural durante la fase de pollitos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 7, p. 660–665, 2016b.
- HFAC, H. F. A. C. Humane Farm Animal Care - Padrões de cuidados com os animais: frangos de corte. 2014.
- LAVOR, C. T. B.; FERNANDES, A. A. O.; SOUSA, F. M. Efeito de materiais isolantes térmicos em aviários no desempenho de frango de corte. *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, n. 2, p. 308–316, 2008.
- MACARI, M.; FURLAN, R.; GONZALES, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal. 2008.

- MACARI, M.; FURLAN, R.; MAIORKA, A. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. In: Produção de frangos de corte. Campinas - SP, 2004.
- MACHADO, N. S.; TINÔCO, I. F. F.; ZOLNIER, S.; MOGAMI, C. A.; DAMASCENO, F. A.; ZEVIANI, W. M. Resfriamento da cobertura de aviários e seus efeitos na mortalidade e nos índices de conforto térmico. Nucleus, v. 9, n. 2, p. 59–73, 2012.
- MARCHINI, C. F. P.; SILVA, P. L.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; BELETTI, M. E.; GUIMARÃES, E. C.; SOARES, H. L. Morfometria da mucosa duodenal em frangos de corte submetidos a temperatura ambiente cíclica elevada. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 61, n. 2, p. 491–497, 2009.
- MEDEIROS, C. M. Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. Tese (doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECOM, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. Engenharia na Agricultura, v. 13, p. 277–286, 2005.
- MELLO, J. L. M.; BOIAGO, M. M.; GIAMPIETRO-GANECO, A.; BERTON, M. P.; VIEIRA, L. D. C.; SOUZA, R. A.; FERRARI, F. B.; BORBA, H. Periods of heat stress during the growing affects negatively the performance and carcass yield of broilers . Archivos de Zootecnia, v. 64, n. 248, p. 339–345, 2015.
- MENDES, M. A. DO S. A. Caracterização do ambiente térmico de aviários de postura, em sistemas verticais, ventilados naturalmente e por pressão negativa em modo túnel. Tese (doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2015.
- MENEGALI, I.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; CECOM, P. R.; GUIMARÃES, M. C. C.; CORDEIRO, M. B. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, n. suppl, p. 984–990, 2009.
- MENEGALI, I.; TINÔCO, I. F. F.; CARVALHO, C. C. S.; SOUZA, C. F.;

- MARTINS, J. H. Comportamento de variáveis climáticas em sistemas de ventilação mínima para produção de pintos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 1, p. 106–113, 2013.
- MIRAGLIOTTA, M. Y. Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciados. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas, 2000.
- MIRAGLIOTTA, M. Y.; NAAS, I. A.; MANZIONE, R. L.; NASCIMENTO, F. F. Spatial analysis of stress conditions inside broiler house under tunnel ventilation. *Scientia Agrícola*, v. 63, n. 5, p. 426–432, 2006.
- MORAES, S. R. P.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; CECON, P. R. Conforto térmico em galpões avícolas, sob coberturas de cimento amianto e suas diferentes associações. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3, n. 1, p. 89–92, 1999.
- NAAS, I. A.; MIRAGLIOTTA, M. Y.; BARACHO, M. S.; MOURA, D. J.; SALGADO, D. D. Qualidade da cama de frango em aviário convencional e em tipo túnel. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 1, n. 2, p. 103–115, 2007a.
- NAAS, I. A.; MIRAGLIOTTA, M. Y.; BARACHO, M. S.; MOURA, D. J. Ambiência aérea em alojamento de frangos de corte: poeira e gases. *Engenharia Agrícola*, v. 27, n. 2, p. 326–335, 2007b.
- OLIVEIRA, J. E.; SAKOMURA, N. K.; FIGUEIREDO, A. N.; LUCAS JUNIOR, J.; SANTOS, T. M. B. Efeito do isolamento térmico de telhado sobre o desempenho de frangos de corte alojados em diferentes densidades. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 5, p. 1427–1434, 2000.
- OLIVEIRA, P. A. V.; MONTEIRO, A. N. T. R. Emissão de amônia na produção de frangos de corte. *Conferência Facta*, p. 11, 2013.
- OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M. V.; CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 3, p. 797–803, 2006.
- OSORIO, J. A.; TINÔCO, I. F. F.; CIRO, H. J. Ammonia: a review of

- concentration and emission models in livestock structures. *Dyna*, p. 89–99, 2009.
- PAULA, M. O. Isolamento térmico de aviários e seus efeitos na qualidade do ar interior, consumo de energia e desempenho produtivo de frangos de corte. Tese (doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- PAULI, D. G.; SILVA, J. N.; VIGODERIS, R. B.; TINÔCO, I. F. F.; IORIO, V. O.; GALVARRO, S. F. S. Desenvolvimento de um software para o dimensionamento de sistemas de ventilação e resfriamento evaporativo em instalações avícolas climatizadas. *Engenharia na Agricultura*, v. 16, n. 2, p. 167–179, 2008.
- PONCIANO, P. F. et al. Sistema fuzzy para predição do desempenho produtivo de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. *Engenharia Agrícola*, v. 32, n. 3, p. 446–458, 2012.
- SALES, G. T.; GREEN, A. R.; GATES, R. S.; MAIA, A. P. A.; BORGES, G. Commissioning results for an environmental preference chamber for animals. ASABE International Meeting, 2011, Louisville, KY. *Anais...Louisville, KY: 2011*
- SALGADO, D. D.; NAAS, I. A.; PEREIRA, D. F.; MOURA, D. J. Modelos estatísticos indicadores de comportamentos associados a bem-estar térmico para matrizes pesadas. *Engenharia Agrícola*, v. 27, n. 3, p. 619–629, 2007.
- SANTOS, P. A.; BAÊTA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Ventilação em modos túnel e lateral em galpões avícolas e seus efeitos no conforto térmico , na qualidade do ar e no desempenho das aves. *Revista Ceres*, v. 56, n. 2, p. 172–180, 2009.
- SARMENTO, L. G. V.; DANTAS, R. T. D.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, J. H. V. Efeito da pintura externa do telhado sobre o ambiente climático e o desempenho de frangos de corte. *Revista Agropecuária Técnica*, v.26, n.2, p.152–159, 2005.
- SILVA, V. K.; SILVA, J. D. T.; GRAVENA, R. A.; MARQUES, R. H.; HADA, F. H.; MORAES, V. M. B. Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com rações contendo extrato de leveduras e prebiótico e criados em diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 4, p.

690–696, 2009.

- SILVA, E. G.; SANTOS, A. C.; FERREIRA, C. L. S.; SOUSA, J. P. L.; ROCHA, J. M. L.; SILVEIRA JUNIOR, O. Variabilidade espacial das características ambientais e peso de frangos de corte em galpão de ventilação negativa. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 14, n. 1, p. 132–141, 2013.
- SILVA, E. T.; LEITE, D. G.; NERY, F. S. G.; REGO, J. C. C.; ZANATTA, R. A.; SANTOS, S. A.; MOURA, V. V. Determinação do índice de temperatura e umidade (ITU) para produção de aves na mesorregião metropolitana de Curitiba - PR. *Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais*, v. 2, p. 47–60, 2004.
- STAUB, L.; MOARES, M. D. G.; SANTOS, M. G.; KOMIYAMA, C. M.; GONÇALVES, N. S.; FERNANDES JUNIOR, R. B.; TON, A. P. S.; ROQUE, F. A. Ambiência interna e externa em galpão de frangos de corte nas diferentes épocas do ano e fases de criação. *Nativa*, v. 4, n. 3, p. 128–133, 2016.
- STEIDLE NETO, A. J.; BAÊTA, F. C.; MARTINS, J. H.; ZOLNIER, S.; MONTEIRO, P. M. B. Avaliação da transmissão de dados de temperatura no sistema 1-wire™. *Engenharia Agrícola*, v. 25, n. 1, p. 29–36, 2005.
- TEIXEIRA, V. H. Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco, MG. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- THOM, E. C. The Discomfort Index. *Weatherwise*, v. 12, n. 2, p. 57–61, 1959.
- TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 3, n. 1, p. 01–26, 2001.
- VIGODERIS, R. B.; CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; MENEGALI, I.; SOUZA JUNIOR, J. P.; HOLANDA, M. C. R. Avaliação do uso de ventilação mínima em galpões avícolas e de sua influência no desempenho de aves de corte no período de inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 6, p. 1381–1386, 2010.
- WHATES, C. M. Strive for clean air in your poultry house. *World Poultry*, v. 15, n. 3, p. 17–19, 1999.

YANAGI JÚNIOR, T.; AMARAL, A. G.; TEIXEIRA, V. H.; LIMA, R. R.
Caracterização espacial do ambiente termoacústico e de iluminância em galpão comercial para criação de frangos de corte. Engenharia Agrícola, v. 31, n. 1, p. 1–12, 2011.

ZAPATA MARÍN, O. L.; TINÔCO, I. F. F.; SARAZ, J. A. O.; SOUZA, C. F.; VIEIRA, M. F. A. Evaluation of the fertilizer and contamination potential of different broiler litter types subjected to various use cycles. Revista Facultad Nacional de Agronomía, v. 68, n. 2, p. 7637–7646, 2015.

Experimento II - Mapeamento e análise do ambiente térmico de aviários com isolamento térmico e piso radiante para frangos de corte em Portugal

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo realizar o mapeamento térmico completo de aviário para frangos de corte, assim como identificar a variabilidade térmica, analisar o ambiente em relação a temperatura do ar, umidade relativa do ar, e Índice de Temperatura e Umidade, além de estabelecer a posição mais representativa das condições médias de temperatura e umidade relativa do ar internamente ao alojamento para melhor posicionamento dos sensores de comando dos painéis climatizadores. A pesquisa foi realizada na localidade da Ericeira, Portugal, em um aviário comercial de frangos de corte, com dimensões de 120 metros de comprimento, 15,5 metros de largura e pé-direito de 3 metros. O aviário é totalmente fechado nas laterais, por meio de alvenaria (parede dupla) com isolamento térmico e cobertura em estrutura metálica com telhas sanduiche, sendo totalmente automatizado. O aviário é equipado com sistema de ventilação artificial forçada por pressão negativa, possuindo 10 exaustores, distribuídos ao longo do comprimento da instalação. O aquecimento do ar no interior do aviário é realizado a partir do solo, por meio do sistema de aquecimento por piso radiante, distribuído em toda a área do piso da instalação. O experimento foi conduzido durante os meses de fevereiro e março, lote 1, com 38.100 aves, e nos meses de abril e maio, lote 2, com 37.500 aves. A densidade de aves por m² foi variando a medida que os animais eram retirados, durante o período de criação, para o abate, em ambos os lotes. Foram distribuídos 63 sensores de temperatura, em três níveis de altura em relação ao piso, a saber 0,25m, 1,50m e 2,75m. Também nos mesmo três níveis de altura, foram distribuídos 27 sensores de umidade relativa do ar, posicionados juntamente com os sensores de temperatura do ar. Diante dos resultados verificou-se que o aviário apresentou variação térmica em diferentes posições espaciais, e que o sistema de aquecimento por piso radiante não foi capaz de assegurar uma uniformidade completa da temperatura do ar no interior do aviário, porém o isolamento térmico presente nos fechamentos laterais e cobertura manteve as condições térmicas do interior do aviário sem grandes oscilações. Durante todo período de criação as temperaturas médias do ar estiveram dentro da faixa ideal para as aves, já a umidade relativa do ar permaneceu dentro dos limites recomendados somente

durante a fase com aquecimento, e no período diurno da fase pós-aquecimento. Em relação ao ITU conclui-se que as aves estavam em conforto térmico na fase de aquecimento, e em estresse térmico por calor na fase pós aquecimento. O posicionamento espacial adequado para alocação dos sensores de temperatura é a 0,25 metros do piso, na faixa central do aviário, e os sensores de umidade relativa a 0,25 e 2,75 metros do piso, no centro do aviário, próximo as paredes laterais.

Palavras chave: instalação avícola, piso radiante, isolamento térmico, ambiência.

Abstract

This present research had as objective to perform the complete thermal mapping of aviaries broiler, as well as to identify the thermal variability, to analyze the environment in relation to the air temperature, relative humidity of the air, Temperature and Humidity Index , in addition to establishing the most representative position of the average conditions of temperature and relative humidity of the internal air inside the aviaries for better positioning of the control sensors of the air conditioning panels. This research was carried out in a commercial aviary located in Ericeira - Portugal, with dimensions of 120 meters in length, 15.5 meters in width and 3 meters in height. The aviary is fully enclosed on the sides, by masonry (double wall) with thermal insulation and cover in metal structure with polyurethane sandwich tiles, being fully automated. The housing is equipped with a negative pressure forced ventilation system, with 10 exhaust fans, distributed along the length of the installation. The installation also has a nebulization system via three nebulization lines positioned along the axis of the installation length. The air heating inside the aviary is carried out from the ground by means of the radiant floor heating system, distributed throughout the floor area of the installation. The experiment was conducted during the months of February and March, lot 1, with 38,100 birds, and in the months of April and May, lot 2, with 37,500 birds. The density of birds per m² was varied as the animals were removed during the rearing period for slaughter in both batches. In the interior of the aviary were distributed 63 temperature sensors, in three levels of height, 0.25m, 1.50m and 2.75m. Also in the same three height levels, 27 relative air humidity sensors were distributed, positioned together with the air temperature sensors. In view of the results it can be verified that the aviary presents thermal variation in different spatial positions, and that the radiant floor heating system was not able to assure

a complete uniformity of the air temperature inside the aviary, but the thermal insulation present in the closings lateral and roof maintained the thermal conditions of the interior of the aviary without great oscillations. During the whole creation season average air temperatures were within the ideal range for birds, while relative air humidity remained within the recommended limits only during the heating phase and during the daytime phase of the post-heating phase. In relation to the THI, it was concluded that the birds were in thermal comfort in the heating phase, and in thermal stress in the post-heating phase. The adequate spatial positioning for temperature sensor allocation is 0.25 meters from the floor in the central aviary range and the relative humidity sensors at 0.25 and 2.75 meters from the floor, in the center of the aviary, and near the side walls.

Key words: poultry facility, underfloor heating, thermal insulation, ambience.

1. Introdução

A criação de frangos de corte é uma das atividades pecuária mais importante em todo o mundo, pois fornece proteína animal de qualidade e baixo custo, além da geração de renda e emprego para a população. Logo os sistemas e ambientes de criação, assim como a genética, sanidade, nutrição e manejo, desempenham papel essencial para o bom desempenho da atividade.

As aves necessitam, no ambiente em que estão alojadas, de condições específicas e dentro de certas faixas de tolerância, para temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, luminosidade e nível de ruídos, entre outros (TINÔCO, 2001).

Sabe-se que em certas condições térmicas do ambiente em que estão alojadas, o gasto de energia pela ave para manter a sua homeotermia é o menor possível, logo seu desempenho produtivo é máximo. Estas faixas térmicas, conhecidas como faixas de conforto térmico ambiente, são muito importantes de serem mantidas durante a maior parte do tempo em que a ave encontra-se alojada em um determinado ambiente (BAÊTA & SOUZA, 2010).

A zona de conforto térmico varia de acordo com a espécie e dentro da mesma espécie animal. Para as aves a faixa de temperatura do ar pode mudar de acordo com sua idade, genética, sexo, tamanho corporal, peso, nutrição, estado fisiológico, variação da temperatura ambiente, radiação, umidade e velocidade do ar (TINÔCO, 2001; FURTADO et al., 2003; BRIDI, 2006; LIMA et al., 2009).

Na fase inicial de vida das aves temperaturas mais altas são requeridas, assim o fornecimento de calor aos animais é fundamental, sobretudo quando existe risco de estresse por frio ou em regiões com condições de clima frio. Para uniformidade e bom desenvolvimento das aves ao longo do período de criação, é primordial aquecimento de qualidade e que proporcione conforto térmico aos animais.

Existe uma busca por sistemas de aquecimento ideais, que aqueçam o ar nas instalações de forma homogênea e necessária as exigências das aves, mas também de baixo custo. Ao longo do tempo diferentes tipos de aquecimento foram, e vem sendo, desenvolvidos, por criadores e indústrias, para aquecer os aviários internamente na fase inicial de vida das aves, proporcionando condições térmicas adequadas ao bom desenvolvimento do animais.

Dentre os vários tipos de sistemas de aquecimento para instalações animais, como por exemplo, fornalha a lenha e a gás, campanulas elétricas, campanulas a gás, campanulas infravermelhas, está o aquecimento por piso radiante, que consiste em um sistema no qual aquece o aviário a partir do solo, e já vindo sendo empregado para aquecimento de aviários em países da Europa.

Alguns pesquisadores e criadores de frangos de corte afirmam que o sistema de aquecimento por piso radiante proporciona uma maior qualidade no aquecimento, maior uniformidade e eficiência na distribuição do calor, controle eficiente da temperatura próximo as aves, assim como uma cama mais seca, e também um melhor arranque e uniformidade no desempenho das aves (ABREU & ABREU, 2002; BOZKIR & CANBAZOĞLU, 2004; ALLISON, 2010; SPELLER, 2010; LEVA et al., 2013).

Segundo Leva et al. (2013) o sistema de aquecimento por piso radiante é uma alternativa importante para a obtenção de conforto térmico e, apesar de sua simplicidade, implica cuidado no design, como a escolha da fonte de calor, estratégia de controle, seleção de materiais e detalhes construtivos.

Da mesma forma que o sistema de aquecimento, a concepção arquitetônica e construtiva das instalações possuem grande relevância, principalmente no que tange o conforto térmico animal, visto que, em condições estressantes, os animais não produzem todo seu potencial. As instalações devem possuir dispositivos e isolamento térmico suficientes que permitam que o calor fornecido internamente pelo sistema de aquecimento não seja dissipado

para o exterior, ou que esta perda seja a menor possível, principalmente em condições de clima frio. Outro ponto importante com o uso de isolamento térmico é evitar que as baixas temperaturas do ar externas, assim como as elevadas temperaturas, interfira no ambiente interno das instalações.

Padilha et al. (2001) afirmam que os materiais de construção empregados em instalações animais devem possuir requisitos de resistência mecânica, durabilidade, além de excelente capacidade de isolante térmico. O tipo de material utilizado nos fechamentos dos aviários determinará a quantidade de radiação que passará para o interior da instalação (CONCEIÇÃO et al., 2008), assim como a quantidade de calor que será perdida para o exterior durante a fase de aquecimento.

Sabe-se também que o gasto energético para aquecer e também resfriar o ar de aviários sem nenhum tipo de isolamento térmico, tipologia dos aviários brasileiros, é sempre maior que nas instalações isoladas termicamente, tipologia dos aviários de países de condições de clima frio. Nos países de clima frio o isolamento térmico de instalações é algo aceito e bem difundido, porém em países de clima quente, como o Brasil, a manutenção do calor no interior das instalações não parecia ser um problema, mas recentemente começou a ser visto de outra forma, diante dos altos custos energéticos com intuito de manter um ambiente térmico confortável frente as variações de temperatura.

Portanto, instalações adequadas e seu manejo correto contribuem para a alteração das condições ambientais térmicas no local da criação, por meio do controle da temperatura, umidade relativa do ar, radiação e velocidade do vento (BAÊTA & SOUZA, 2010).

Na busca por conforto térmico e desempenho ideal das aves, é fundamental durante a fase de criação realizar avaliações e análises dos tipos de instalações, assim como dos sistemas de aquecimento usados, com intuito de se verificar qual efeito estes estão exercendo no ambiente térmico do interior do aviário. Tais praticas permitem viabilizar os ajustes e decisões a serem tomadas no manejo adotado. Diversos trabalhos já foram realizados com objetivo de avaliar diferentes instalações e sistemas de aquecimento, por meio de suas influências no ambiente interno dos aviários e também nos desempenhos produtivos dos animais (ZANATTA et al., 2008; SANTOS et al., 2009; CORDEIRO et al., 2010; CHOI et al., 2012; LEVA et al., 2013; CAMPOS et al., 2013; VIGODERIS et al., 2014; CORADI et al., 2016; SMITH et al., 2016),

mas não se tem conhecimento de nenhum trabalho já realizado para aviários de frango de corte com aquecimento por piso radiante e isolamento térmico no fechamento de alvenaria e na cobertura, para condições de clima frio, justificando assim a importância do presente estudo.

Diante do exposto, objetivou-se, com a presente pesquisa, realizar o mapeamento térmico completo de aviário para frangos de corte, com fechamento todo em alvenaria de parede dupla, com o uso de isolamento térmico nas laterais e cobertura, e aquecimento do ar por piso radiante, assim como identificar a variabilidade térmica, analisar o ambiente em relação a temperatura do ar, umidade relativa do ar, e Índice de Temperatura e Umidade, além de estabelecer a posição mais representativa das condições médias de temperatura e umidade relativa do ar internamente ao alojamento para melhor posicionamento dos sensores de comando dos painéis climatizadores.

2. Materiais e métodos

2.1. Caracterização da área experimental

A pesquisa foi realizada na localidade da Ericeira, Portugal, em um aviário comercial de frangos de corte, com dimensões de 120 metros de comprimento, 15,5 metros de largura e pé-direito de 3 metros. O aviário é totalmente fechado nas laterais, por meio de alvenaria (parede dupla) com isolamento térmico (resistência térmica igual a $2 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{W}$), e cobertura em estrutura metálica com telhas sanduiche de poliuretano (Figura 1). A instalação está orientada na direção Norte-Sul, sendo totalmente automatizada, com comedouros automáticos e bebedouros tipo Nipple.



Figura 1. Vista interna do aviário sólido, com isolamento térmico, para frangos de corte.

O alojamento é equipado com sistema de ventilação forçada por pressão negativa, possuindo 10 exaustores, distribuídos ao longo do comprimento da instalação, distantes de 10 a 15 metros entre si. Do lado oposto aos exaustores estão posicionadas as janelas para entrada de ar no aviário, sendo estas no total de 48, com dimensões de 1,2 metros x 0,4 metros cada. Este sistema de ventilação é conhecido como ventilação cruzada, sendo o sistema mais utilizado nos aviários de produção de frango construídos nos últimos anos na Europa. No mesmo fechamento lateral em que estão localizados os exaustores, há também, 56 janelas para entrada de luz natural externa, com dimensões de 0,9 metros x 0,9 metros cada, e em caso de emergência (falha no sistema de ventilação mecanizada) permitir o uso da ventilação natural (Figura 2).



Figura 2. Vista dos sistema de ventilação, entradas de ar e luz natural no interior do aviário sólido, com isolamento térmico, para frangos de corte.

O aquecimento do ar no interior do aviário é realizado a partir do solo, por meio do sistema de aquecimento por piso radiante, distribuído em toda a área do piso da instalação, constituído por 10 circuitos de 1000 metros de tubulação cada. Nas tubulações circulam água previamente aquecida em uma caldeira, por meio da queima de madeira peletizada, a caldeira estava localizada em um anexo ao aviário. Os tubos em que circulam a água aquecida são instalados sobre um material isolante (para evitar perdas de calor para a parte debaixo do solo), sendo o material isolante colocado acima do contrapiso da instalação. A parte de cima dos tubos de água é revestida por argamassa de cimento: areia, sobre o revestimento de argamassa é depositado a cama utilizada na instalação (Figura 3).



Figura 3. Vista da tubulação do sistema de aquecimento (durante o período de construção) e caldeira para aquecimento da água que percorre as tubulações no interior do aviário sólido, com isolamento térmico, para frangos de corte.

Durante o período experimental o manejo do sistema de acondicionamento térmico foi realizado por pressão negativa em 100% do tempo, sendo os grupos de exaustores acionados, paulatinamente, por meio de painéis de controle automatizados. Estes painéis foram programados para garantir que as faixas de temperaturas e umidades relativas do ar adotadas como ideais para cada fase do ciclo de vida das aves (Tabela 1), pudessem ser garantidas no aviário.

Tabela 1 – Programa de temperatura adotado pelo produtor.

Idade (dias)	Temperatura (°C)
0 - 02	33
03 - 06	31,5
07 - 13	29,5
14 - 20	27,5
21 - 27	25,5
28 - 34	24
35 - 41	23
42 - 49	22

O experimento foi conduzido no ano de 2016, durante os meses de fevereiro a maio, nesse período foram alojados dois lotes de aves, sendo o primeiro lote nos meses de fevereiro e março, com 38.100 aves (Lote 1), e o segundo lote nos meses de abril e maio, com 37.500 aves (Lote 2). Ambos os lotes eram compostos por aves machos e fêmeas, as quais deram entrada como pintos de um dia e foram retirados para o abate, por partes, ao longo do ciclo de produção, de acordo com as necessidades do mercado. A densidade de aves por m² variava de acordo com a saídas das aves para o abate ao longo do

período de criação, para ambos os lotes (Tabela 2). A cama utilizada na instalação era aparas de madeira, trocada a cada lote de criação.

Tabela 2 – Densidade de aves por m² durante todo o período de criação

Lote 1		Lote 2	
Idade (dias)	Densidade	Idade (dias)	Densidade
1	20,5	1	20,2
34	18,8	29	18,5
36	16,2	30	16,9
37	14,0	33	15,3
41	11,8	34	13,4
42	10,0	35	11,2
44	8,3	37	9,0
48	6,3	40	7,6
49	4,6	42	5,7
		47	2,5

2.2. Sistema de aquisição de dados de temperatura e umidade

O sistema para controle, coleta e armazenamento dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar implementado no experimento, utilizou seis dataloggers CR1000 e dois multiplexers AM416, nos quais foram conectados sensores de temperatura do ar MCP9700 (precisão de 1°C para faixas de temperatura entre -40 e 150°C), e umidade relativa do ar HIH-4000 (precisão de 2%, para faixas de 0 a 100% de umidade relativa do ar).

Os sensores foram conectados aos dataloggers e multiplexers por meio de Cabos Cat5e e conexões de plástico para fios elétricos, o que garantiu a transmissão dos dados e a energização do sensores. Os terminais dos sensores foram fixados aos cabos por meio de solda, e seguindo as recomendações do fabricante, sendo realizado também o isolamento dos pontos de fixação.

Após a elaboração do sistema de coleta de dados, os circuitos contendo os sensores de temperatura do ar MCP9700 e umidade relativa do ar HIH-4000, foram calibrados, o que permitiu validar os sensores e sua utilização. A calibração ocorreu em ambiente controlado, câmara de laboratório do tipo B.O.D., durante um período de 24 horas.

A coleta dos dados, tanto de temperatura quanto de umidade relativa do ar, aconteceu de forma contínua (24 horas por dia) durante todo período de criação das aves, em ambos os lotes, desde a chegada dos pintainhos até a saída das aves adultas (ciclo completo), perfazendo, portanto 51 dias

experimentais para o Lote 1 e 48 dias experimentais para o Lote 2. Os dados monitorados foram registrados em tempo real, em intervalos de 1 min.

2.3. Distribuição dos sensores na parte interna do aviário

Para caracterização de todo o ambiente interno ao aviário, com maior confiabilidade, foram distribuídos 63 sensores de temperatura (conforme destacado pelos pontos vermelhos e azuis na Figura 4), em três níveis de altura em relação ao piso, a saber 0,25m, 1,50m e 2,75m. Também nos mesmo três níveis de altura, foram distribuídos 27 sensores de umidade relativa do ar, posicionados juntamente com os sensores de temperatura do ar (destacados em azul na Figura 4).

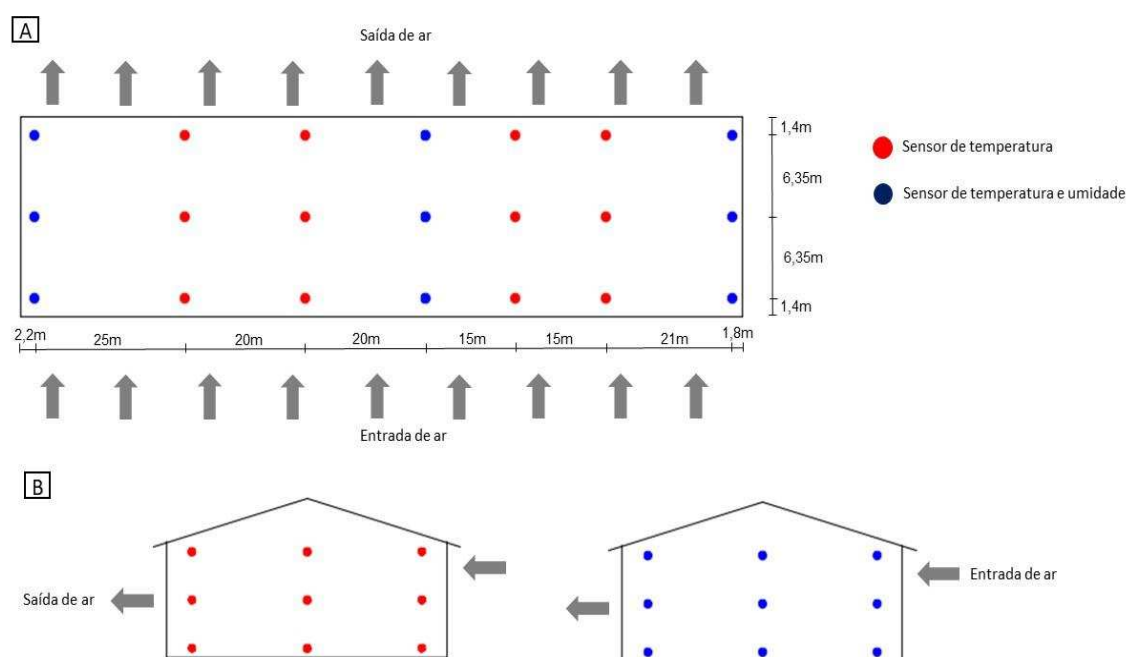


Figura 4. Representação esquemática da distribuição dos sensores de temperatura e umidade relativa do ar na parte interna do aviário, em três níveis de altura: (A) plano horizontal e (B) plano vertical.

Com intuito de monitorar a temperatura e umidade relativa do ar externa a instalação, foi utilizado um abrigo meteorológico, posicionado a 20 metros da face leste do aviário, no interior do qual foram dispostos sensores de temperatura e umidade relativa do ar, iguais aos utilizados no interior do alojamento.

2.4. Cálculo do índice de conforto

A partir dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, determinou-se, para cada posição em que havia um sensor de temperatura e umidade relativa do ar (pontos destacados em azul na Figura 4), e junto ao abrigo meteorológico (área externa), o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), desenvolvido por Thom (1959), o qual pode ser calculado pela Equação 1.

$$ITU = tbs + 0,36 \times tpo + 41,5 \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

tbs = temperatura de bulbo seco, °C;

tpo = temperatura de ponto de orvalho, °C.

2.5. Mapeamento e análise do ambiente térmico interno ao aviário

Considerando o intuito principal desta investigação, que foi o de analisar a distribuição térmica interna ao aviário com fechamento todo em alvenaria e presença de isolante térmico nas paredes e cobertura, foram obtidas as médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar no interior e exterior da instalação durante todo ciclo de criação das aves, para os dois lotes estudados. Os resultados do ambiente térmico foram elaborados para dois momentos distintos, sendo fase com aquecimento e fase pós aquecimento. Para cada fase e para cada um dos lotes, foram apresentados mapas de temperatura média do ar, umidade relativa do ar média e Índice de Temperatura e Umidade médio, para períodos noturnos (18:00h as 5:59h) e diurnos (06:00 as 17:59h). De forma similar, foram apresentados mapas para as condições extremas de temperatura do ar e ITU, ou seja, máximos e mínimos valores observados.

Com base nos dados coletados, e nos índices calculados, foram desenvolvidos também gráficos do ambiente térmico em função dos dias de vidas das aves. Para elaboração dos gráficos, e também para os mapas, utilizou-se como ferramenta computacional o programa SigmaPlot 12.0, o qual permite a produção de gráficos de alta qualidade de forma clara e precisa.

Para o Lote 1 o período com aquecimento foi do 1º ao 27º dia de vida das aves e o período pós aquecimento foi do 28º ao 51º dia. Já para o Lote 2 o

aquecimento ficou entre o 1º ao 29º dia e o período pós aquecimento do 30º ao 48º dia de vida das aves alojadas.

2.6. Posição espacial representativa das condições térmicas internas ao aviário

Os valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, de cada ponto no interior do aviário utilizado para aquisição dos dados do ambiente térmico (Figura 5), foram comparados com a média geral de temperatura e umidade de todo o aviário (todos os pontos) por meio do teste t, a fim de determinar o melhor posicionamento dos sensores para controle do sistema de acondicionamento térmico do aviário.

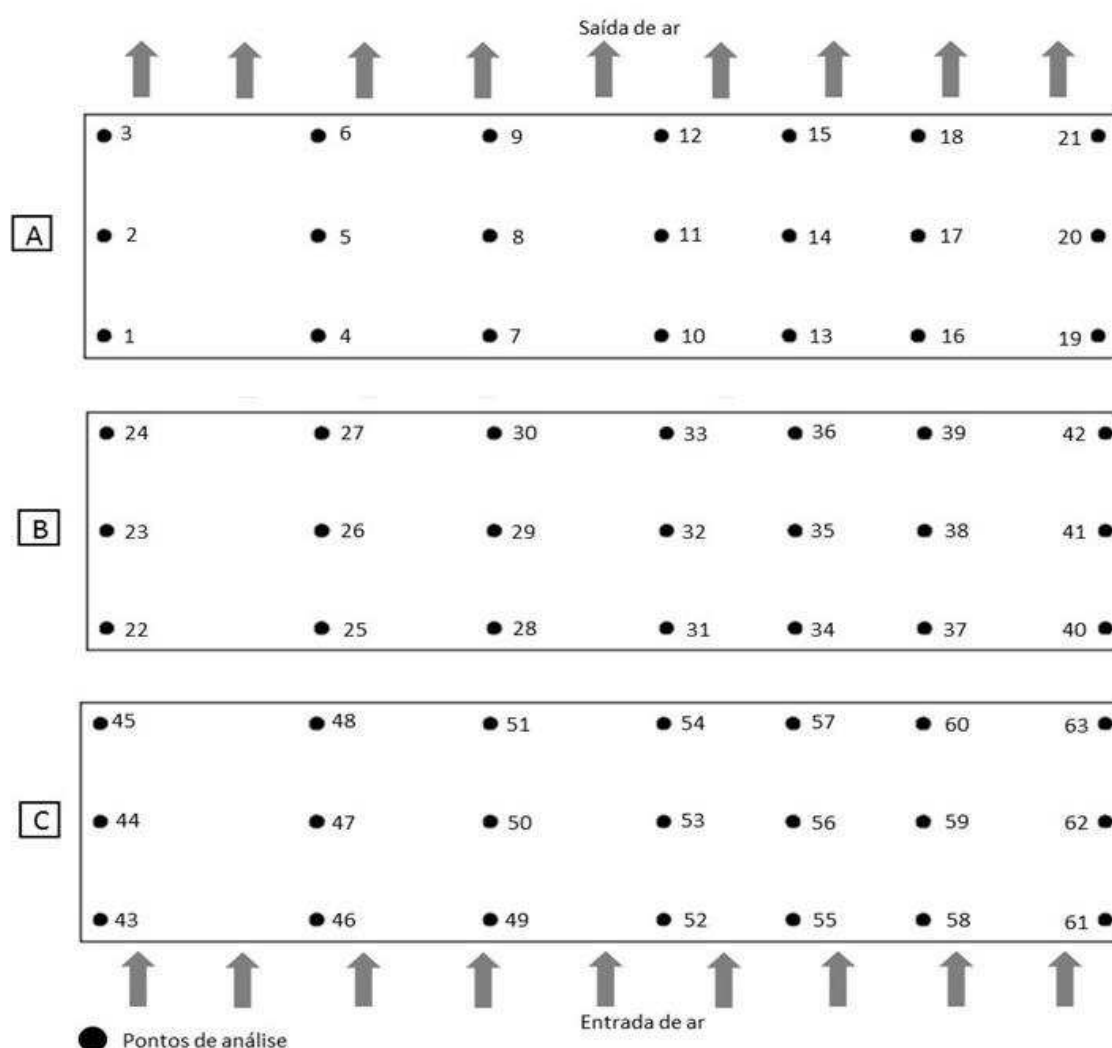


Figura 5. Representação esquemática da distribuição e identificação dos pontos de alocação dos sensores internos ao aviário, no plano horizontal, em que representam: (A) nível 1, (B) nível 2 e (C) nível 3.

Foi analisado o posicionamento dos sensores, para cada um dos lotes experimentais, considerando todo período de criação, ou seja, desde a chegada das aves com 1 dia de vida até a saída para o abate.

3. Resultados e discussão

Com base nos dados experimentais coletados foram elaborados os mapas de temperatura do ar, umidade relativa do ar e Índice de Temperatura e Umidade. Por meio dos mapas elaborados foram verificadas similaridades na distribuição espacial das variáveis estudadas, para todas as situações (períodos diurno e noturno, com aquecimento e pós aquecimento), entre os Lotes 1 e 2, apesar de diferentes faixas de temperatura, umidade relativa do ar e ITU entre os lotes. Diante do fato dos mapas serem similares, foram apresentados a seguir somente os mapas para o Lote 1, enquanto os mapas do Lote 2 se encontram no Apêndice A.

3.1. Fase com aquecimento

3.1.1. Temperatura do ar

Na Figura 6 estão apresentados os mapas de distribuição da temperatura do ar para o nível 1, períodos noturno e diurno, condições de temperaturas médias, máximas e mínimas, observadas no interior do aviário, durante a fase com aquecimento. De forma geral, os mapas diurnos para as três condições, apresentaram temperaturas superiores aos mapas noturnos, a menor variação da temperatura interna foi observada para temperatura média, de 2,0°C e 2,5°C, dia e noite respectivamente, sendo o intervalo durante o dia entre 26,5°C e 28,5°C, já para noite o intervalo foi de 25,9°C e 28,4°C, com uma distribuição similar da temperatura média entre os mapas. Os intervalos de variação para as temperaturas máximas internas ao aviário foram de 31,3°C a 34,4°C e 31,2°C a 34,9°C, período noturno e diurno respectivamente. Para as condições mínimas observa-se uma variação de 3,9°C durante o dia, enquanto a noite essa variação entre as temperaturas internas foi de 2,4°C.

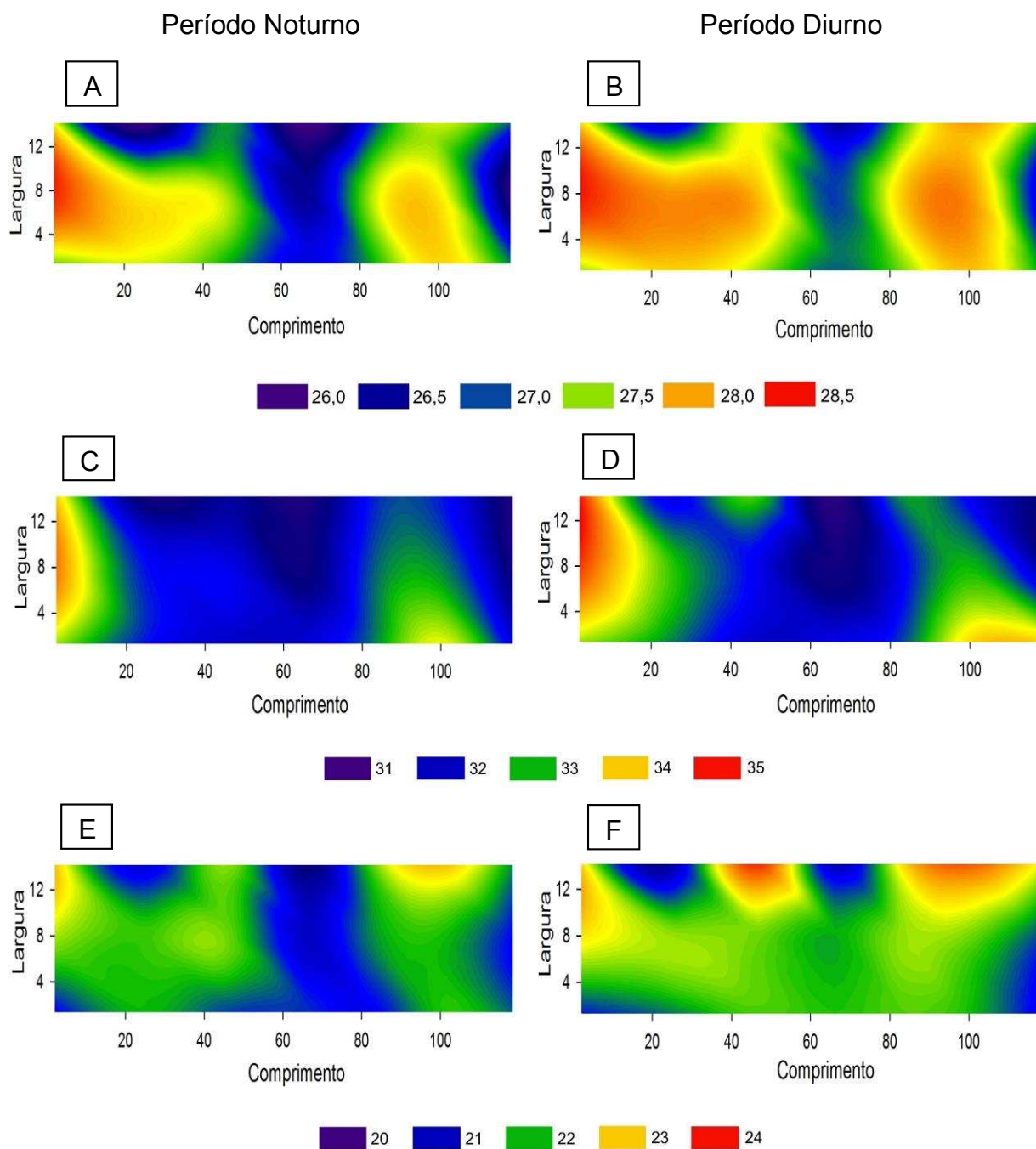


Figura 6. Mapas de distribuição da temperatura do ar (°C) do aviário, para o Lote 1, nível 1 e fase com aquecimento, em que representam: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

Encontram-se apresentados, na Figura 7, os mapas de distribuição da temperatura do ar para o nível 2, períodos noturno e diurno, condições de temperaturas médias, máximas e mínimas.

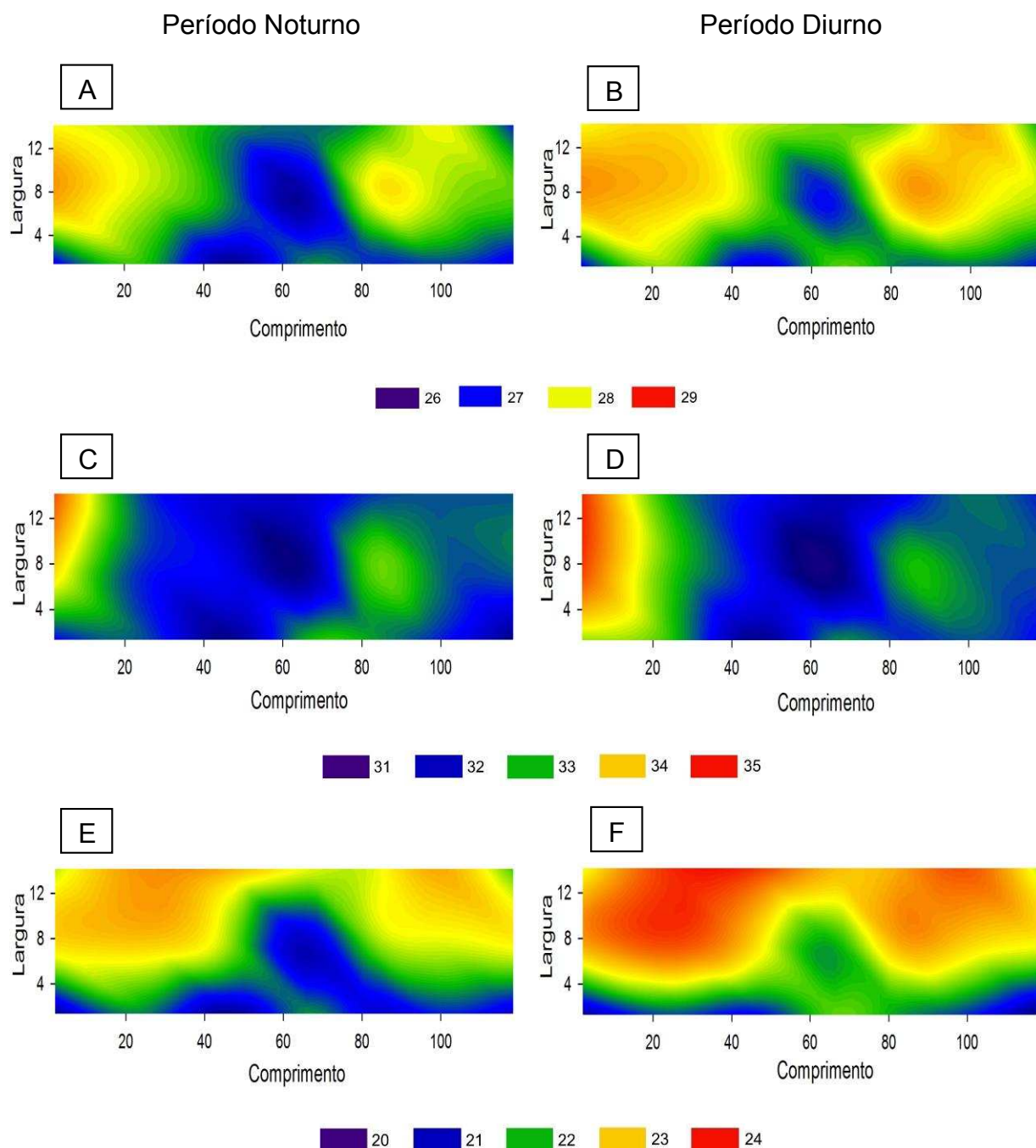


Figura 7. Mapas de distribuição da temperatura do ar (°C) do aviário, para o Lote 1, nível 2 e fase com aquecimento, em que representam: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

Pode-se observar o mesmo comportamento na distribuição da temperatura média e mínima, em que há um aumento da temperatura do ar de uma extremidade lateral do aviário (entrada de ar) em direção a extremidade lateral oposta (saída de ar). Os intervalos de temperatura do ar média foram de

26,5°C a 28,4°C durante a noite e de 26,8°C a 28,4°C durante o dia. Nas condições de mínima temperatura, os intervalos ficaram entre 20,7°C e 23,3°C, e 20,6°C e 23,9°C, período noturno e diurno respectivamente.

Assim como ocorreu para os mapas de temperatura máxima do nível 1 (Figura 6), para o nível 2 observa-se também que os maiores valores de temperatura nos mapas de máximas estão localizados, na sua maioria, em uma extremidade do aviário, este fato pode ser explicado, em função de que, junto a essa extremidade estar localizado um anexo, com escritório e, principalmente, o sistema de aquecimento da água que circula na tubulação presente no piso do aviário, para aquecimento do ar da instalação. A presença deste anexo ao aviário, impende também que esta extremidade esteja em contado direto com o ambiente externo a instalação.

Na Figura 8, estão apresentados os mapas de distribuição da temperatura do ar, para o nível 3, períodos noturno e diurno, condições de temperaturas médias, máximas e mínimas. De forma similar aos mapas de temperatura média e mínima do nível 2, os mapas da temperatura média e mínima do nível 3 também apresentam um aumento da temperatura na região da entrada de ar em direção a região da saída de ar, tal fato pode ser justificado em função do calor presente no interior do aviário ser incorporado ao fluxo de ar promovido pelo sistema de ventilação. Vale ressaltar que o ar vindo do exterior, por meio das entradas de ar, se encontrava a uma temperatura menor que a do ar no interior do aviário.

Os mapas de temperatura média no nível 3 apresentaram temperatura ligeiramente superiores aos níveis 1 e 2, sendo o intervalo para a noite entre 26,2°C e 28,7°C. Já durante o dia o intervalo foi de 26,3°C e 28,8°C. Nos mapas de temperaturas máximas observa-se novamente uma região com maiores valores em relação ao restante do aviário, variando no período noturno de 31,3°C a 34,9°C, e período diurno de 31,7°C a 34,9°C. Já as temperaturas mínimas ficaram entre 19,2°C a 23,9°C e 18,4°C a 24,2°C, período noturno e diurno respectivamente.

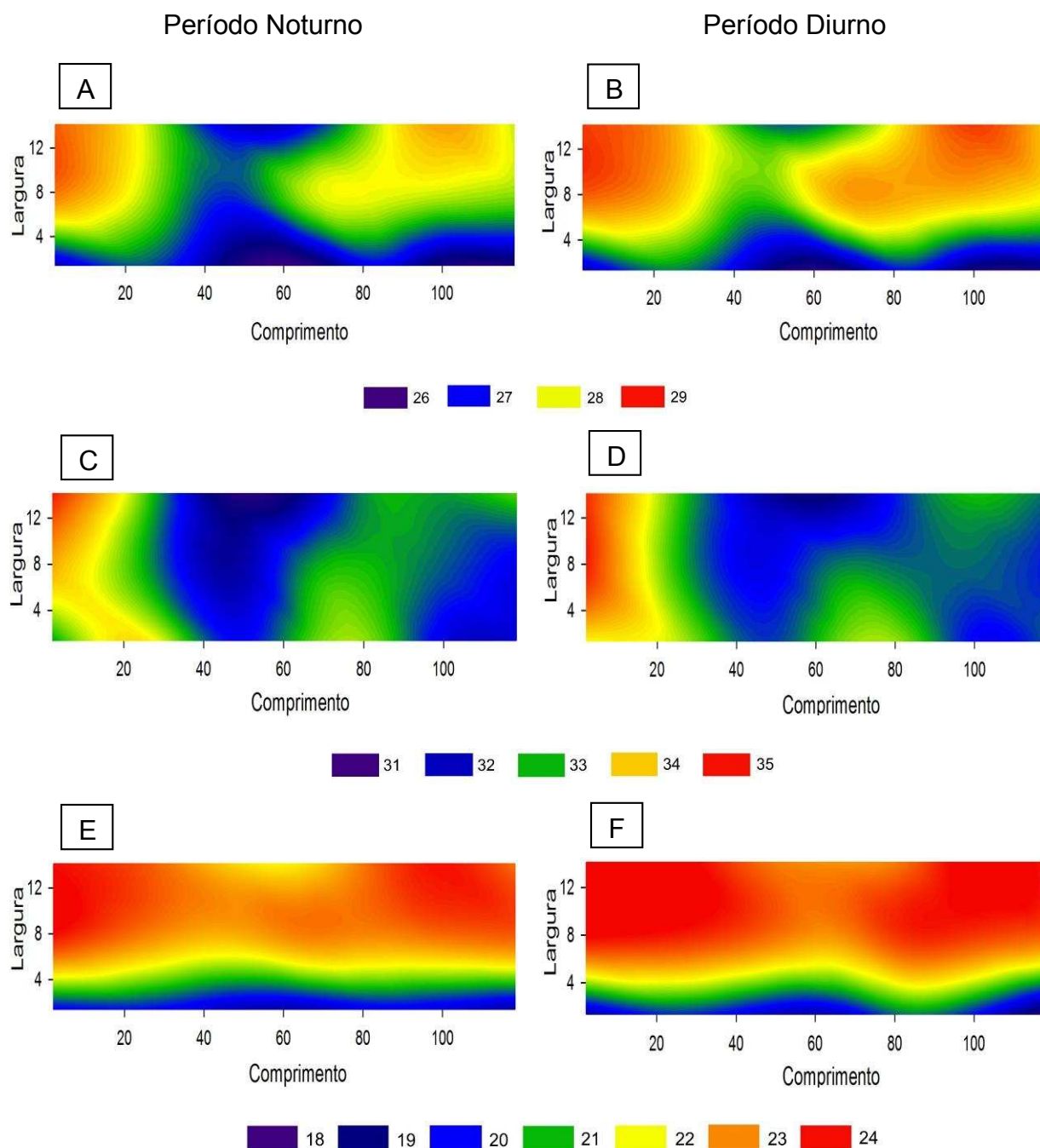


Figura 8. Mapas de distribuição da temperatura do ar (°C) do aviário, para o Lote 1, nível 3 e fase com aquecimento, em que representam: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

De acordo com Vigodeirs (2006), Carvalho et al. (2012) e Saraz et al. (2012) e a distribuição do ar aquecido no interior de uma instalação é influenciada pelo tipo da instalação, sistema de ventilação, isolamento térmico da instalação, temperatura e umidade relativa do ar e, principalmente pelo

sistema de aquecimento adotado. Para Abreu e Abreu (2002), Bozkir e Canbazoglu (2004) e Leva et al. (2013) o sistema de aquecimento por piso radiante permite uma distribuição do calor uniforme e eficiente em toda a instalação, proporcionando uma maior qualidade no aquecimento e condição térmica favorável, assim como um controle eficiente da temperatura do ambiente próximo as aves.

Embora os autores Abreu e Abreu (2002), Bozkir e Canbazoglu (2004) e Leva et al. (2013) afirmam uma distribuição de calor uniforme em toda a instalação através do sistema de aquecimento por piso radiante, observa-se na presente pesquisa, por meio dos mapas de temperatura do ar, para os três níveis de altura, conforme apresentado nas Figura 6, 7 e 8, que na instalação estudada, a qual adota este modelo de aquecimento, há presença de regiões no interior do aviário com diferentes temperaturas do ar, levando a uma variação térmica. Logo, verifica-se que somente o sistema de aquecimento não é capaz de assegurar uma uniformidade da temperatura do ar na fase de aquecimento. Segundo Mostafa et al. (2012) uma ventilação do ar adequada no interior do aviário é essencial para a uniformidade térmica.

Para AVIAGEN (2009) e AVIAGEN BRAND (2014) a uniformidade na distribuição do calor em todo o interior de um aviário é fundamental, pois presença de algumas regiões frias ou quentes em relação ao restante do aviário, podem reduzir o desempenho dos animais, causar desuniforme no lote e até mesmo causar mortalidade.

Sabe-se que o fornecimento de calor adequado e uniforme as aves na fase inicial de vida, por meio dos sistemas de aquecimento, visando atender as condições de conforto térmico do animal, é fundamental, e dele depende o desenvolvimento inicial do pintinho (TINÔCO, 2001). As primeiras semanas de vida da ave são as mais críticas, principalmente os primeiros sete dias, pois é o período em que ocorre a maior taxa de formação de órgão vitais, sistema termorregulador e imunológico, erros cometidos nesta fase dificilmente serão corrigidos na fase posterior, comprometendo o desenvolvimentos das aves e seu desempenho final (ABREU & ABREU, 2002; BUTCHER & NILIPOUR, 2002; CONTO, 2003; FUNCK & FONSECA, 2008; TEIXEIRA et al., 2009).

De acordo com a literatura a temperatura ideal para aves de corte nas primeiras semanas de vida é de 26°C a 34°C (TINÔCO, 2001; CONY & ZOCHE, 2004; MACARI et al., 2004; MEDEIROS et al., 2005; OLIVEIRA et al.,

2006; PAULI et al., 2008; FERREIRA, 2011). Observa-se pelos mapas de temperatura média do ar, para os três níveis de altura, principalmente para o nível 1, por ser aquele mais próximo as aves, que os valores médios de temperatura obtidos durante o período de 1 ao 27 dias de idade das aves, variaram entre 25,9°C e 28,8°C, apesar dos valores de temperatura estarem abaixo do limite de 34°C, estão dentro do faixa média de temperatura recomendada para o período analisado. Embora a temperatura sugerida pela literatura ser 26°C a 34°C, a programa de temperatura adotado no aviário estava programada para uma faixa de temperatura ligeiramente mais baixa, variando entre 25,5°C a 33°C.

Avaliando o desempenho de frangos de corte nas três primeiras semanas de vida em câmaras climáticas sob diferentes condições de temperatura do ar, Cassuce et al. (2013) verificaram que as aves mantidas dentro de um intervalo de temperatura (30°C primeira semana, 27°C segunda semana e 24°C terceira semana), abaixo do recomendado pela literatura, mostraram melhores desempenhos zootécnicos quando comparadas as outras condições ambientais. Trabalhando também em câmara climática com aves de 1 a 21 dias de vida, em condição de conforto e estresse por frio, Cândido et al. (2016) observaram que os animais criados sob temperatura de 27°C, 24°C e 21°C na primeira, segunda e terceira semana, respectivamente, apresentaram melhor ganho de peso e conversão alimentar, em relação as demais temperaturas impostas.

O comportamento de frangos de corte durante as duas semanas iniciais de vida, submetidos a diversas variações de temperatura do ar em câmaras climáticas, foi avaliado por Schiassi et al. (2015). Os animais foram filmados por câmeras de vídeo, o que possibilitou o monitoramento das aves para estudo de comportamentos característicos de agrupamento, tais como, presença no bebedouro, presença no comedouro e presença em áreas intermediárias. As imagens mostraram que, em condições de estresse térmico por frio, situação que ocorre em instalações com aquecimento insuficiente e com falhas, as aves apresentaram tendência de permanecer a maior parte do tempo agrupadas, comprometendo assim o desenvolvimento e a eficiência produtiva destes animais.

Mapeamento térmico de aviários para frangos de corte também foram realizados em pesquisa conduzida no Brasil por Hernandez et al. (2016), no qual selecionaram um aviário com sistema de aquecimento de fornalha a lenha,

localizada externamente ao alojamento, a qual conduzia o ar aquecido para o interior do aviário por meio de dutos de ar, e que possuía ainda sistema de ventilação tipo túnel por pressão negativa e fechamento em cortinas. Os autores verificaram, por meio dos mapas de temperatura do ar, que durante as três primeiras de semana de vida das aves, a temperatura do ar no espaço ocupado pelos animais esteve dentro da faixa de conforto, sendo a temperatura durante a noite ligeiramente inferior ao dia. Observaram também uma desuniformidade na distribuição do calor, com temperaturas mais baixas na regiões próximas as entradas de ar e as mais altas próximas ao sistema de aquecimento, chegando a verificar diferenças de temperatura próximas aos 10°C.

Apesar das diferenças construtivas, dos sistemas de aquecimento e ventilação, entre os aviários analisados por Hernandez et al. (2016) e os analisados na presente pesquisa, verifica-se que em ambos, nas regiões próximas as aberturas de ar das instalações ocorreram temperaturas mais baixas, evidenciando dessa forma a influência das entradas de ar no ambiente térmico.

Conduzindo pesquisa em galpões experimentais, e também com simulações computacionais, Leva et al. (2013) avaliaram e compararam o comportamento do aquecimento dentro de aviário por meio de dois diferentes sistemas: aquecimento por campânula a gás e aquecimento por piso radiante, com a utilização de água quente circulando em tubulações abaixo da cama aviária, sistema semelhante ao da presente pesquisa. Os autores concluíram a partir do resultados obtidos, que o aquecimento através do piso proporciona uma distribuição mais homogeneia da temperatura quando comparado com o aquecimento tipo campânula, além do fato do fluxo de calor dá-se de baixo para cima, suprimindo assim a necessidade maior de aquecimento da ave.

Abreu et al. (2000) apresentaram metodologia de dimensionamento de um sistema de aquecimento elétrico para ser utilizado em piso de aviários, e com isso fornecer calor necessário as aves. Os autores utilizaram dois tipos de placas, sendo fibra de vidro e argamassa armada, no interior das quais continha um sistema de resistência elétrica, responsável pelo aquecimento. Diante dos resultados, verificaram que o sistema mais adequado para a placa de argamassa armada foi com a espessura de 6cm e para a placa de fibra de vidro uma espessura de 8cm. Observaram também que quanto maior a espessura de cama sobre as placas, maior o tempo para atingir o valor ideal de temperatura, onde a

espessura de cama de 3cm sobre a placa mostrou-se adequada para ser utilizada nos sistemas de aquecimento elétrico de placas de fibra de vidro e de argamassa armada.

Encontra-se representado, na Figura 9, o comportamento da temperatura média interna, obtida em todo o aviário, e externa ao longo da fase com aquecimento, a qual durou 27 dias para o Lote 1. Observa-se pelo comportamento da temperatura média interna ao aviário uma variação muito pequena de temperatura, e a medida que vai aumentando os dias do período aquecido e consequentemente também crescimento das aves, a temperatura média do aviário vai reduzindo, apesar ainda do sistema de aquecimento estar ligado. Essa redução na temperatura do ar é em função da mudança no programa de temperatura adotado nos painéis de controle do ambiente térmico, de acordo com a idade das aves.

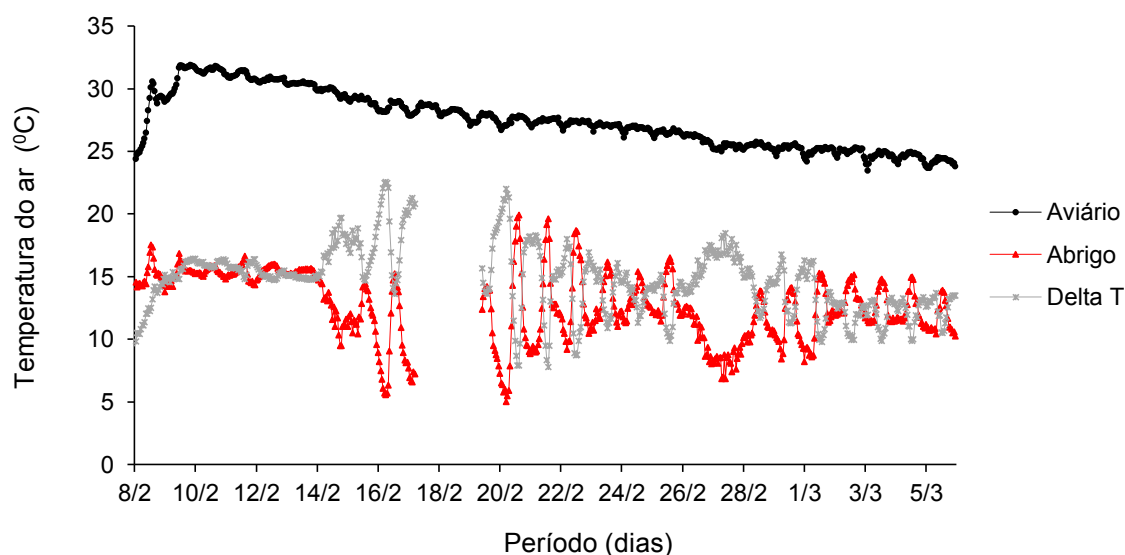


Figura 9. Comportamento da temperatura média do ar interna e externa ao aviário, e a diferença de temperatura, durante a fase com aquecimento para o Lote 1.

Para a temperatura do ar externa observa-se uma maior variação térmica, com média de 12,7°C, variando entre 5°C e 19,9°C. Observa-se também que a baixa temperatura externa não interferiu na temperatura interna ao aviário, como demonstra a Figura 6, onde o ΔT , cujo valor é a diferença entre a temperatura média do ar interna e externa ao aviário, foi de $14,73 \pm 2,6^\circ\text{C}$, e acompanhou as alterações do comportamento da temperatura externa.

Na Figura 10 encontra-se representado o comportamento da temperatura média interna, obtida em todo o aviário, e externa, ao longo da fase com aquecimento, a qual durou 29 dias para o Lote 2. De forma similar ao que ocorreu no mesmo período do Lote 1, observa-se também no Lote 2, pequena variação na temperatura interna, a qual vai reduzindo em função do crescimento das aves.

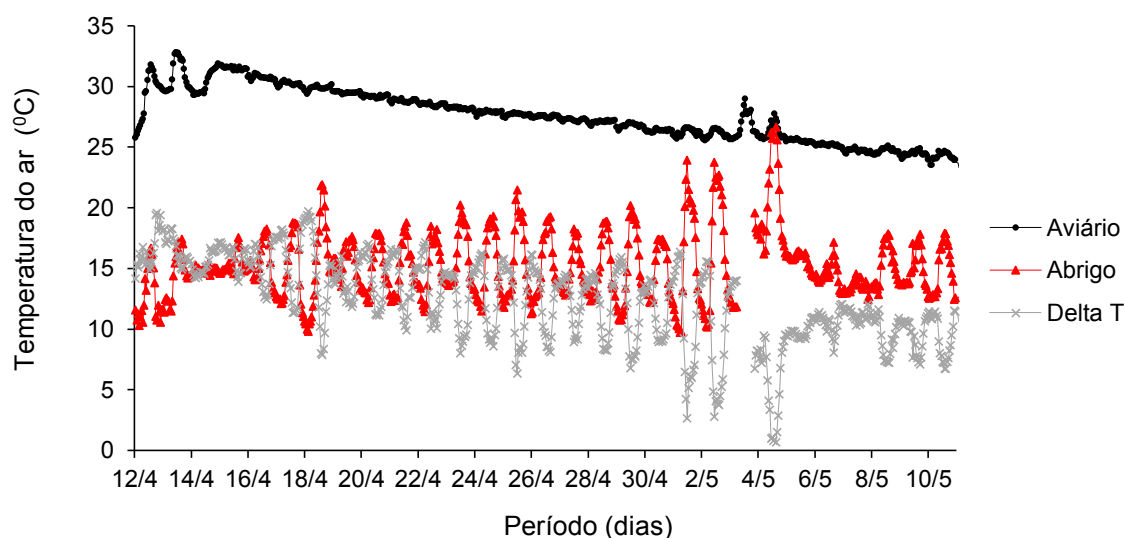


Figura 10. Comportamento da temperatura média do ar interna e externa ao aviário, e a diferença de temperatura, durante a fase com aquecimento para o Lote 2.

Para o Lote 2 a temperatura externa apresenta também uma maior variação térmica, em relação a temperatura interna, variando entre 9,7°C e 27,8°C, com média de 15,4°C. Novamente observa-se que a baixa temperatura externa não afetou a temperatura interna ao aviário, onde o ΔT foi de $12,14 \pm 3,77^\circ\text{C}$, como esta demonstrado na Figura 10.

Conforme pode-se observar pelos gráficos das Figuras 9 e 10, a temperatura interna ao aviário, para os dois lotes de criação analisados, teve o mesmo comportamento em relação aos dias de crescimento das aves. Este comportamento era o esperado, pois o programa de temperatura adotado nos painéis de climatização foi o mesmo para ambos os lotes, no qual durante a fase de aquecimento a temperatura do ar inicial era de 33°C reduzindo até 25,5°C. O menor valor de ΔT para o Lote 2 é resultante de uma maior temperatura do ar externa, o que reduz a diferença entre as temperaturas internas e externas ao aviário.

De acordo com Santos et al. (2009) é importante realizar análises e avaliações dos diferentes sistemas de aquecimento, e sua influência na distribuição da temperatura do ar e conforto térmico no interior dos aviários, sobretudo em períodos frios. Tais práticas permitem viabilizar as tomadas de decisões, principalmente em relação a qual sistema adotar e o manejo adequado. Assim como os sistemas de aquecimentos, os sistemas de ventilação são fundamentais e exercem grande influência no ambiente térmico e aéreo das instalações, logo sua avaliação é de extrema importância nas tomadas de decisões.

Cordeiro et al. (2010) avaliaram durante o inverno, na região sul do Brasil, o efeito de três diferentes sistemas de aquecimento, sendo eles, fornalha a lenha, campânulas infravermelhas a gás; e tambores de aquecimento por radiação com aquecimento suplementar de campânulas infravermelhas a gás, no conforto térmico e no desempenho de pintos de corte criados em três galpões avícolas, com 17.700 aves por galpão, em dois lotes de criação. Segundo os autores o sistema de aquecimento de tambores conjugados com campânulas, dentre os sistemas analisados, foi o mais eficiente em manter a temperatura do ar na condição de conforto térmico das aves, com valores de temperaturas superiores aos demais sistemas em torno de 2°C, com amplitudes térmicas de 5,03°C na primeira semana e 4,12°C e na segunda semana, o que proporcionou melhores ganho de peso, conversão alimentar e eficiência produtiva.

Com o intuito de avaliar o ambiente térmico em instalação para frangos de corte, com aves alojadas na idade de 7 a 17 dias de vida, em condições de inverno no Brasil, Santos et al. (2009) desenvolveram uma pesquisa na qual utilizaram instalações com as mesmas características arquitetônicas, do tipo instalações abertas, cobertas com telhas de cimento-amianto, presença de forro, sistema de isolamento do ambiente interno do externo composto por três cortinas, sendo que o diferencial entre as instalações era os sistemas de aquecimento: uma por fornalha a gás e a outra por fornalha a lenha. De acordo com os resultados encontrados, os autores concluíram que o sistema de fornalha a lenha proporcionou melhor ambiente térmico, porém tanto na instalação com fornalha a lenha quanto na instalação com fornalha a gás, a utilização das três cortinas para o isolamento térmico não garantiu as temperaturas desejáveis de conforto para as aves.

Desconforto térmico também foi observado por Paula et al. (2014a) ao avaliar a primeira fase de vida de frangos de corte (fase com aquecimento), alojados em um aviário com fechamento de cortinas e sistema de aquecimento composto por fornalha a lenha. Os autores verificaram que as temperaturas médias no interior do galpão durante a fase com aquecimento não esteve na faixa considerada ideal para as aves. Diante deste resultado os autores sugerem o uso de material isolante no fechamento do aviário, com o objetivo de reter o calor em seu interior, e não ser perdido para o ambiente externo.

Estão apresentados em gráficos do tipo boxplot, na Figura 11, os valores de temperatura do ar média horária, de cada um dos níveis de altura dos sensores, períodos noturnos e diurno, para cada lote de aves, assim como do ambiente externo, a fim de se observar a dispersão dos valores dos diferentes níveis, períodos e lotes estudados.

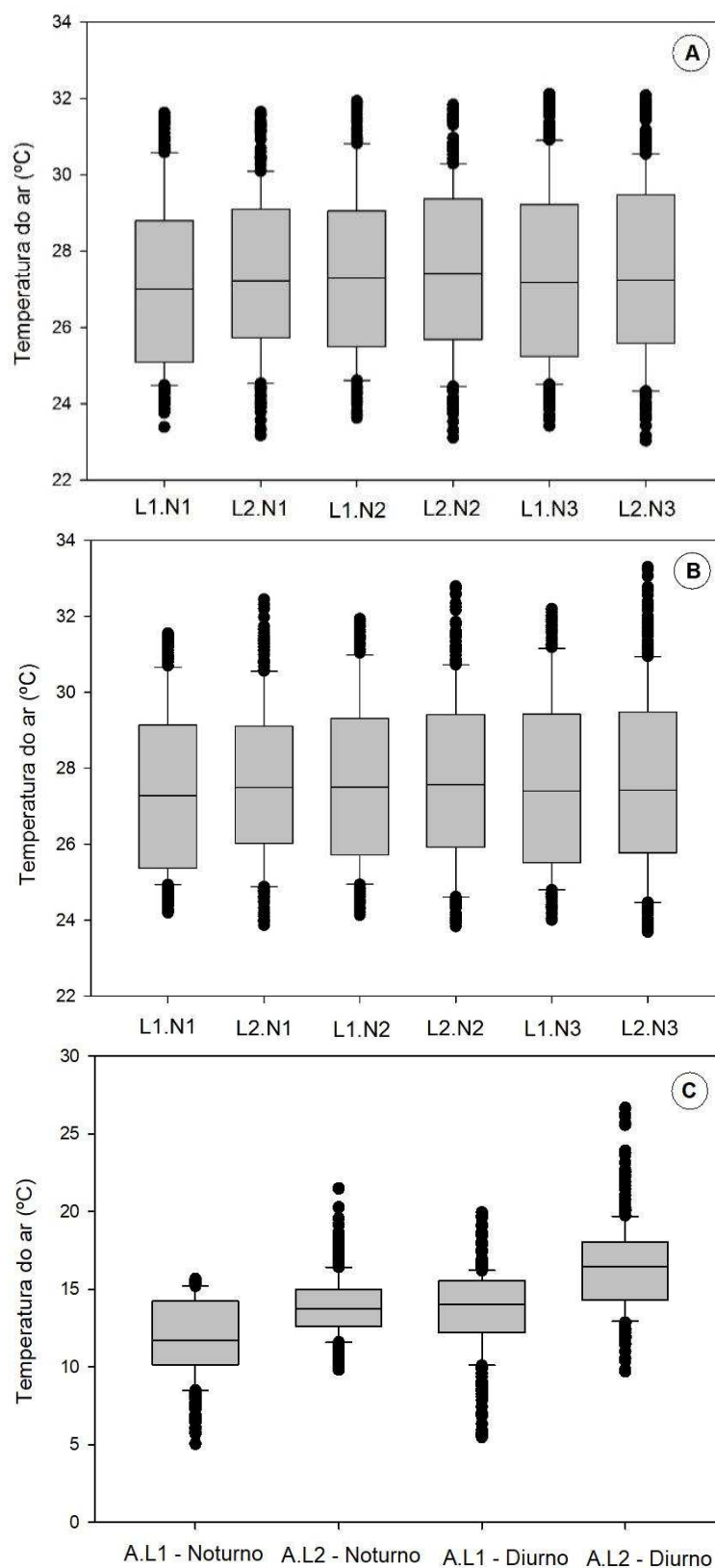


Figura 11. Gráfico boxplot da temperatura do ar média interna e externa ao aviário, durante os períodos de aquecimento das aves no Lote 1 (L1) e Lote 2 (L2), em que representam: (A) período noturno e três níveis de altura (N1, N2 e N3), (B) período diurno e três níveis de altura (N1, N2 e N3), e (C) abrigo meteorológico período noturno e diurno.

Por meio do gráfico, pode-se observar, para os valores de temperatura do ar noturnas internas ao aviário, uma dispersão da temperatura similar entre os lotes, porém, para o Lote 2, verifica-se maiores valores de temperatura em relação ao Lote 1. Observa-se também, levemente, que quanto maior a altura do nível, maiores são os valores de temperatura do ar. Sabe-se que o ar aquecido é menos denso, logo tende a subir, e o ar frio a descer.

Para o período diurno, observa-se que a temperatura do ar do Lote 1 atingiu, em alguns momentos, valores de temperatura máximos inferiores ao Lote 2, para o mesmo nível analisado. Apesar da presença desses valores extremos, a dispersão da temperatura apresentou-se bastante similar.

Diante dos valores de temperatura do ar média externa ao aviário, observados no gráfico boxplot, na Figura 11, valores estes também observados nas Figuras 9 e 10, verifica-se que durante a fase de aquecimento do ar da instalação, para o primeiro lote estudado, a temperatura do ar externa esteve mais baixa, em relação ao mesmo período do segundo lote. A temperatura do ar externa mínima registrada para o Lote 1, foi de 5°C, já para o Lote 2 a mínima foi de 9,7°C. Valores mais baixos, e também uma menor dispersão, são observados na temperatura externa noturna comparativamente a diurna. A diferença entre as temperaturas externas verificadas para os dois lotes, se deve ao período em que cada lote foi criado, pois o Lote 1 esteve alojado nos meses de fevereiro e março, em que, nas condições climáticas do hemisfério norte, são meses mais frios que abril e maio, período de criação do segundo lote.

Verifica-se, com base nos gráficos e argumentos acima, a capacidade da instalação, a qual possui isolamento térmico na cobertura e nos fechamentos laterais, em evitar que o calor produzido pelo sistema de aquecimento, por piso radiante, e pelas aves alojadas, se perca para o ambiente externo, mesmo diante de temperaturas externas bem baixas. Os resultados demonstram também que o isolamento térmico evita uma oscilação entre as temperaturas internas noturnas e diurnas, oscilação que ocorre no ambiente externo. Em épocas frias, assim como na fase inicial de vida das aves, é essencial manter o calor presente no interior dos aviários durante todo período de criação, pois dele depende o bom desempenho final do lote.

Com o objetivo de melhorar o ambiente térmico, minimizando as perdas térmicas e reduzir custos energéticos, Paula et al. (2014b) avaliaram o uso de

um isolante térmico no fechamento de instalação para aves de corte. A pesquisa foi conduzida no Brasil, em aviários comerciais de frangos de corte, com aves até 21 dias de vida, fase de aquecimento. As áreas ocupadas pelas aves na fase inicial foram delimitadas e fechadas com cortinas convencionais de polietileno em um aviário, e no outro com um material do tipo isolante térmico. Ambas instalações possuíam as mesmas características construtivas, número de aves e sistema de aquecimento, sendo este fornecido por lenha.

Com base nos resultados verificados no estudo desenvolvido por Paula et al. (2014b), no aviário com isolamento térmico a temperatura do ar permaneceu dentro da faixa de conforto por um período de tempo mais longo, quando comparado ao aviário com cortinas, sendo assim mais eficiente. A presença do isolamento térmico proporcionou também maior economia com aquecimento, e uma produção, em quilo por metro quadrado, superior ao alojamento fechado com cortinas.

3.1.2. Umidade relativa do ar

Encontram-se apresentados na Figura 12, os mapas de umidade relativa do ar média, período noturno e diurno, para os três níveis, observados no interior do aviário na fase com aquecimento, para o Lote 1. Conforme pode-se observar a umidade apresenta distribuição diferente entre os três níveis de altura analisados, porém, para o mesmo nível é similar entre período noturno e período diurno. No nível 1 há um predomínio de umidades relativas mais altas, com a presença de menores valores de umidade em determinados pontos, variando entre 53,4 a 69% durante a noite, e 53,2 a 67,5% durante o dia. Para o nível 2 verifica-se em maior presença uma umidade relativa mais baixa no centro do aviário, em relação às extremidades, principalmente no período diurno, onde se tem uma variação entre 56,4 e 65,6%, no período noturno a variação foi de 59,9 a 67,4%. No nível 3 ocorre o inverso do nível 1, com predomínio de regiões com valores de umidades mais baixas, formando uma faixa no centro, e ao longo de todo o aviário. Para o nível 3 os registros de umidade variaram entre 61,5 a 69,7% durante a noite, e 58,9 a 68,1% durante o dia.

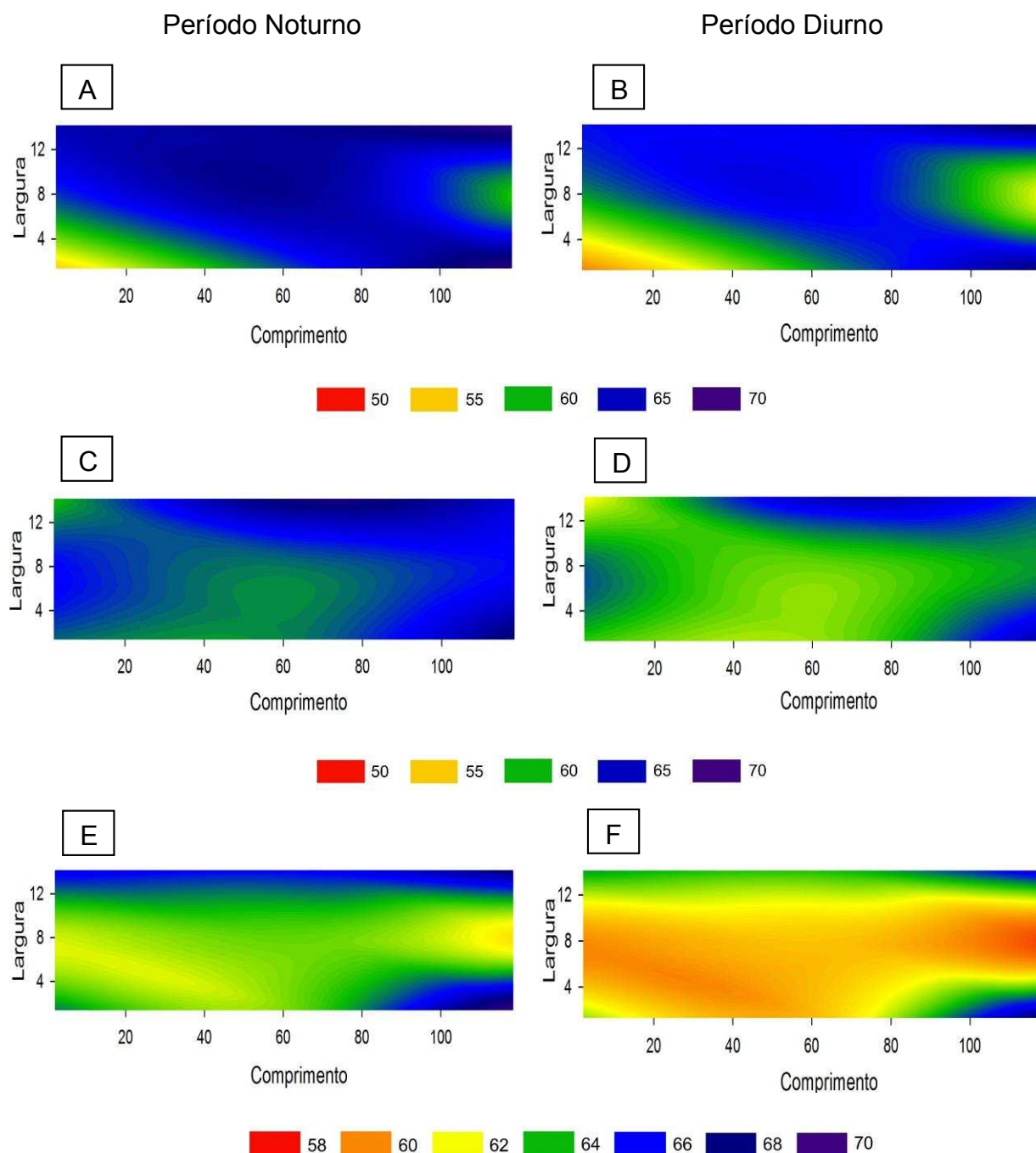


Figura 12. Mapas de distribuição da umidade relativa do ar (%) no interior do aviário, para o Lote 1 e fase com aquecimento, em que representam: (A) umidade média noturna nível 1, (B) umidade média diurna nível 1, (C) umidade média noturna nível 2, (D) umidade média diurna nível 2, (E) umidade média noturna nível 3 e (F) umidade média diurna nível 3.

Para Jácome et al. (2007) nos primeiros dias de vida das aves, para minimizar a desidratação dos pintinhos, a umidade relativa do ar deve ser em torno de 70%. A faixa de umidade relativa do ar, de acordo com a literatura, para um ambiente propício e mais confortável as aves, é entre 50 a 70% (TINÔCO,

2001; FURTADO et al., 2003; SARMENTO et al., 2005; DALÓLIO et al., 2015b). Portanto, com base nestes limites, observa-se pelos mapas de umidade relativa do ar média, para os três níveis de altura, que os valores de umidade, obtidos durante a fase de aquecimento das aves, estiveram dentro da faixa ideal.

Segundo Lin et al. (2006) uma maior atenção deve ser dada a faixa de umidade relativa do ar recomendada aves, embora seja uma variável de difícil controle nas instalações. O controle inadequado da umidade no interior dos aviários pode levar a problemas de saúde e bem estar as aves, incluindo dermatite de contato, ascite e doenças respiratórias (MANNING et al., 2007).

Hernandez et al.(2016) realizaram mapeamento da umidade relativa do ar, durante a fase de aquecimento das aves, para aviários de frangos de corte com fechamentos em cortinas, sistema de aquecimento por fornalha a lenha e sistema de ventilação por pressão negativa e pressão positiva, tipologias construtivas encontrada no Brasil. Com base nos mapas os autores verificaram uma desuniformidade na distribuição da umidade relativa na área ocupada pelas aves, com registro dos menores valores de umidade próximo ao sistema de aquecimento, atingindo níveis abaixo dos 40% nos primeiros dias de alojamento das aves.

Está representado, na Figura 13, o comportamento da umidade relativa do ar média de todo o aviário, e também a externa, ao longo da fase com aquecimento para o Lote 1. Observa-se na umidade relativa externa, uma grande variação, entre 33,5% e 96,9%, com média de 77,3%. Para a umidade interna essa variação foi bem menor, por se tratar de um ambiente fechado, climatizado e com isolamento térmico.

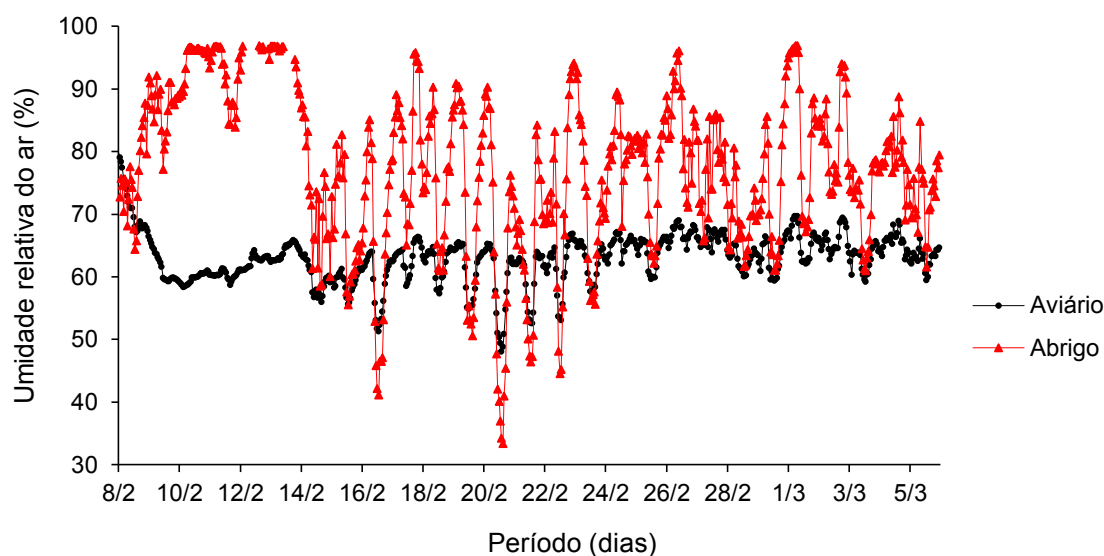


Figura 13. Comportamento da umidade relativa do ar média interna e externa ao aviário, durante a fase com aquecimento para o Lote 1.

Para o Lote 2, conforme apresentado na Figura 14, observa-se, de forma similar ao Lote 1, maiores valores de umidade relativa no ambiente externo, o que já era esperado. Verifica-se também uma grande variação, com valores registrados entre 28,1 e 99,9% de umidade, com média de 79,9%, ligeiramente superior ao mesmo período para o Lote 1.

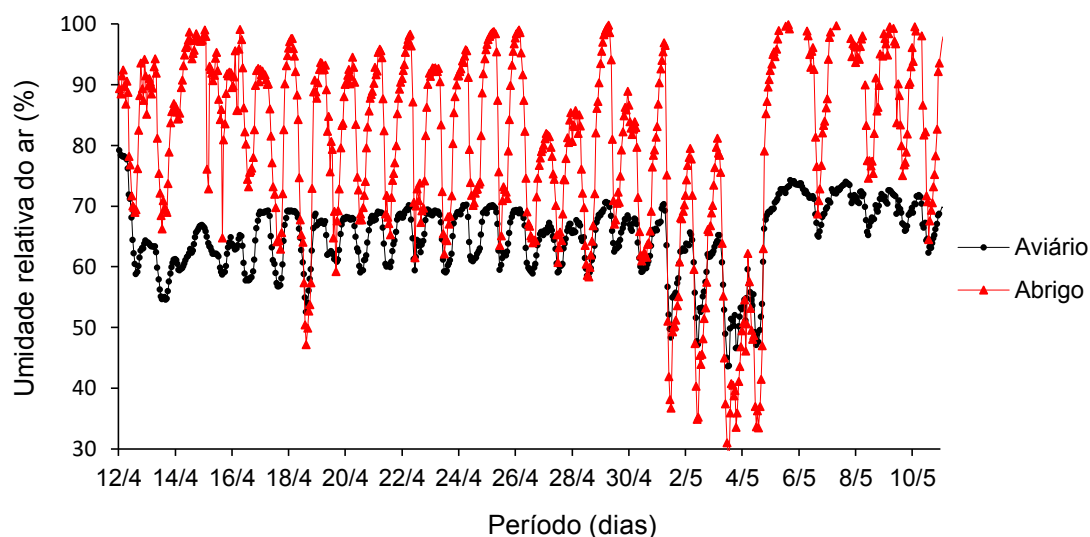


Figura 14. Comportamento da umidade relativa do ar média interna e externa ao aviário, durante a fase com aquecimento para o Lote 2.

A umidade relativa interna no período de aquecimento do Lote 2 sofreu pequena variação, porém durante um período de cerca de 5 dias, apesar de um

controle rigoroso do ambiente térmico interno ao aviário, a umidade externa exerceu influência na interna, onde o ar externo, com baixa umidade, entrava na instalação por meio das aberturas do sistema ventilação artificial.

Pode-se observar pelos gráficos das Figuras 13 e 14, que a umidade relativa do ar interna ao aviário, para os dois lotes de criação analisados, no primeiro dia de alojamento das aves esteve acima do limite máximo sugerido, que é de 70%, porém logo atingiu a faixa ideal, e para o Lote 2, durante aproximadamente 5 dias a umidade interna atingiu valores abaixo do limite ideal de 50%. Embora a presença desses registros de umidade fora da faixa ideal no dois lotes, os valores médios permaneceram na maior parte do tempo, dentro da faixa recomendada.

De acordo com SCAHAW (2000) a umidade relativa do ar no interior de aviários está diretamente relacionada a qualidade do ar, sendo essa umidade afetada pela umidade do ar externo, sistema de ventilação, temperatura do ar, densidade de alojamento, sistema de fornecimento e consumo de água pelos animais, assim como a idade e peso das aves.

Na Figura 15, estão apresentados em gráficos do tipo boxplot, os valores de umidade relativa do ar média horária, de cada um dos três níveis de altura dos sensores, períodos noturnos e diurno, para cada lote de aves, assim como do ambiente externo, a fim de se observar a dispersão dos valores dos diferentes níveis, períodos e lotes estudados.

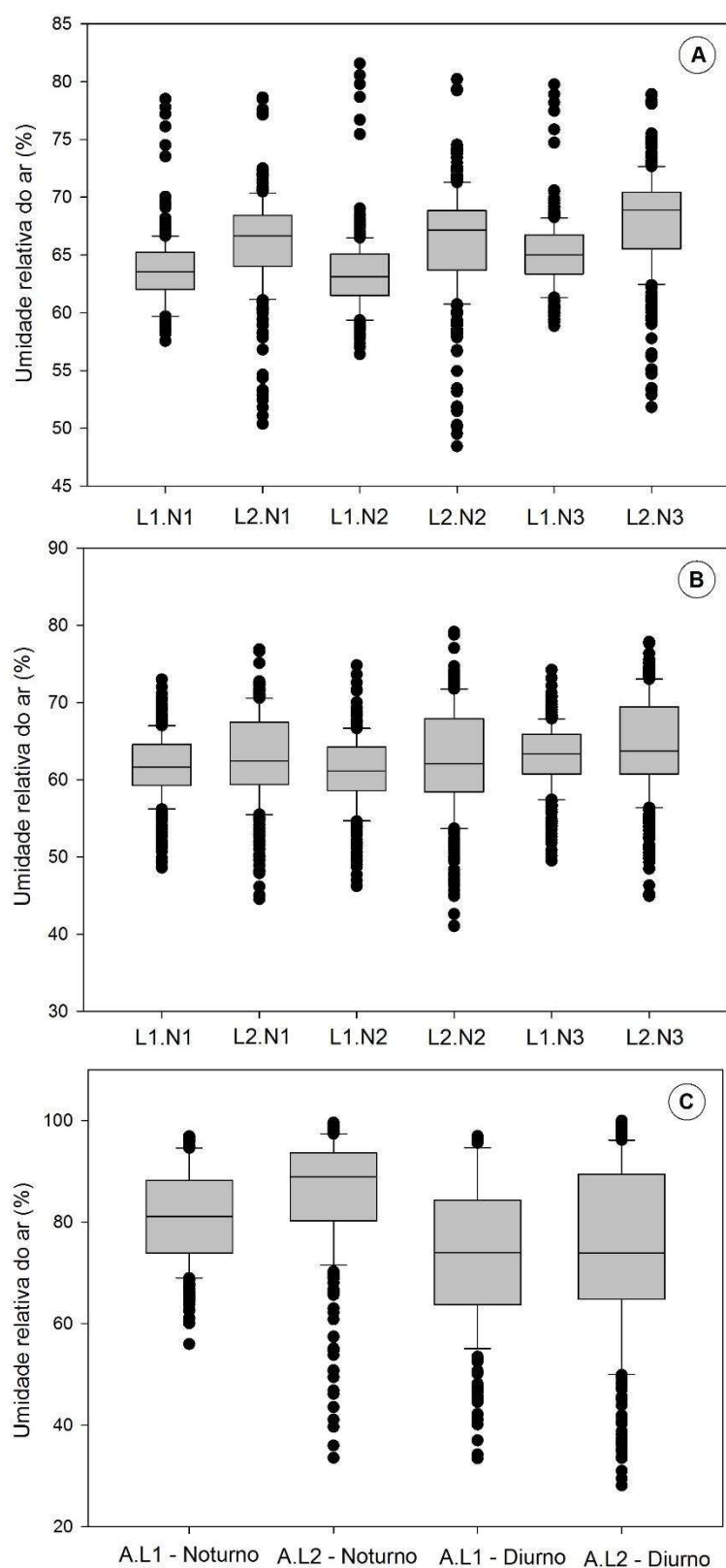


Figura 15. Gráfico boxplot da umidade relativa do ar média interna e externa ao aviário, durante os períodos de criação das aves no Lote 1 (L1) e Lote 2 (L2), em que representam: (A) período noturno e três níveis de altura (N1, N2 e N3), (B) período diurno e três níveis de altura (N1, N2 e N3), e (C) abrigo meteorológico período noturno e diurno.

Observa-se, por meio do gráfico, para a umidade relativa do ar interna ao aviário, período noturno, maiores valores de umidade e também uma maior dispersão para o Lote 2, em relação ao Lote 1. Observa-se também, no mesmo período, que o nível 3 de ambos os lotes, apresentam, levemente, maiores valores de umidade que os níveis 1 e 2, conforme foi verificado também nos mapas da Figura 12.

Para o período diurno, observa-se novamente uma maior dispersão nos valores de umidade interna para o Lote 2, e de forma similar ao período noturno, maiores valores de umidade no nível 3 em relação aos níveis 1 e 2.

Diante dos valores de umidade relativa do ar média externa ao aviário, observados no gráfico boxplot, na Figura 15, para o período noturno, verifica-se uma maior dispersão nos valores de umidade durante o Lote 1, porém para o Lote 2 observa-se uma maior quantidade de valores de umidade relativa extremos. Para o período diurno ocorre o inverso, ou seja, uma maior dispersão nos valores de umidade para o Lote 2. Valores mais baixos, e também uma maior dispersão, são observados na umidade relativa externa diurna comparativamente a noturna para ambos os lotes.

A maior variação da umidade externa durante a fase de aquecimento do segundo lote, observada na Figura 14, é também verificada no gráfico boxplot, Figura 15, por meio da maior presença de valores de umidade extremos para o Lote 2, valores extremos estes que levam há uma maior variação na umidade.

3.1.3. Índice de Temperatura e Umidade - ITU

Por ser um indicador de conforto térmico do animais, os mapas de ITU foram apresentados somente para o nível 1, por ser o nível onde as aves se encontram. Os mapas de ITU para os níveis 2 e 3, pelo fato de não ter implicação direta sobre os animais, se encontram somente no Apêndice A.

Na Figura 16 estão apresentados os mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade para o nível 1, períodos noturno e diurno, condições de temperaturas do ar médias, máximas e mínimas. De uma forma geral, os mapas noturnos e diurnos apresentam variações de ITU bem próximos, o que se repete para as três condições analisadas. A distribuição do ITU em ambos períodos, e também condições de temperatura, são similares, apenas uma região do aviário difere das demais.

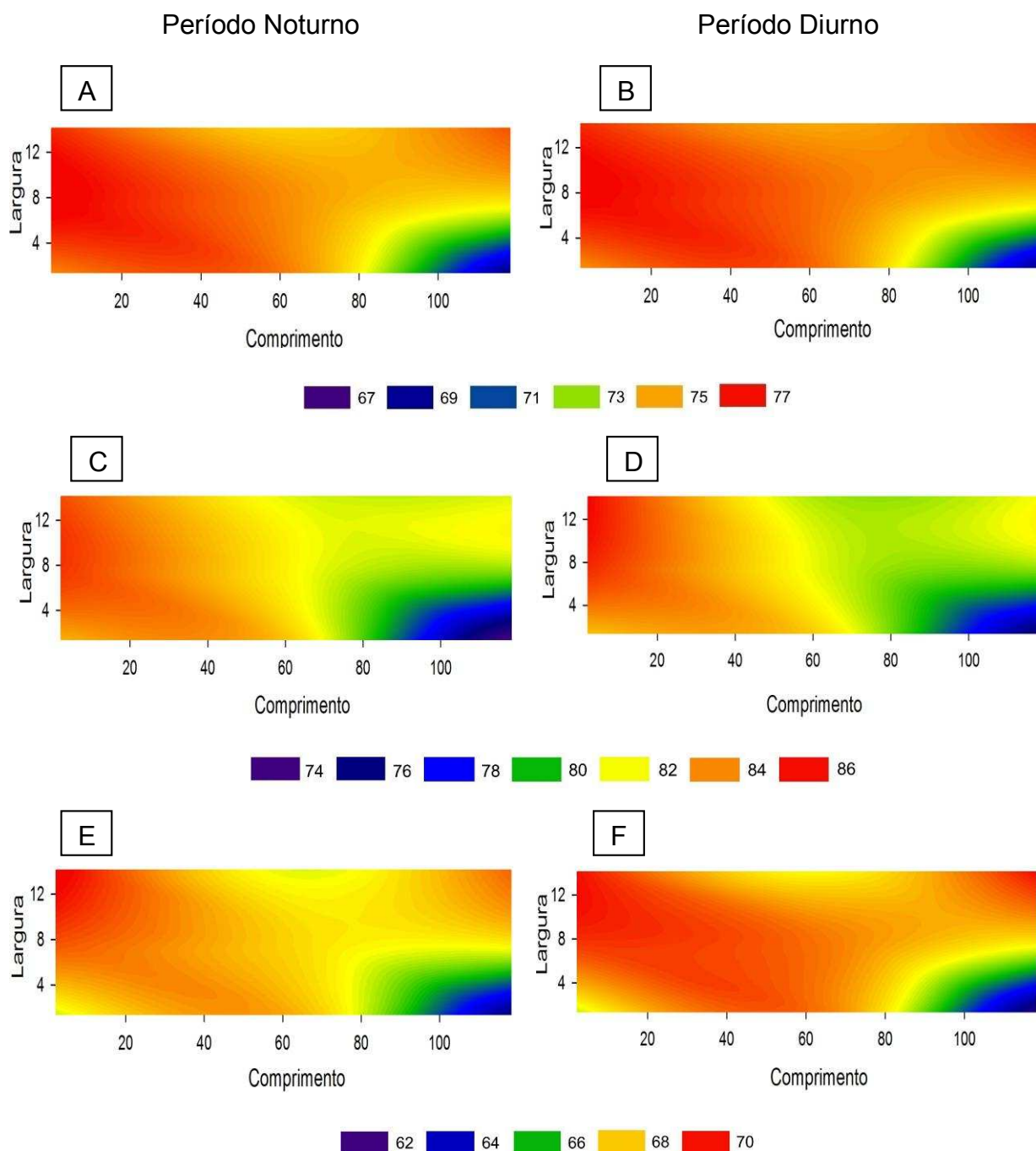


Figura 16. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, para o Lote 1, nível 1 e fase com aquecimento, em que representam: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínimo noturno e (F) ITU mínimo diurno.

Para as condições de temperatura média, o ITU permaneceu entre 68,6 e 77,3 para o período noturno, e 68,7 a 77,2 no diurno. Quando considera as temperaturas máximas atingidas verifica-se durante a noite um ITU entre 73,6 e 85,3, e durante o dia 75,4 a 86,1. Para situações de temperaturas mínimas

atingidas, observa-se valores entre 63,2 e 70,3, e 62,7 a 69,9, período noturno e diurno respectivamente.

Considerando as condições de temperaturas médias, verifica-se, que o ITU está dentro dos limites de conforto propostos por Silva et al. (2004), os quais são de: 72,8 a 80 na primeira semana de vida; 68,4 a 76 para a segunda semana; e de 64,8 a 72 para a terceira semana. Observa-se que, praticamente em toda a instalação, o ITU para as condições de máximas temperaturas esteve acima dos valores sugeridos por Silva et al. (2004), caracterizando assim desconforto térmico, tal fato já era esperado por se trabalhar com as temperaturas máximas atingidas no interior do aviário. Condições de desconforto térmico também é observada no nível 1, para a situação de temperaturas mínimas, onde nota-se limites de ITU abaixo dos ideais.

Situação de conforto térmico, com ITU dentro da faixa ideal recomendada para as aves, durante a fase inicial de vida, também foram observados por Hernandez et al. (2016) ao realizarem mapeamento do índice de temperatura e umidade de aviário com sistema de aquecimento de fornalha a lenha, ventilação por pressão negativa e fechamento em cortina, tipologia dos aviários brasileiros. Também por meio de mapeamento, porém de aviário com ventilação positiva, os mesmos autores observaram que o ITU, durante as duas primeiras semanas de vida das aves, permaneceu dentro da faixa de conforto térmico, de acordo com os valores sugeridos pela literatura, somente próximo ao sistema de aquecimento, logo as aves que se encontravam distante do aquecedor estavam em situação de desconforto térmico.

Vigodeirs et al. (2014) desenvolveram uma pesquisa, em condições de inverno no Brasil, com o intuito de avaliar a influência de diferentes sistemas de aquecimento no ambiente térmico interno de aviários para frangos de corte, por meio do índice de temperatura e umidade. O trabalho foi conduzido em aviários similares, com fechamento de cortinas e presença de forro, equipados com diferentes sistemas de aquecimento, a saber: aquecedor infravermelho, fornalha com aquecimento indireto do ar, e tambores de aquecimento por radiação conjugado com aquecedor infravermelho. Com base nos resultados, observaram que na primeira semana de vida das aves, os três sistemas de aquecimento, proporcionaram valores de ITU dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento dos animais, apresentando o sistema de tambor conjugado com aquecedor infravermelho os maiores valores de ITU. Já na segunda semana

foram verificadas situações de desconforto, para os três sistemas utilizados, onde foram detectados elevados valores do índice de temperatura e umidade, superiores a faixa recomendada por Silva et al. (2004).

Na Figura 17 encontra-se representado o comportamento do ITU médio do nível 1 do aviário ao longo da fase com aquecimento, assim como o ITU externo, para o Lote 1. Observa-se uma redução do ITU médio interno ao longo dos dias, essa redução é devido as modificações na temperatura programada nos painéis de climatização do aviário, assim com a redução da temperatura e manutenção da umidade relativa do ar, o índice tende a reduzir. O ambiente externo apresenta maior variação de ITU, entre 47,6 e 64 com média igual a 57,1.

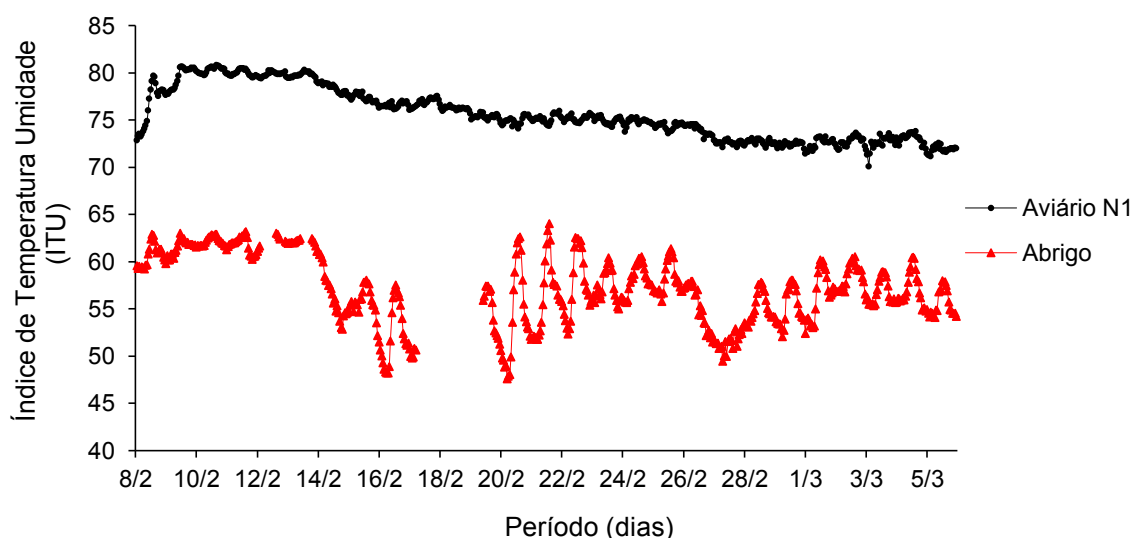


Figura 17. Comportamento do Índice de temperatura e umidade médio interno, para o nível 1, e externo ao aviário, durante a fase com aquecimento para o Lote 1.

Pode-se observar, por meio da Figura 18, onde está representado o comportamento do ITU médio para o nível 1 do aviário ao longo da fase com aquecimento, para o Lote 2, que o ITU do ambiente interno a instalação apresenta comportamento similar ao Lote 1, o que era esperado, em função, principalmente do mesmo manejo de aquecimento adotado para os dois lotes. Para o ITU externo, observa-se valores de ITU entre 53,9 e 75,36, com média igual a 61,4, superiores a aqueles registrados durante o período de aquecimento do Lote 1. Como o cálculo do Índice de Temperatura e Umidade leva em

consideração a temperatura do ar, pode-se atribuir a diferença entre os ITU externos verificadas para os dois lotes, principalmente, devido ao período em que cada lote foi criado, visto que o Lote 1 foi conduzido em época mais fria em relação ao Lote 2.

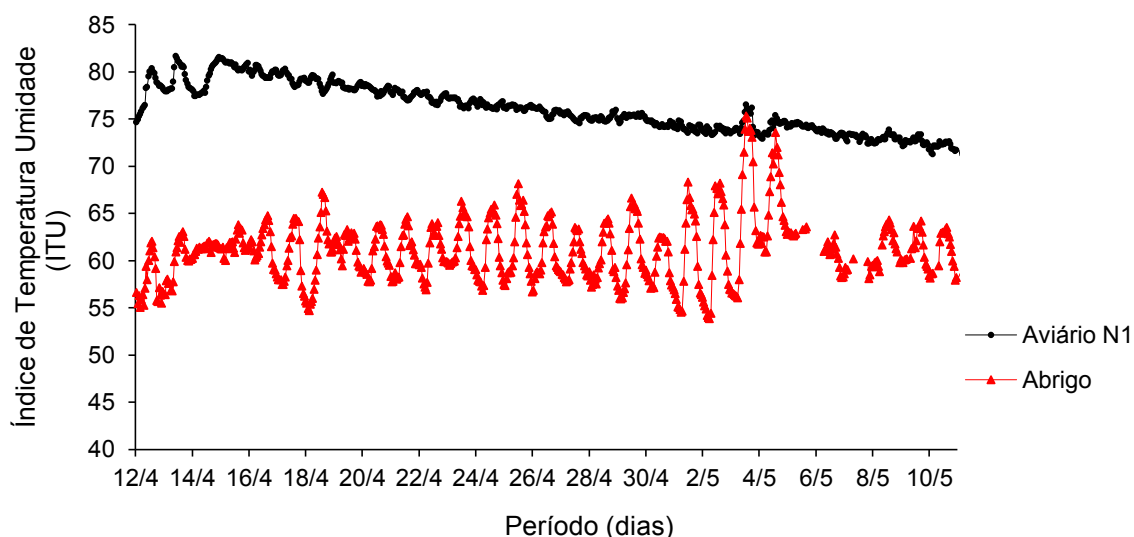


Figura 18. Comportamento do Índice de temperatura e umidade médio interno, para o nível 1, e externo ao aviário, durante a fase com aquecimento para o Lote 2.

Estão apresentados em gráficos do tipo boxplot, na Figura 19, os valores do Índice de Temperatura e Umidade média horária, dos três níveis de altura analisados, períodos noturnos e diurno, assim como do ambiente externo, durante a fase de aquecimento dos Lotes 1 e 2, com o intuito de observar a dispersão dos valores dos diferentes níveis, períodos e lotes estudados.

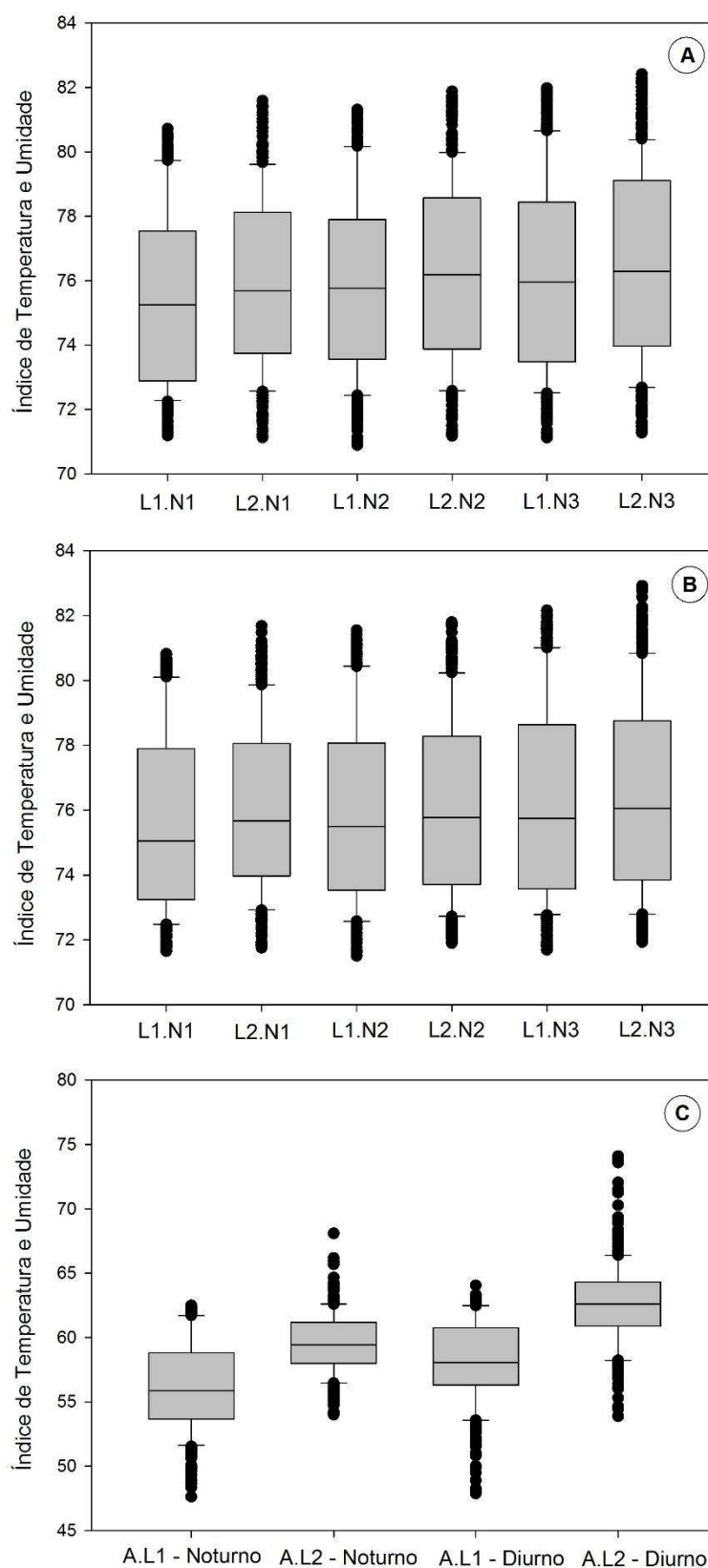


Figura 19. Gráfico boxplot do índice de temperatura e umidade média para a fase de aquecimento durante os dois lotes de criação: (A) período noturno e (B) período diurno para os três níveis de altura; (C) abrigo meteorológico período noturno e diurno.

Com base na Figura 19, pode-se verificar, que tanto para o período noturno quanto diurno, que a dispersão dos valores de ITU interno ao aviário foi similar para os dois lotes e os três níveis. Observa-se que diferença está nos valores do ITU, onde o Lote 1 apresenta valores inferiores ao Lote 2. Diferença também presente entre os níveis, em que os maiores valores de ITU estão presentes no nível 3 e os menores no nível 1, conforme pode ser verificado também nos mapas da Figura 16, e Figuras 1 e 2 do apêndice A.

3.2. Fase pós aquecimento

3.2.1. Temperatura do ar

Na Figura 20 estão representados os mapas de temperatura do ar, noturna e diurna, para as situações de temperaturas médias, máximas e mínimas, para o nível 1, fase pós aquecimento, Lote 1, que foi de 28 a 51 dias de vida das aves. Pode-se observar para ambas as situações e períodos, uma distribuição não homogênea da temperatura, porém uma tendência da presença das maiores temperaturas do ar próximo a região dos exaustores, conforme demonstra, principalmente os mapas de temperaturas médias e mínimas. Para os dois períodos, a variação de temperatura média foi de 3,3°C, com intervalos entre 20,1 a 23,4°C e 20,8 a 24,1°C, período noturno e diurno respectivamente. Nas condições de máxima temperatura, o intervalo ficou entre 24,4 a 29,2°C período noturno, e 25,1 a 29,7°C período diurno. Na situação de temperaturas mínimas observa-se também a mesma variação, de 3°C, ficando entre 16,7 a 19,7°C período noturno e 17 a 20°C período diurno.

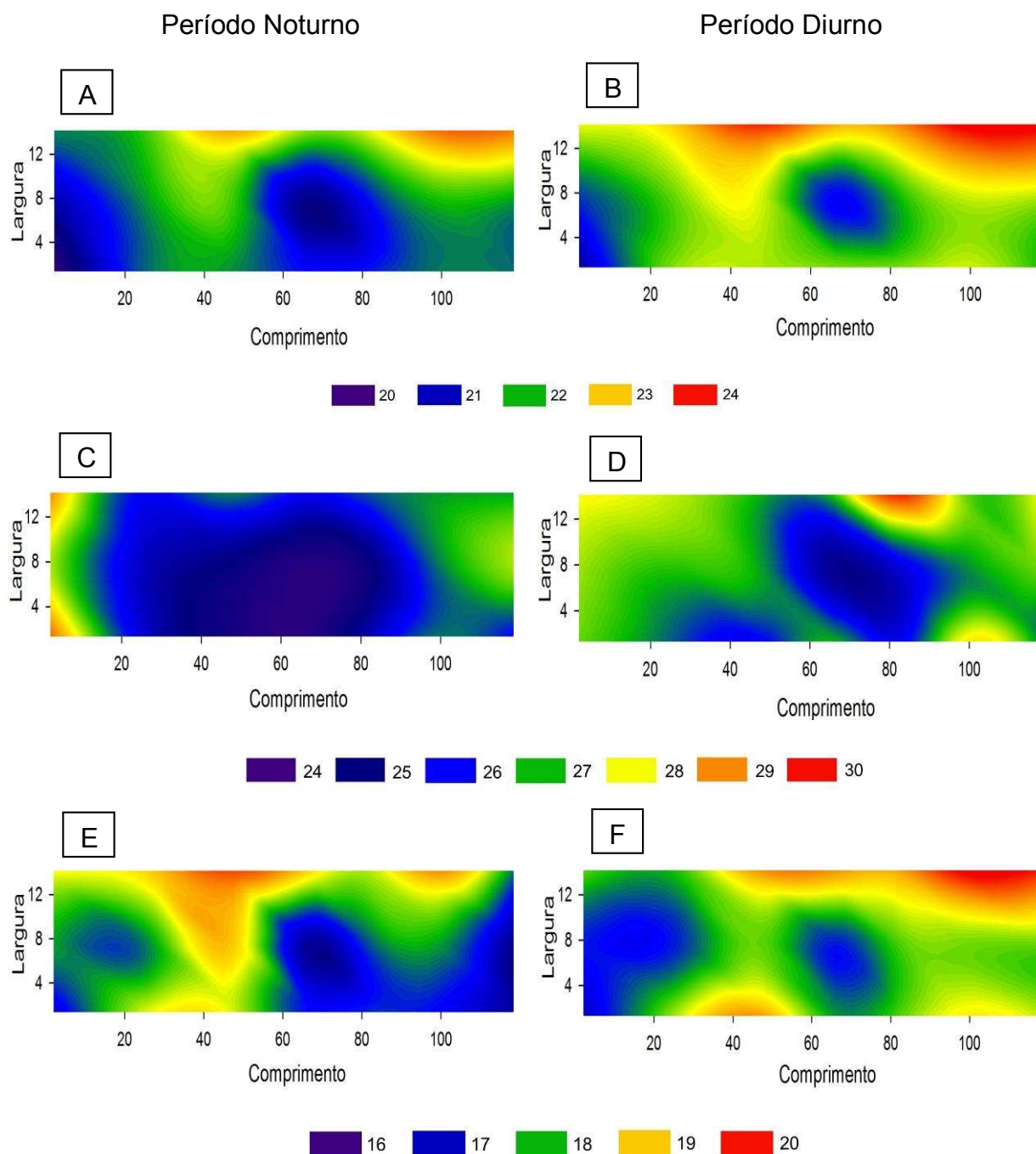


Figura 20. Mapas de distribuição da temperatura do ar (°C) do aviário, para o Lote 1, nível 1 e fase pós aquecimento, em que representam: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

Estão representados na Figura 21 os mapas de temperatura do ar para o nível 2, períodos noturno e diurno, situações de temperaturas médias, máximas e mínimas. Os mapas de temperatura média apresentam distribuição térmica similares, com a presença de maiores temperaturas próximas aos exaustores, e

mesma variação de temperatura para a noite e dia, com intervalos entre 19,6 a 23°C e 20,2 a 23,6°C, período noturno e diurno respectivamente. Para a situação de temperaturas máximas as faixas de temperatura ficaram entre 24 a 28,5°C período noturno, e 24,4 a 30,7°C período diurno.

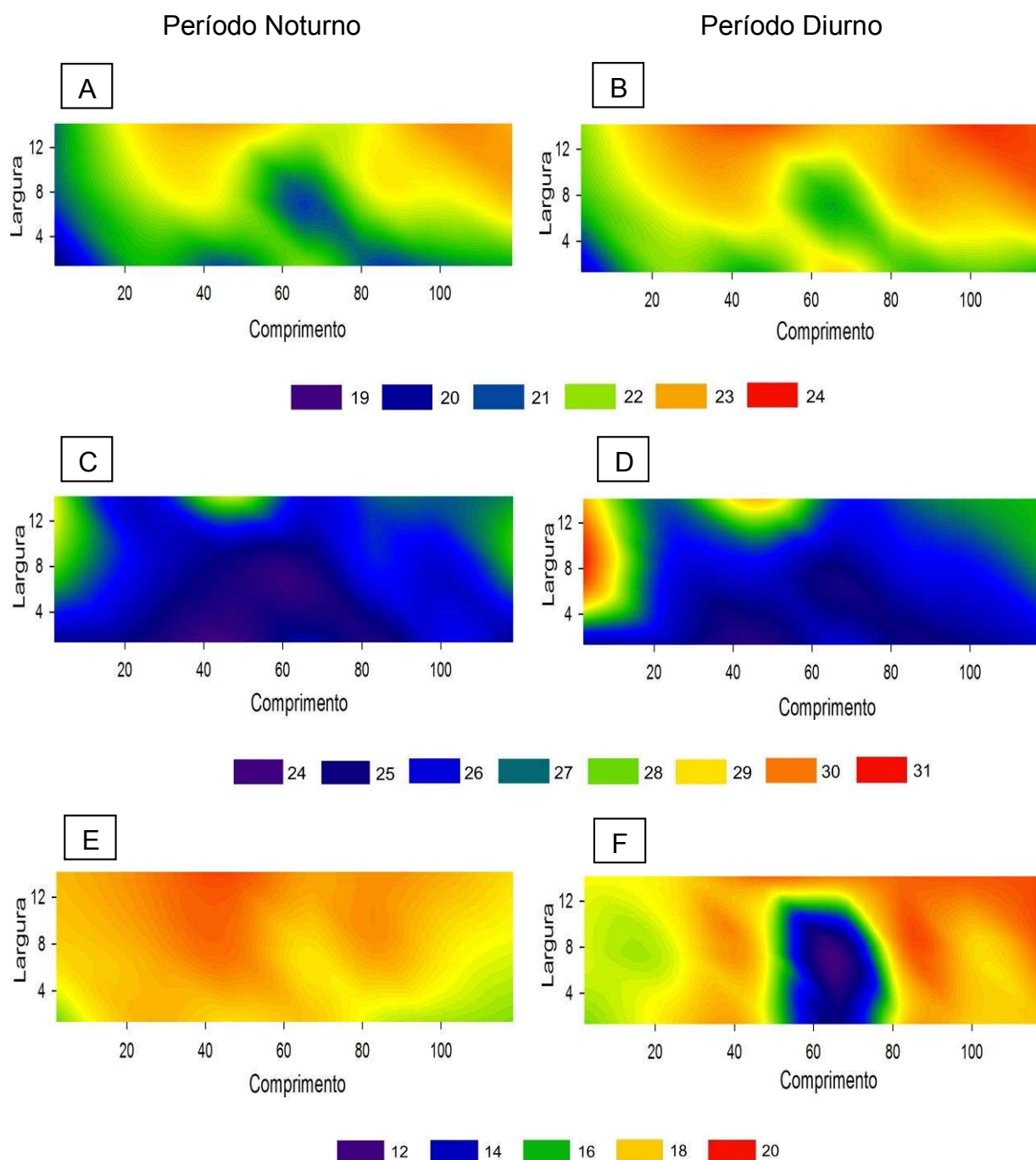


Figura 21. Mapas de distribuição da temperatura do ar (°C) do aviário, para o Lote 1, nível 2 e fase pós aquecimento, em que representam: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

Diante dos mapas de temperatura mínima (Figura 21), observa-se que durante o dia o aviário apresentou a região central temperatura próximas aos 12°C, o que fez a variação térmica ser de 7°C para o período diurno, ficando entre 12,3 e 19,3°C. Para a noite não há presença da temperatura baixa na região central, logo a variação térmica foi menor, de 2,7°C, na faixa de 16,6 a 19,3°C. Atribui-se essa presença da temperatura mais baixa durante o dia, provavelmente devido a uma maior ação da ventilação mínima, reduzindo a temperatura.

Conforme observa-se na Figura 22, em que estão representados os mapas de temperatura para o nível 3, períodos noturno e diurno, situações de temperaturas médias, máximas e mínimas, ocorre uma maior influência do fluxo de ar promovido pelo sistema de ventilação sobre a distribuição da temperatura do ar, exercendo um aumento gradativo da temperatura da entrada de ar (janelas) em direção a saída de ar (exaustores).

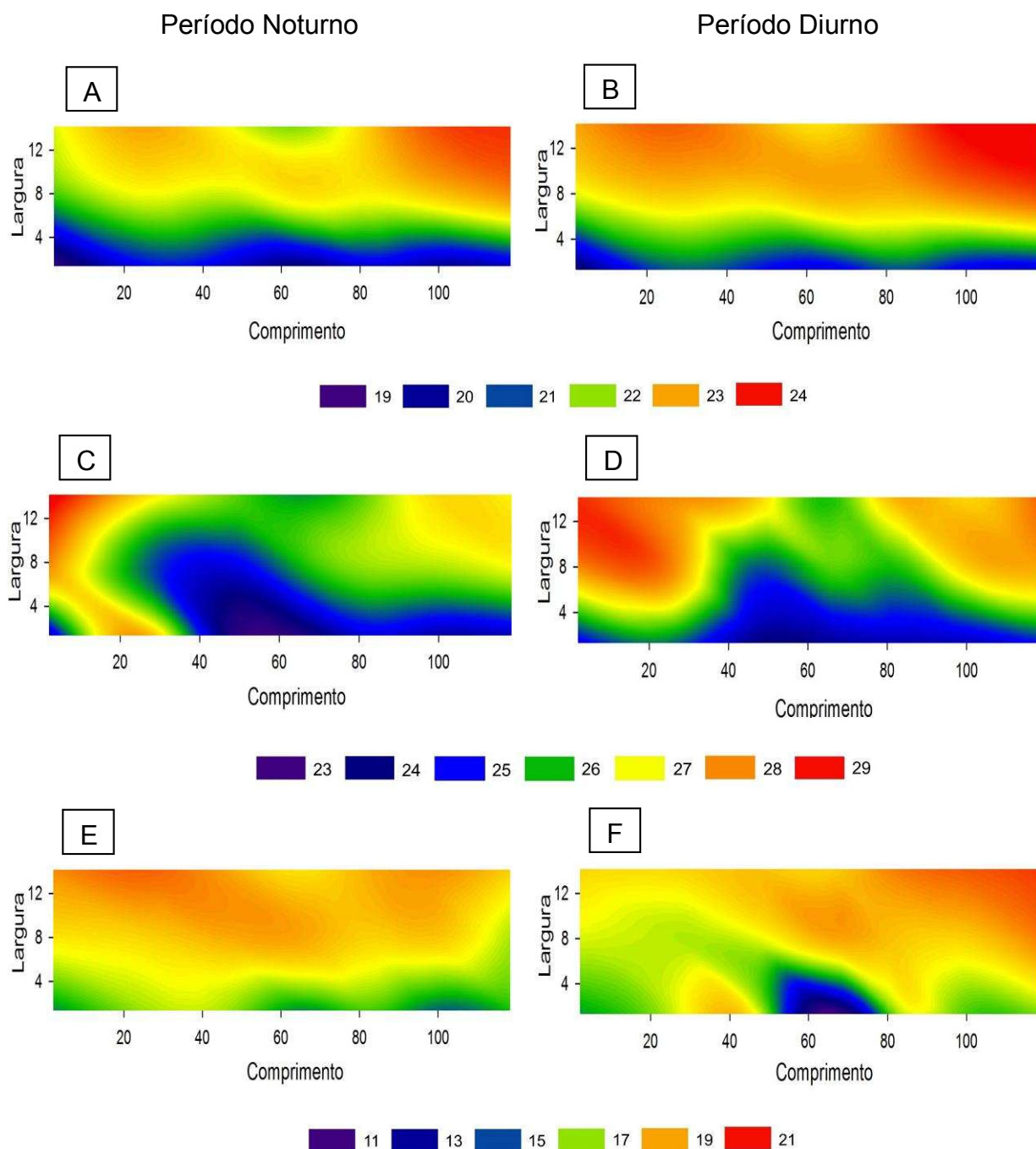


Figura 22. Mapas de distribuição da temperatura do ar (°C) do aviário, para o Lote 1, nível 3 e fase pós aquecimento, em que representam: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

Assim como para os mapas de temperatura média dos níveis 1 e 2, no nível 3 os períodos noturnos e diurnos tiveram a mesma variação térmica, de 4,7°C, com intervalos entre 19,1 a 23,8°C durante a noite, e 19,6 a 24,3°C durante o dia. Para a situação de temperaturas máximas as faixas de

temperatura ficaram entre 23,6 a 29,3°C período noturno e, 23,9 a 28,7°C período diurno. Já as temperaturas mínimas ficaram entre 15,3 a 19,8°C, e 10,9 a 20,3°C, períodos noturnos e diurnos, respectivamente.

A faixa de temperatura do ar ideal para aves de corte na fase final de criação sugeridas por Medeiros (2001) é de 21 a 27°C, para a mesma fase de vida das aves, Cony e Zocche (2004) propõem temperaturas entre 20 e 26°C, já as temperaturas adotadas e programadas nos painéis de acondicionamento térmico do aviário variavam de 22 a 24°C.

Com base nos valores de temperaturas do ar médias observadas no interior da instalação e na faixa de temperatura ideal recomendada pela literatura, verifica-se que o nível 1 apresentou valores dentro da faixa ideal, e os níveis 2 e 3 também apresentaram valores dentro dessa faixa, porém em determinadas regiões a temperatura esteve abaixo dos 20°C recomendados. Vale ressaltar que as aves se encontram no nível 1, logo a temperatura do ar desse nível que é importante. Apesar da temperatura programada no painel de controle do acondicionamento térmico do aviário variar entre 22 e 24°C, a instalação apresentou em algumas regiões do seu interior temperaturas médias inferiores a 22°C.

Quando leva-se em consideração as situações de temperaturas máximas, observa-se que as aves estavam submetidas, em determinadas localizações do aviário, a condições de estresse térmico por calor, pois a temperatura atingiu valores acima dos 27°C recomendados pela literatura, valores estes bem superiores aos 24°C programados nos painéis de climatização.

Diante dos valores de temperaturas mínimas observa-se situação de estresse térmico das aves por frio, onde a temperatura esteve abaixo dos valores adotados no sistema de criação, e também dos recomendados por Medeiros (2001) e Cony e Zocche (2004)

Desuniformidade na distribuição de temperatura do ar em instalações para frangos de corte foram observadas por Silva et al. (2013), ao pesquisarem a variabilidade espacial do ambiente térmico em aviário com sistema de ventilação negativa associada a nebulização, com aves na idade de 42 dias, durante horários críticos do dia, no verão brasileiro. Por meio dos mapas de temperatura do ar do interior do aviário, verificaram que a temperatura variou entre 25,5 e 32,2°C, e que está desuniformidade, presente também ao longo do

período de criação, poder ter sido responsável pela desuniformidade nos pesos dos animais.

Variação de temperatura do ar internamente aos aviários também foram observadas por Curi et al. (2014), ao avaliaram diferentes sistemas de criação para frangos de corte na fase final, com idades de 28, 35 e 42 dias, sendo os sistemas de criação: Blue House com nebulizadores na entrada de ar e fechamento de cortinas; Dark House com painel evaporativo de tijolo cerâmico e fechamento de cortinas e Solid Wall com painel evaporativo de celulose e fechamento de alvenaria. Por meio dos resultados observaram que a temperatura média interna das instalações variou entre 24,25 a 29°C, apresentando o aviário Dark House os menores valores de temperatura do ar, oposto ao Blue House com os maiores valores. Foi observado também, aos 28 dias de idade, uma variação maior que 2°C no sistema de criação Solid Wall.

A Figura 23 representa o comportamento da temperatura média interna de todo o aviário, e externa, do 28º dia de vida até a saída completa das aves, com 51 dias, para o Lote 1. Observa-se pelo comportamento da temperatura média interna ao aviário que esta se manteve estável, com pequenas variações térmicas e reduzindo ao longo do tempo, redução essa em virtude da temperatura programada no painel de condicionamento térmico do aviário. A temperatura externa, com média igual a 12,6°C e variando entre 6,6 e 18,7°C, aumentou ao longo dos dias, conforme pode-se observar na Figura 23, assim houve uma redução no ΔT , o qual teve um valor médio $9,53 \pm 2,4^\circ\text{C}$, pois a temperatura externa aumentou e a interna diminuiu.

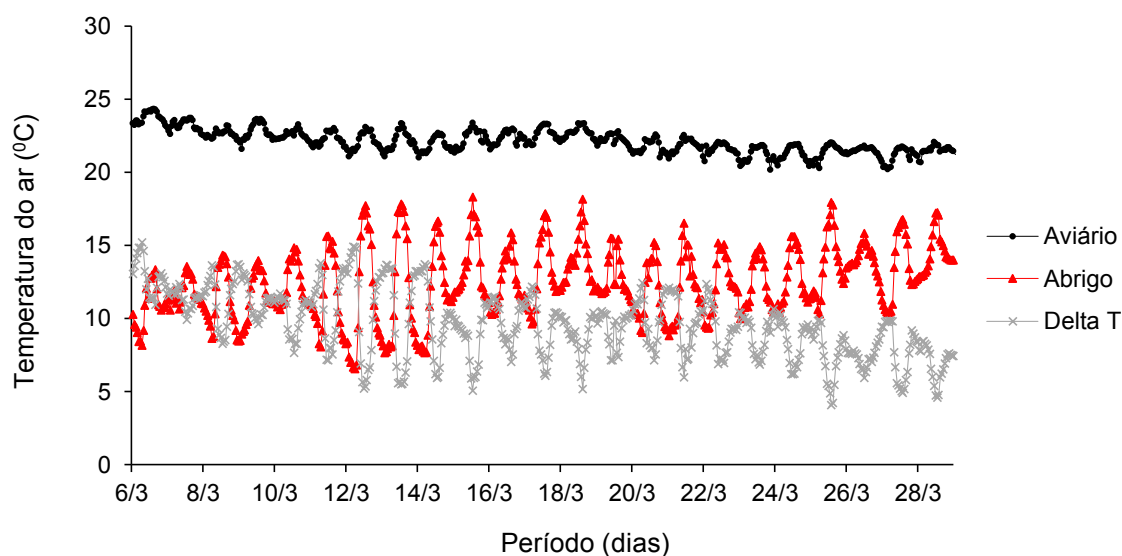


Figura 23. Comportamento da temperatura do ar média interna e externa ao aviário, e a diferença de temperatura, durante a fase pós aquecimento para o Lote 1.

O comportamento da temperatura média interna de todo o aviário, e externa, do Lote 2, para o período do 30º dia de vida das aves até a saída completa das mesmas, com 48 dias, está representado na Figura 24.

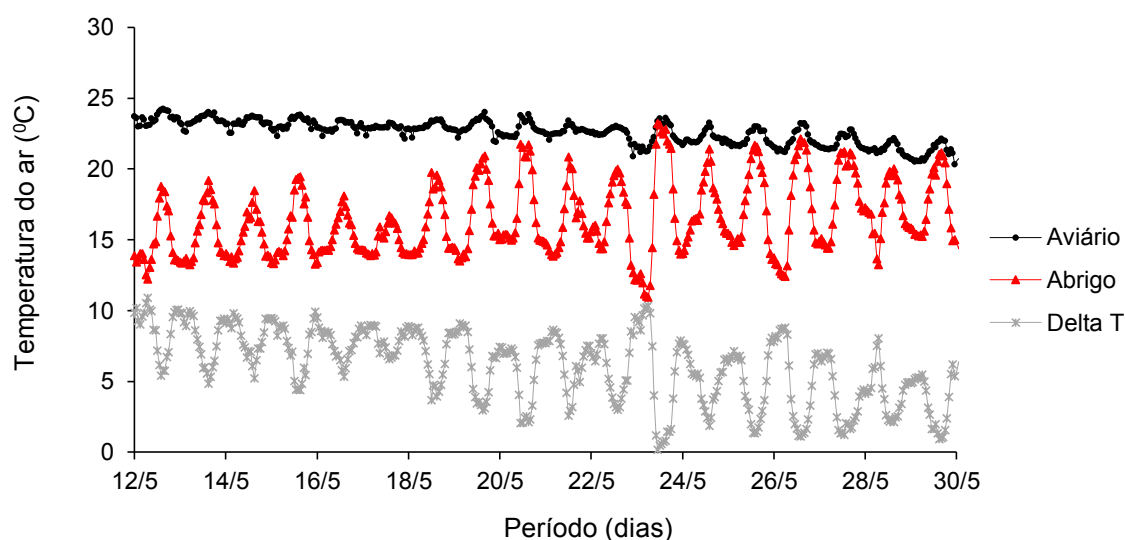


Figura 24. Comportamento da temperatura do ar média interna e externa ao aviário, e a diferença de temperatura, durante a fase pós aquecimento para o Lote 2.

De forma similar ao comportamento do Lote 1, a temperatura média interna ao aviário se manteve estável, com pequenas variações térmicas e redução ao longo dos dias. A temperatura externa apresentou valores superiores

ao período pós aquecimento do Lote 1, em função da época do ano em que houve o alojamento dos dois lotes de aves. Conforme pode-se observar na Figura 24, a temperatura externa variou entre 10,9 e 23,2°C, com média de 16,5 °C, e apresentou uma comportamento mais homogêneo comparativamente ao primeiro lote. A temperatura externa maior, refletiu em um valor de ΔT menor em relação ao Lote 1, com um valor médio $6,04 \pm 2,6^\circ\text{C}$.

Na fase final de criação o sistema de aquecimento não era mais utilizado, e a energia calorífica presente na instalação é vinda da produção metabólica das aves, luzes, motores elétricos, fermentação de excrementos, e em pequena quantidade, pela redução das perdas de calor através das paredes e cobertura devido ao nível do isolamento térmico. Logo, observa-se que o comportamento da temperatura do ar média interna de todo o aviário, para ambos os lotes de criados, demonstra que o isolamento térmico presente na cobertura e fechamentos laterais da instalação, junto com o sistema de ventilação adequado, permitiram manter a temperatura interna sem grandes oscilações e, na maior parte do tempo, dentro da faixa programada de 22 a 24°C, sofrendo a mínima influência da temperatura externa.

Na Figura 25 estão apresentados em gráficos do tipo boxplot, os quais utilizam e demonstram os valores de temperatura do ar média horária interna ao aviário, de cada um dos três níveis de altura, períodos noturnos e diurno, para cada lote de aves, e também do ambiente externo, a fim de se observar a dispersão dos valores dos diferentes níveis, períodos e lotes estudados.

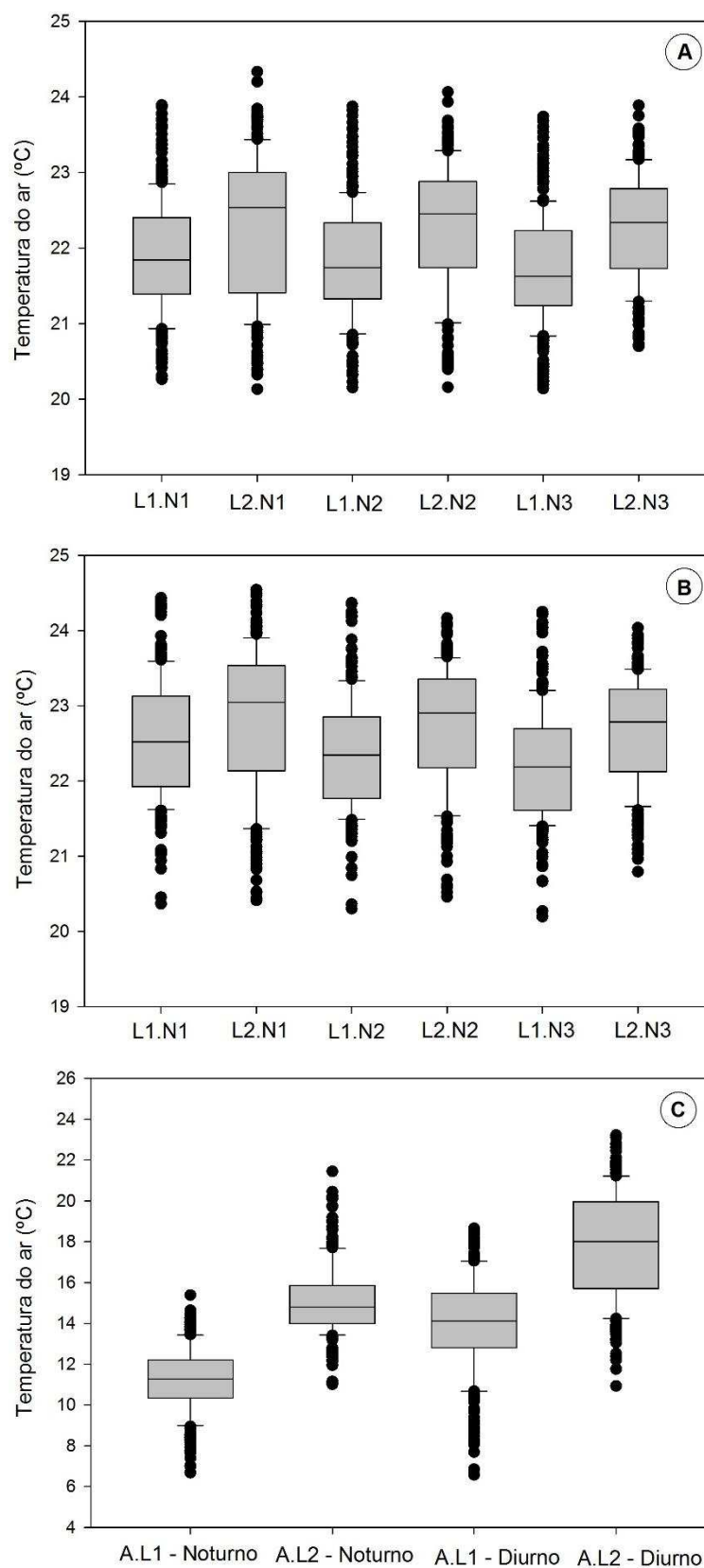


Figura 25. Gráfico boxplot da temperatura do ar média para a fase pós aquecimento durante os dois lotes de criação, em que representam: (A) período noturno; (B) período diurno para os três níveis de altura; e (C) abrigo meteorológico período noturno e diurno.

Diante da Figura 25, observa-se, que no período noturno, os três níveis do Lote 1 apresentam dispersão similar entre si, e com os valores de temperatura do ar predominantemente menores que do Lote 2. Já o segundo lote possui uma maior dispersão no nível 1, comparativamente aos níveis 2 e 3.

No período diurno observa-se novamente que os valores de temperatura do primeiro lote foram menores que os do segundo lote, para os três níveis de altura. Verifica-se também que dispersão dos valores foram similares para os três níveis no Lote 1, e para o Lote 2, similar somente entre os níveis 2 e 3, que apresentaram menor dispersão que o nível 1. Por meio do gráfico, elaborado com base nos dados de temperatura média horária, observa-se também, para ambos os lotes, que o nível 1 apresenta temperaturas ligeiramente superiores ao nível 2, e este superior ao nível 3.

A temperatura externa noturna, para ambos os lotes, apresenta valores inferiores aos do período noturno, o que já esperado em virtude das inversões térmicas. A dispersão do valores de temperatura do ar a noite foram similares entre os Lotes 1 e 2, o mesmo acontece durante o dia. Observa-se também na Figura 25, conforme já verificado nas Figuras 23 e 24, e do mesmo modo que ocorreu na fase com aquecimento, que a temperatura do ar externa a instalação do primeiro lote, durante o período de criação pós aquecimento, foi menor que do segundo lote, para a mesma fase. Vale ressaltar que o Lote 1 foi alojado nos meses de fevereiro e março, e Lote 2 nos meses abril e maio.

3.2.2. Umidade relativa do ar

Na Figura 26 estão apresentados os mapas de umidade relativa do ar média, do Lote 1, período noturno e diurno, para os três níveis, observadas no interior do aviário na fase pós aquecimento. Para o nível 1 ocorre uma distribuição similar entre os períodos, porém com diferentes intervalos de variação, sendo a noite de 68,6 a 73,5%, e durante o dia de 65,2 a 71,7%. Também para o nível 2 observa-se uma similaridade nos mapas, com período noturno apresentando as maiores umidades relativas, na faixa de 69,7 a 73,7%, e o período diurno entre 66,5 e 71,4%. O nível 3 apresenta a região com os maiores valores de umidade junto a entrada de ar, tanto durante a noite quanto durante o dia, o que já era esperado, em virtude das aberturas de entrada de ar da instalação estarem posicionadas próxima da altura do nível 3, e o ar que entra

na instalação estar com umidade relativa superior à do ar interior, com isso também a umidade do nível 3 apresenta maior variação do que nos níveis 1 e 2, variando entre 69,5 a 77,1%, e 65,6 a 74,6%, períodos noturno e diurno, respectivamente.

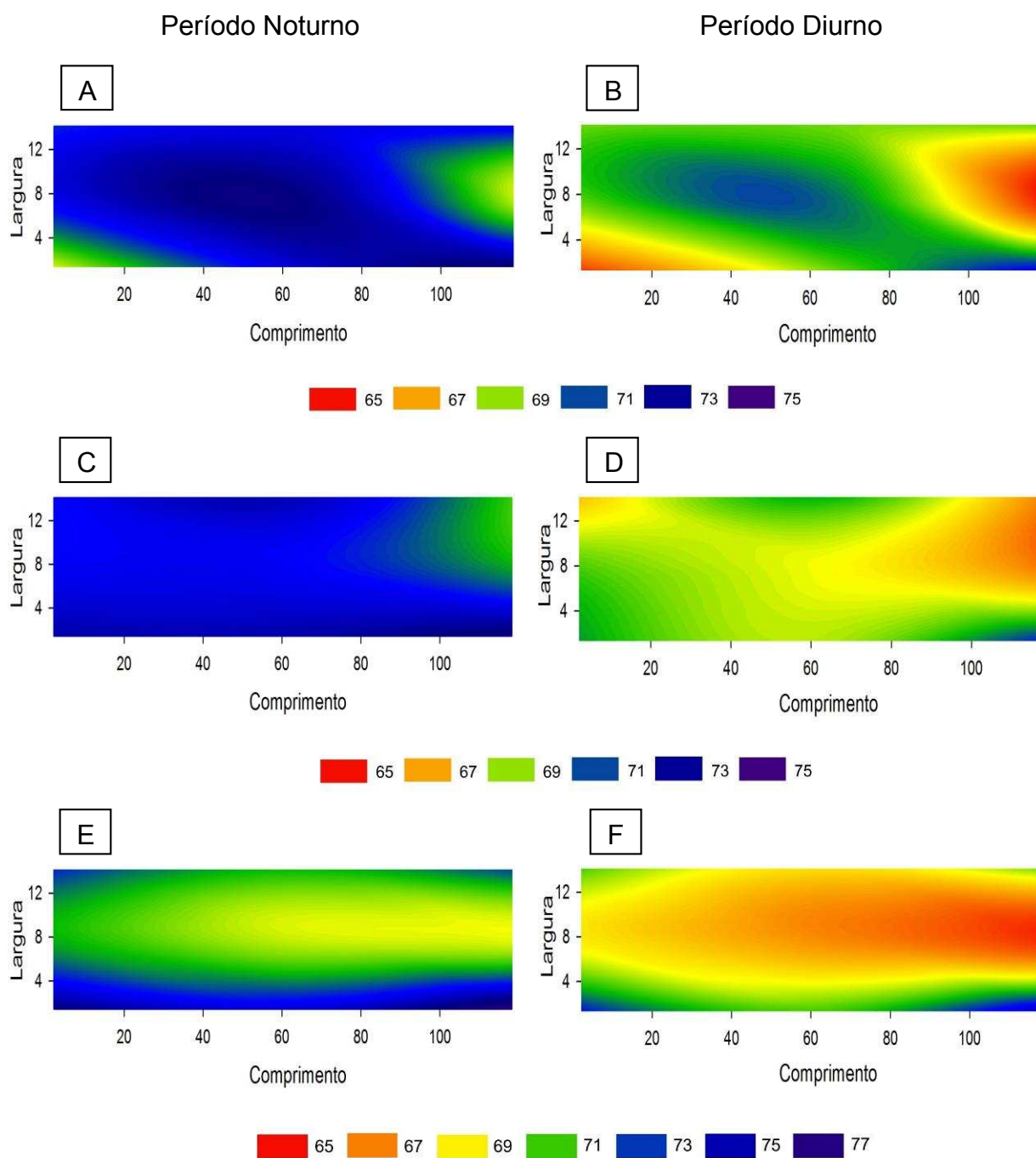


Figura 26. Mapas de distribuição da umidade relativa do ar (%) do aviário, Lote 1, fase pós aquecimento, em que representam: (A) umidade média noturna nível 1, (B) umidade média diurna nível 1, (C) umidade média noturna nível 2, (D) umidade média diurna nível 2, (E) umidade média noturna nível 3 e (F) umidade média diurna nível 3.

A faixa de umidade relativa do ar ideal para aves de corte, já referida anteriormente, é entre 50 e 70%. Levando em consideração esta faixa proposta, de uma forma geral, observa-se que o interior da instalação, no período noturno, quase a totalidade da área do aviário, apresenta valores de umidade relativa acima do limite de 70%, e durante o dia a umidade predominante está abaixo deste limite, porém bem próxima a ele.

A perda de calor por dissipação evaporativa nas aves está relacionada a umidade relativa do ar em torno delas (LARA & ROSTAGNO, 2013). Para Oliveira et al. (2006) a capacidade que aves possuem em tolerar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar. Quanto maior a umidade relativa do ar, mais dificuldade a ave possui de remover calor interno pelas vias aéreas, com isso eleva a sua frequência respiratória. Este processo realizado pela ave com o objetivo de manter a sua homeotermia promove alterações fisiológicas que podem comprometer seu desempenho. Altos valores de umidade relativa do ar podem favorecer o surgimento de bactérias e fungos, afetando negativamente as aves (CARVALHO et al., 2009).

Por meio da geoestatística Curi et al. (2014) avaliaram diferentes sistemas de criação para frangos de corte na fase final, sendo Blue House com nebulizadores na entrada de ar e fechamento de cortinas; Dark House com painel evaporativo de tijolo cerâmico e fechamento de cortinas e Solid Wall com painel evaporativo de celulose e fechamento de alvenaria. Os autores avaliaram o ambiente térmico das instalações durante verão, no período em que aves alojadas apresentavam idades de 28, 35 e 42 dias. Diante dos resultados observaram que o aviário Blue House apresentou os menores valores de umidade relativa do ar, próximos de 50%, já os aviários Dark House e Solid Wall apresentaram valores acima do recomendado pela literatura, variando entre 77 e 90%.

Miragliotta et al. (2006) avaliaram por meio de análise espacial um aviário com sistema de ventilação tipo túnel, durante o período de verão nos horários mais crítico do dia, na sexta semana de vida das aves. Os autores observaram umidade relativa do ar variando, no interior da instalação, entre 46 e 64%, sendo os menores registros próximos a saída de ar. Também avaliando o ambiente interno de aviário com sistema de ventilação negativa tipo túnel, porém associado a nebulização, e aves com idade de 42 dias, Silva et al. (2013) observaram valores de umidade relativa do ar variando de 73,5 % a 85,5%.

Segundo Silva et al. (2013), os maiores valores de umidade foram observados distribuídos principalmente junto à entrada de ar do galpão, em função da nebulização neste local conseguir atingir todas as áreas, ao passo que próximo as saídas de ar, a umidade promovida pela nebulização era rapidamente dispersada devido à pressão negativa exercida pelos exaustores.

A Figura 27 representa o comportamento da umidade relativa do ar média de todo o aviário, e também a externa, ao longo do período de 28 a 51 dias de vida das aves para o Lote 1. Observa-se uma umidade externa com grandes variações, atingindo valores máximos de 97% e mínimos de 47%, em média 81% de umidade relativa. A umidade interna apresenta uma variação menor, o que era esperado, em virtude de haver um maior controle térmico no interior do aviário, porém conforme pode-se observar no gráfico, ao longo do período pós aquecimento, na maior parte do tempo, os valores de umidade relativa média superam o limite de 70%, sugeridos pela literatura (TINÔCO, 2001; FURTADO et al., 2003; SARMENTO et al., 2005; DALÓLIO et al., 2015b).

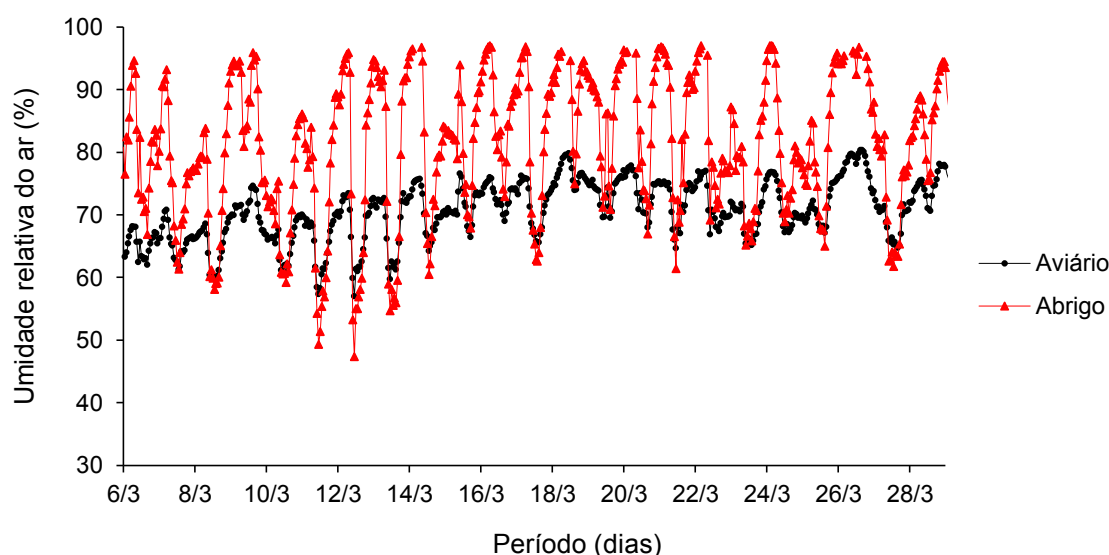


Figura 27. Comportamento da umidade relativa do ar média interna e externa ao aviário, durante a fase pós aquecimento para o Lote 1.

De forma similar ao comportamento da umidade relativa do ar externa durante a fase de pós aquecimento do Lote 1, a umidade externa ao longo do período de 30 a 48 dias de vida das aves no segundo lote, apresentou também grande variação, conforme está representado na Figura 28, com valores entre 44 e 99%, e média de 83% de umidade.

Assim como ocorreu no Lote 1, a umidade relativa interna para o Lote 2 apresentou uma menor variação, comparada a variação da umidade externa, e também verifica-se que os valores de umidade relativa do ar média, em sua maioria, estão acima do limite máximo recomendado. Observa-se que nos momentos em que umidade externa registrou seu valores mais baixos, a umidade relativa média interna acompanhou este comportamento, e obteve seus valores mais baixos também, porém estavam dentro da faixa ideal de 50 a 70%.

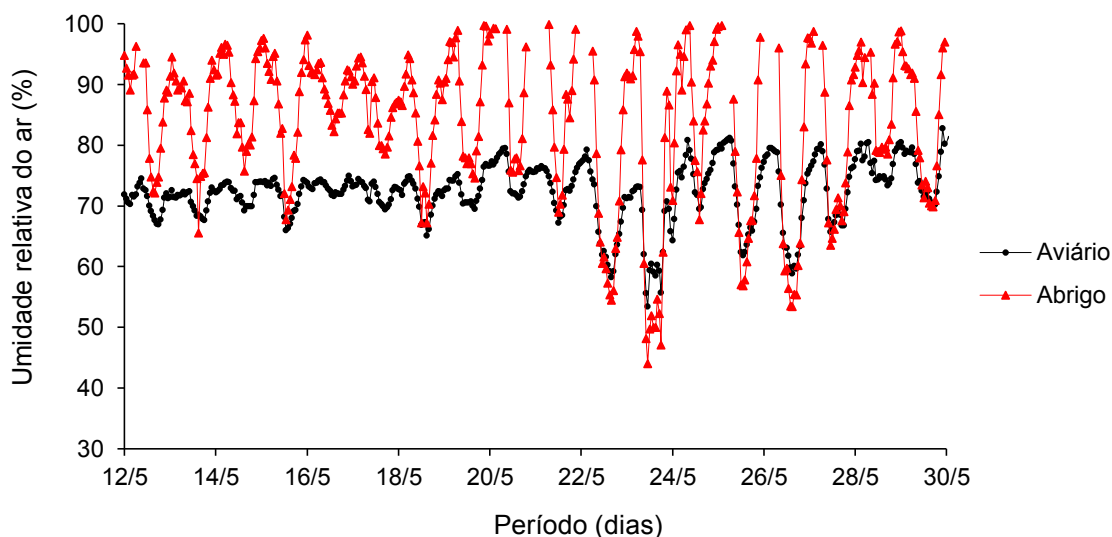


Figura 28. Comportamento da umidade relativa do ar média interna e externa ao aviário, durante a fase pós aquecimento para o Lote 2.

Diante das Figuras 27 e 28, verifica-se que a umidade relativa do ar média interna ao aviário, apresenta com o passar dos dias de alojamento das aves, a tendência a um aumento nos valores de umidade no interior da instalação, para ambos os lotes. Comportamento similar foi observado por Zanatta et al. (2008), que associou este aumento da umidade ao crescimento das aves, que com o passar do tempo aumentam a respiração, liberando mais vapor d'água no interior do galpão.

Estão apresentados, em gráficos do tipo boxplot, na Figura 29, os valores de umidade relativa do ar média horária, para cada um dos três níveis, períodos noturnos e diurnos de cada lote de aves, da mesma forma para a umidade externa.

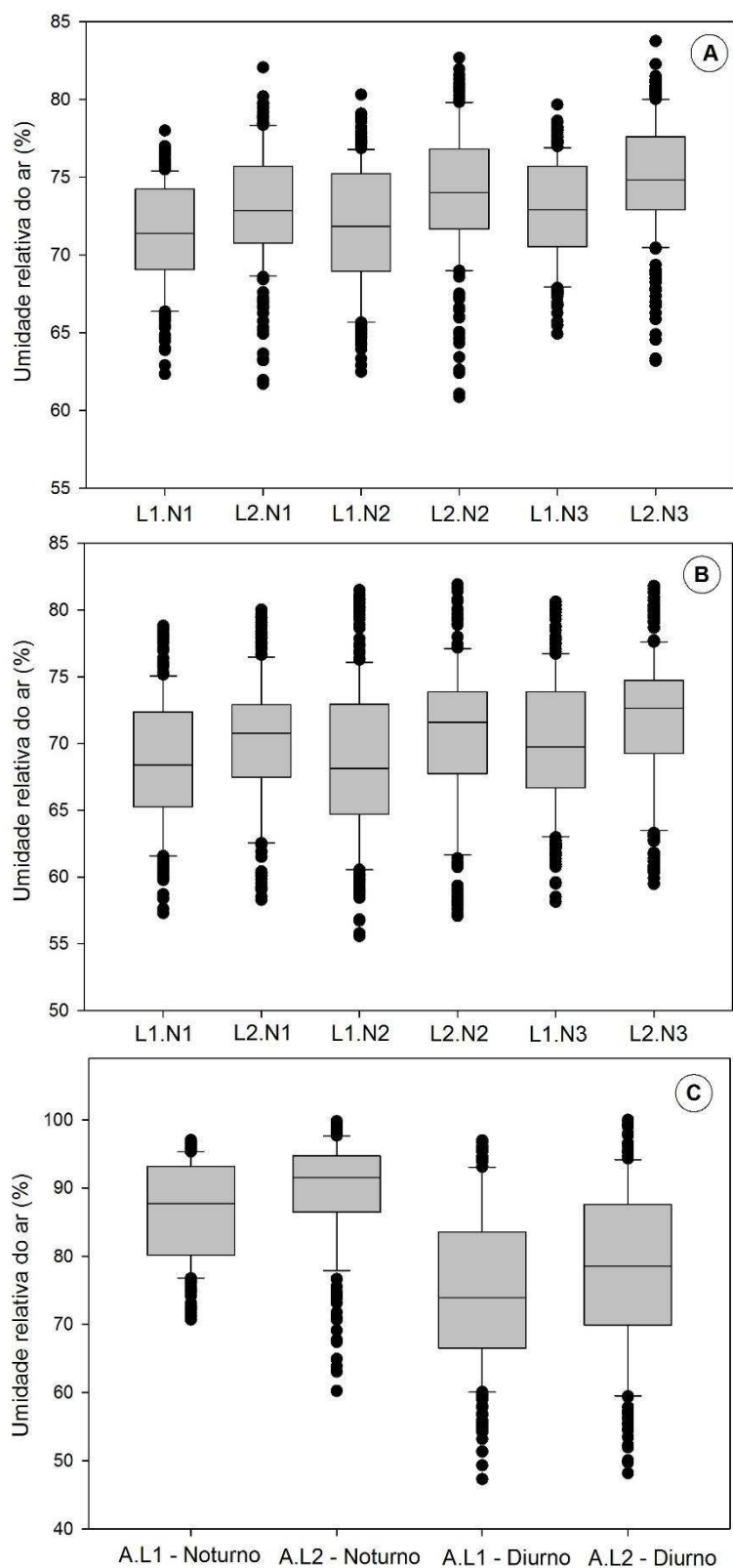


Figura 29. Gráfico boxplot da umidade relativa do ar média para a fase pós aquecimento durante os dois lotes de criação: (A) período noturno e (B) período diurno para os três níveis de altura; (C) abrigo meteorológico período noturno e diurno.

Observa-se na Figura 29, tanto para o período noturno quanto diurno, que a dispersão dos valores de umidade relativa do ar dos três níveis, para o mesmo lote analisado, são similares. Observando os valores de umidade dos três níveis, verifica-se que os valores de umidade do nível 1 são ligeiramente inferiores ao nível 2, e estes inferiores ao nível 3.

Ao comparar o nível 1, do Lote 1, com o mesmo nível do Lote 2, verifica-se que o segundo lote apresenta os maiores valores de umidade relativa, o mesmo acontece ao se analisar os níveis 2 e 3.

Para a umidade relativa externa a instalação, durante a noite, o Lote 1 apresenta maior dispersão comparado ao Lote 2, este entretanto possui uma maior quantidade de valores de umidade extremos. No período diurno, a dispersão dos valores de umidade é similar entre os lotes. Conforme observado na Figura 29, e também verificado nos gráficos das Figura 27 e 28, a umidade externa para o segundo lote é ligeiramente superior ao lote 1.

3.2.3. Índice de Temperatura e Umidade - ITU

Na Figura 30 estão representados os mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade para o nível 1, nível em que se encontram as aves, períodos noturno e diurno, condições de temperaturas médias, máximas e mínimas. Assim como foi para fase com aquecimento, os mapas noturnos e diurnos apresentam variações de ITU bem próximas, o que se repete nas três condições analisadas. A distribuição do ITU em ambos períodos, e também condições de temperatura, são similares, e novamente apenas uma pequena região do aviário difere das demais. Considerando as condições de temperatura média, o ITU médio permaneceu entre 63,2 e 71,4 para o período noturno, e 63,5 a 72,2 no diurno. Quando considerada as temperaturas máximas alcançadas no interior do aviário, o ITU durante a noite variou entre 67,5 e 78,9, e durante o dia de 68,1 a 77,4. Para situações de temperaturas mínimas atingidas, observa-se valores entre 58,3 e 65,3, e 60 a 66,4, período noturno e diurno respectivamente.

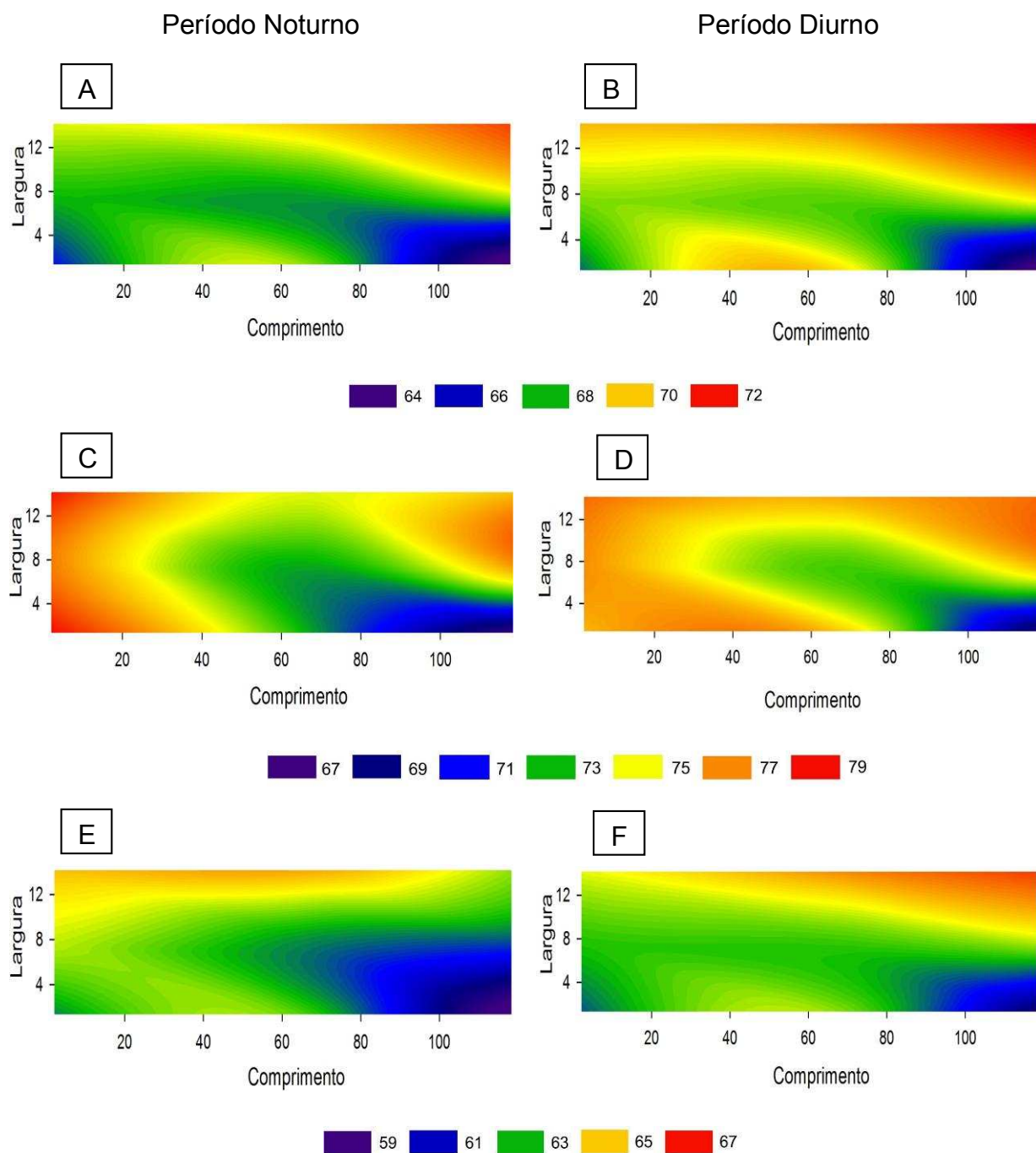


Figura 30. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, nível 1, Lote 1, fase pós aquecimento, em que: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínimo noturno e (F) ITU mínimo diurno.

Para a fase final de criação, que no caso desse estudo compreende o período pós aquecimento, a qual foi após a quarta semana, Silva et al. (2004) propõem limites de ITU ideais entre 56,6 e 64. Com base nos limites sugeridos e considerando o ITU médio do nível 1, que é o nível mais próximo das aves,

apenas uma pequena região da instalação apresentou ITU ligeiramente abaixo do limite de 64, as demais regiões apresentou valores superiores. Logo as aves alojadas no aviário utilizados neste experimento, o qual possuía isolamento térmico presente nas paredes de alvenaria, e isolamento junto a cobertura, estiveram em situação de estresse térmico, tanto no período diurno quanto noturno, durante a fase pós aquecimento.

Levando em consideração o ITU máximo, que ocorre diante das temperaturas máximas alcançadas no interior da instalação, a situação de estresse térmico se torna ainda mais grave, pois atinge valores bem acima da faixa tida como ideal para as aves. Observa-se situações de estresse térmico as aves, até mesmo diante do ITU mínimo.

Segundo Dalólio et al. (2015a) a situação de conforto térmico no interior dos aviários é essencial para que as aves possam fazer o uso de mínima energia para manter a temperatura corporal e de máxima energia para a produção. Logo é fundamental manter o Índice de Temperatura e Umidade dentro da faixa ideal, conforme sugerida por Silva et al. (2004).

Na Figura 31 está representado o comportamento do ITU médio, de todo o nível 1 do aviário, ao longo da fase pós aquecimento, assim como o ITU externo, para o Lote 1.

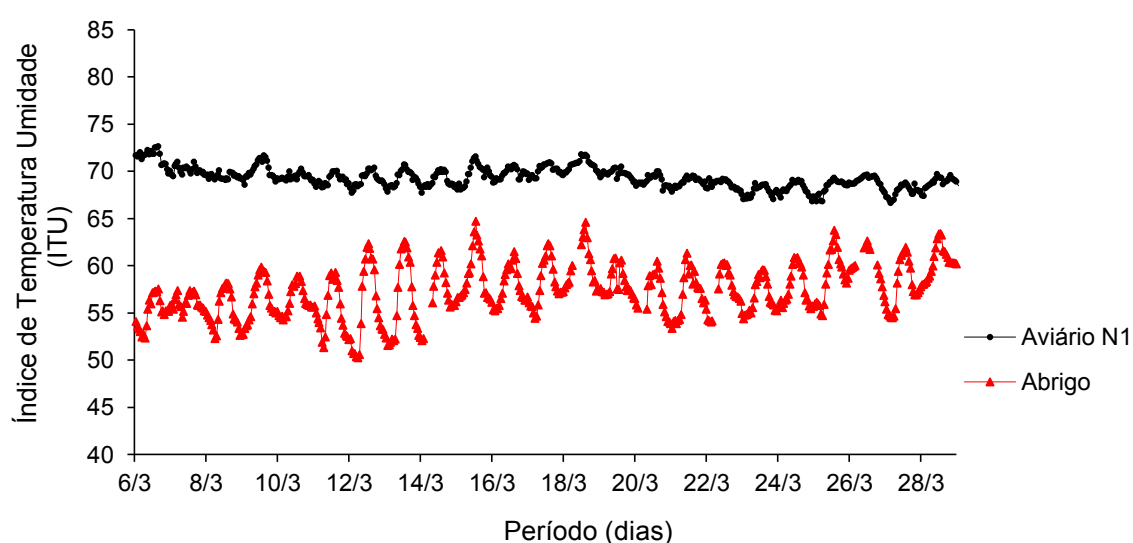


Figura 31. Comportamento do Índice de temperatura e umidade médio interno, para o nível 1, e externo ao aviário, durante a fase sem aquecimento para o Lote 1.

Observa-se que o ITU médio permanece estável ao longo dos dias, assim como foi para o comportamento da temperatura média. Já o ITU externo apresenta maior variação, entre 50,2 e 64,7, com média igual a 57,5.

O comportamento do ITU médio interno ao aviário, para o nível 1, e também o externo, ao longo da fase pós aquecimento, para o Lote 2, está apresentado na Figura 32. Por meio do gráfico verifica-se que o ITU interno médio apresentou pequena variação durante o período final de criação, já o ITU externo teve uma maior variação, com valores entre 56,3 e 69,5, e média igual a 63,1.

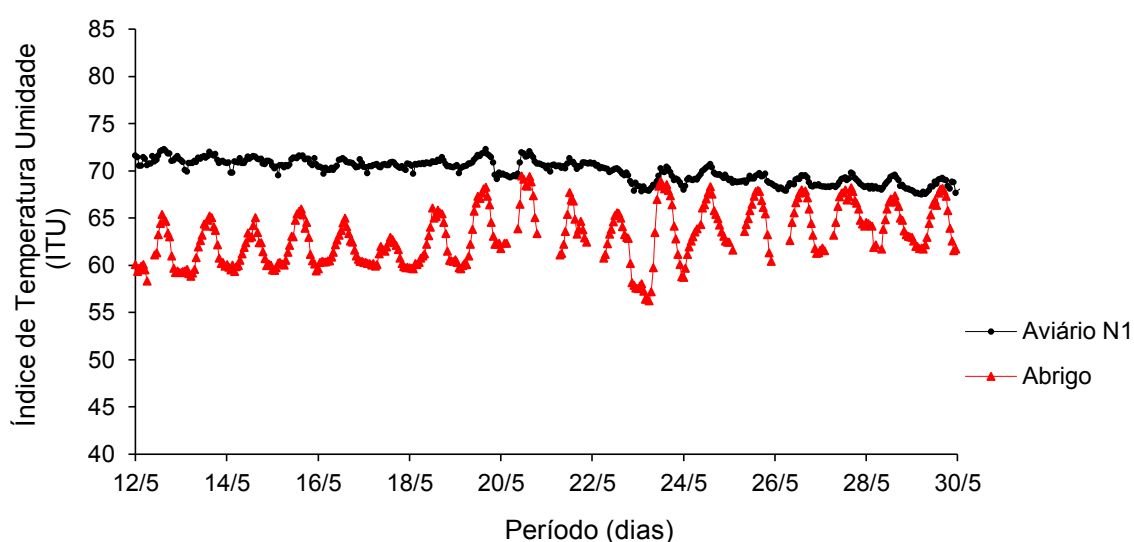


Figura 32. Comportamento do Índice de temperatura e umidade médio interno e externo ao aviário, durante a fase sem aquecimento para o Lote 2.

Por meio dos gráficos das Figuras 31 e 32, observa-se que o comportamento do ITU médio interno a instalação, para o nível 1, foi similar para ambos os lotes durante o período pós aquecimento. Observa-se também que durante este período os valores do índice, tanto no Lote 1 quanto no Lote 2, estiveram próximos a um ITU igual a 70, situação que representa condições de estresse térmico para as aves alojadas, com base na faixa de ITU de 56,6 a 64, proposta por Silva et al. (2004).

Nos gráficos do tipo boxplot da Figura 33, estão apresentados os valores do Índice de Temperatura e Umidade média horária, para cada um dos três níveis, nos períodos noturnos e diurno, de Lotes 1 e 2, e também do ITU externo.

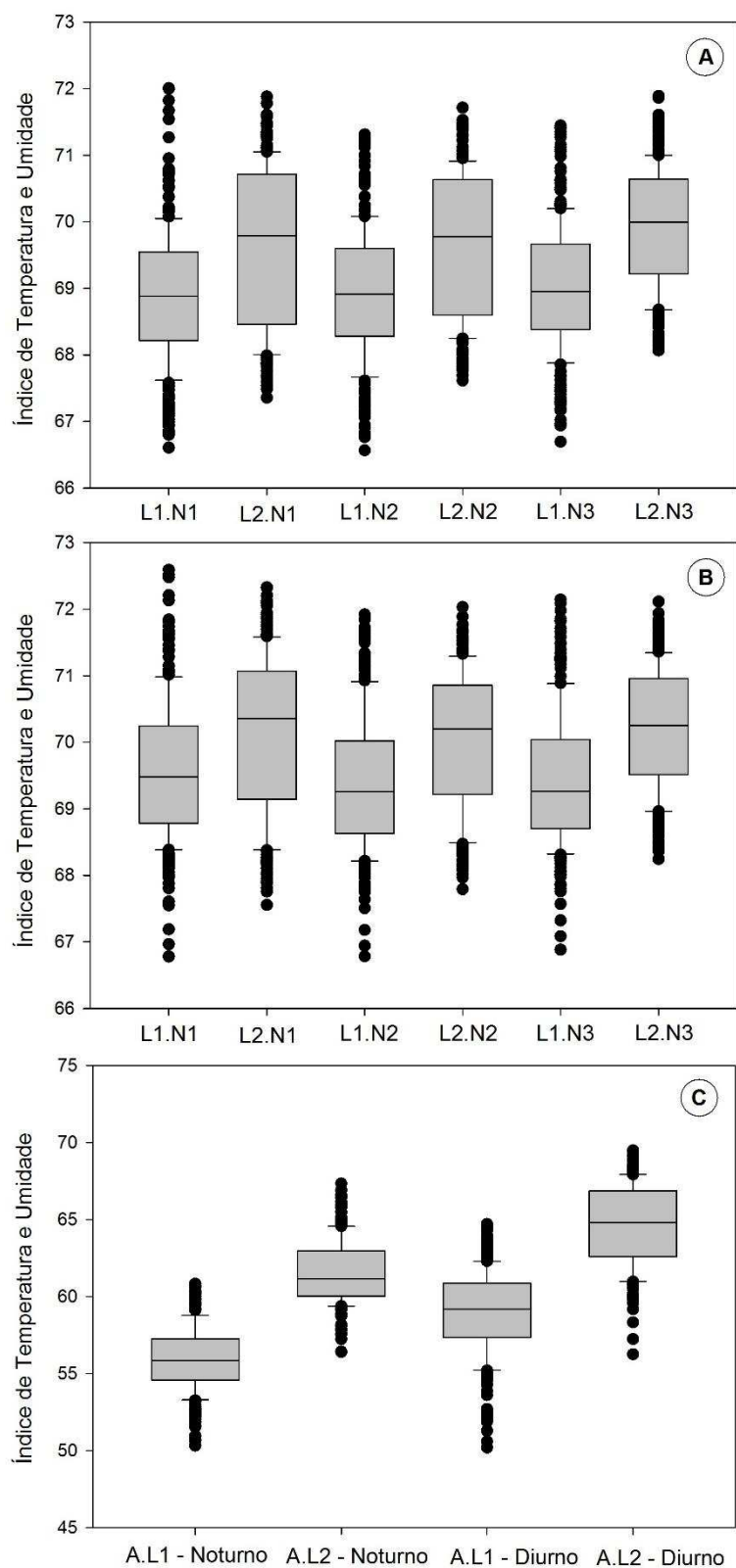


Figura 33. Gráfico boxplot do índice de temperatura e umidade média para a fase sem aquecimento durante os dois lotes de criação: (A) período noturno e (B) período diurno para os três níveis de altura; (C) abrigo meteorológico período noturno e diurno.

Conforme verifica-se na Figura acima, a dispersão do ITU para cada nível analisado dos Lotes 1 e 2, foram similares entre o período noturno e diurno. Nota-se que a dispersão para o Lote 2 foi maior comparada ao Lote 1, porém o primeiro lote teve um maior registro de valores de ITU extremos.

Quando se compara os períodos noturnos e diurnos, observa-se, assim como já foi verificado nos mapas, que os valores de ITU durante o dia são levemente superiores ao período noturno. Observa-se também, que quanto maior a altura do nível analisado, lembrado que o nível 1 é o inferior, nível 2 o intermediário e nível 3 o superior, menor são os valores do ITU médio, exceto para o período noturno do Lote 1, onde os valores dos três níveis estão bem próximos entre si.

Sabe-se que a determinação do ITU leva em consideração a temperatura e umidade relativa do ar, e foi verificado anteriormente que o ambiente interno ao aviário, durante a fase pós aquecimento do Lote 2, apresentou valores de temperatura e umidade superiores ao Lote 1, logo conclui-se que os valores médios de ITU do segundo lote foram superiores ao Lote 1, valores estes verificados na Figura 33, para os três níveis de altura, tanto durante o período da noite quanto durante o dia.

3.3. Posição espacial representativa das condições térmicas do aviário

Na Tabela 3 encontram-se apresentados os valores médios de temperatura do ar, referentes a cada um dos sessenta e três pontos de coleta de dados, para o Lote 1, sendo a temperatura média de toda a instalação, para todo o período de criação, desde o primeiro dia de alojamento das aves até a saída para o abate, igual a 24,9°C. De forma similar, foram apresentados na Tabela 4 os valores médios de temperatura dos sessenta e três pontos para o Lote 2, sendo a temperatura média de toda instalação igual a 25,6°C.

Tabela 3 – Valores médios de temperatura do ar (°C) para os sessenta e três pontos de coleta de dados, no interior do aviário isolado termicamente, durante todo período experimental, para o Lote 1.

Posição	Temperatura	Posição	Temperatura	Posição	Temperatura
1	24,2	22	23,6*	43	23,2*
2	25,0	23	25,1	44	25,4
3	25,1	24	25,0	45	25,9
4	25,1	25	24,8	46	24,2
5	25,2	26	25,4	47	25,4
6	24,6	27	25,6	48	25,7
7	24,9	28	24,1	49	23,7*
8	25,2	29	25,1	50	25,0
9	25,6	30	25,5	51	25,0
10	24,5	31	25,0	52	23,4*
11	24,0*	32	24,3	53	25,6
12	24,5	33	25,1	54	24,9
13	24,7	34	24,4	55	24,0*
14	24,7	35	25,5	56	25,6
15	25,1	36	25,3	57	25,6*
16	25,3	37	24,5	58	23,6
17	25,3	38	25,5	59	25,6
18	25,9*	39	25,9*	60	26,3*
19	24,7	40	24,3	61	23,5*
20	24,4	41	25,6	62	25,7
21	25,6	42	25,3	63	26,2*

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

Tabela 4 – Valores médios de temperatura do ar (°C) para os sessenta e três pontos de coleta de dados, no interior do aviário isolado termicamente, durante todo período experimental, para o Lote 2.

Posição	Temperatura	Posição	Temperatura	Posição	Temperatura
1	25,6	22	24,9	43	24,6*
2	26,3	23	25,8	44	26,1
3	26,4	24	25,8	45	26,7*
4	26,1	25	25,8	46	25,3
5	26,2	26	26,4	47	25,9
6	25,6	27	26,2	48	26,4
7	24,9	28	24,8	49	24,4*
8	25,7	29	25,6	50	25,5
9	26,3	30	26,1	51	25,5
10	25,4	31	25,9	52	24,4*
11	24,6*	32	24,8	53	26,4
12	24,8	33	25,9	54	25,7
13	25,5	34	25,2	55	24,9
14	25,6	35	25,9	56	26,0
15	25,7	36	25,7	57	26,0
16	24,8	37	25,0	58	24,2*
17	25,7	38	25,7	59	25,8
18	26,2	39	26,1	60	26,5*
19	25,2	40	24,9	61	23,9*
20	24,6*	41	25,8	62	25,7
21	25,8	42	25,4	63	26,2

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

Nas Figura 34 e 35 estão apresentados (de acordo com os resultados do teste t, ao nível de 5% de significância, $p < 0,05$), os pontos representados em vermelho, os quais as temperaturas diferem da temperatura média interna ao aviário, e em azul os pontos sem diferença significativa com a temperatura média do alojamento, para o Lote 1 (Figura 34) e Lote 2 (Figura 35).

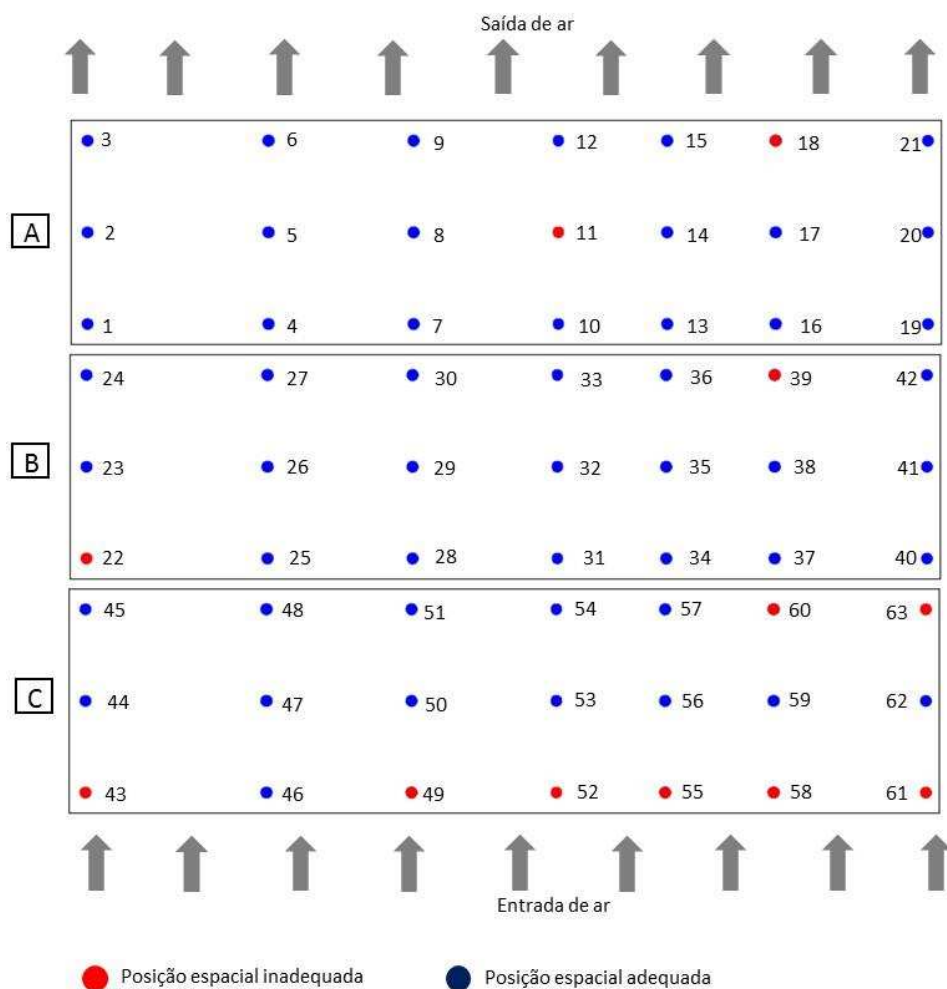


Figura 34. Posições espaciais para alocação de sensores de temperatura do ar em condições de temperaturas médias no interior do aviário isolado termicamente, durante todo período experimental, para o Lote 1, em que representam: (A) nível 1, (B) nível 2 e (C) nível 3.

Com base na Figura 34, observa-se que a maior parte dos pontos que não representam a situação térmica média de todo aviário, para o Lote 1, estão localizados no nível 3. Apenas 20% dos pontos verificados nos três níveis não representam as condições de temperatura média de todo o aviário, sendo, portanto, posições espaciais inadequadas para posicionamento dos sensores de acionamento/comando dos sistemas de climatização.

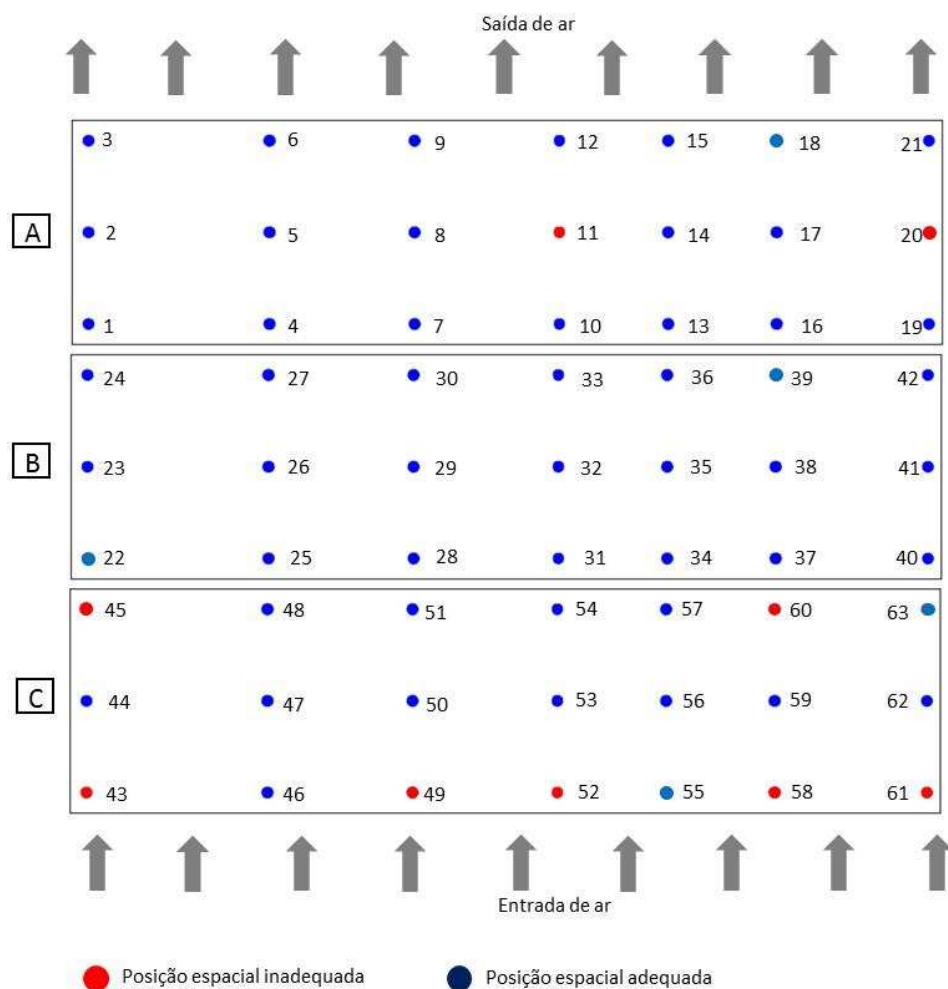


Figura 35. Posições espaciais para alocação de sensores de temperatura do ar em condições de temperaturas médias no interior do aviário isolado termicamente, durante todo período experimental, para o Lote 2, em que representam: (A) nível 1, (B) nível 2 e (C) nível 3.

De acordo com a Figura 35, verifica-se que 15% das posições espaciais analisadas não representam a situação térmica média de todo aviário, para o Lote 2, e que estas posições estão nos níveis 1 e 3.

Visto que o objetivo é determinar as posições espaciais mais representativas das condições médias de temperatura do ar interna no interior do alojamento para melhor posicionamento dos sensores de comando dos painéis climatizadores, independente das condições climáticas externas, foram analisados os Lotes 1 e 2 juntos. Assim, com base nas Figuras 34 e 35, observa-se que dos sessenta e três pontos analisados, quatorze deles não representam a situação térmica média de todo aviário, sendo oito pontos comuns aos dois lotes. Logo esses pontos, que não representam a situação térmica média de todo

aviário, são posições espaciais inadequadas para posicionamento dos sensores, de temperatura, de acionamento/comando dos sistemas de climatização.

Nota-se também que essas posições espaciais inadequadas estão localizadas, em sua maioria, no nível 3, e localizadas também próximas aos fechamentos laterais da instalação, sendo que apenas um ponto está posicionado na região central do aviário.

Diante dos posições espaciais analisadas, recomenda-se os melhores posicionamentos espaciais para alocação dos sensores de temperatura do ar as posições referentes aos pontos 5, 8, 14 e 17. Estas posições espaciais estão no nível 1, ou seja, mais próximo as aves, com isso uma maior representação das reais condições térmicas a que os animais estão expostos, e também devido a um maior afastamento destas posições em relação aos fechamentos laterais do alojamento.

Encontram-se apresentados na Tabela 5, os valores médios de umidade relativa do ar interna ao aviário, referentes a cada um dos vinte e sete pontos de coleta de dados para o Lote 1, sendo a umidade relativa média do ar de toda a instalação igual a 66,6%. Na tabela 6 estão apresentados, também para cada um dos vinte e sete pontos no interior do aviário, os valores médios de umidade relativa do ar para o Lote 2, sendo a umidade relativa média do ar no interior de todo o aviário para o segundo lote igual a 67,8%.

Tabela 5 – Valores médios de umidade relativa do ar (%) para os vinte e sete pontos de coleta de dados no interior do aviário isolado termicamente, durante todo período experimental, para o Lote 1.

Posição	Temperatura	Posição	Temperatura	Posição	Temperatura
1	60,3*	22	65,7	43	68,8*
2	65,8	23	66,4	44	65,5
3	67,1	24	63,5*	45	68,5*
10	66,1	31	65,1	52	67,2
11	68,6*	32	64,1*	53	65,1
12	67,8	33	68,7*	54	67,4
19	70,3*	40	69,3*	61	72,2*
20	62,5*	41	65,3	62	63,7*
21	69,1*	42	65,7	63	69,4*

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

Tabela 6 – Valores médios de umidade relativa do ar (%) para os vinte e sete pontos de coleta de dados no interior do aviário isolado termicamente, durante todo período experimental, para o Lote 2.

Posição	Temperatura	Posição	Temperatura	Posição	Temperatura
1	60,3*	22	65,6*	43	68,7
2	65,5*	23	66,3	44	65,2*
3	67,2	24	63,3*	45	68,2
10	66,3	31	66,6	52	68,2
11	69,3	32	65,9*	53	68,4
12	67,9	33	69,2	54	68,3
19	71,9*	40	72,1*	61	74,7*
20	66,4	41	68,5	62	67,2
21	69,9*	42	69,0	63	71,1*

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

De acordo com os resultados do teste t (ao nível de 5% de significância, $p < 0,05$), estão apresentados na Figura 36, para o Lote 1, e na Figura 37, para o Lote 2, os pontos representados em vermelho, os quais as umidades relativas diferem da umidade relativa do ar média interna ao aviário, e em azul os pontos sem diferença significativa com a umidade relativa média do alojamento.

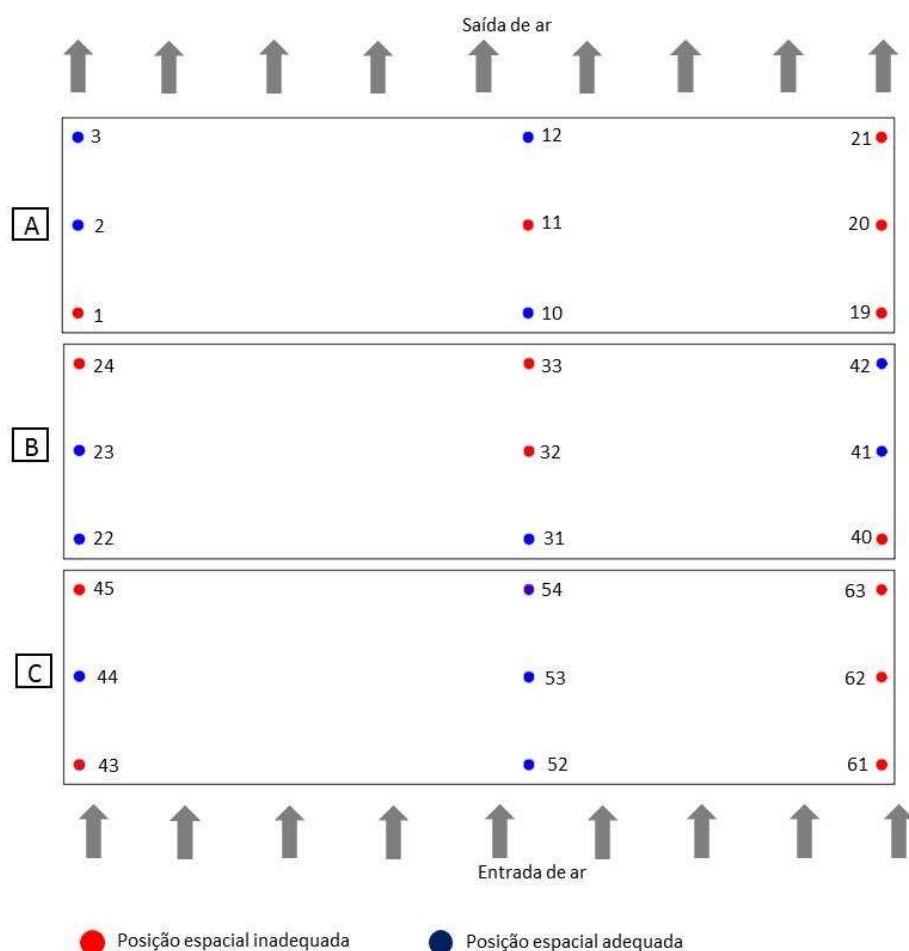


Figura 36. Posições espaciais para alocação de sensores de umidade relativa do ar no interior do aviário isolado termicamente, para acionamento dos sistemas de condicionamento térmico, durante todo período experimental, para o Lote 1, em que representam: (A) nível 1, (B) nível 2 e (C) nível 3.

Observa-se na Figura 36, que dos vinte e sete pontos analisados, somente treze representam as condições de umidade relativa do ar média de toda a instalação, para o período experimental referente ao Lote 1, portanto posições espaciais adequadas para alocação de sensores de umidade relativa para comando nos painéis controle.

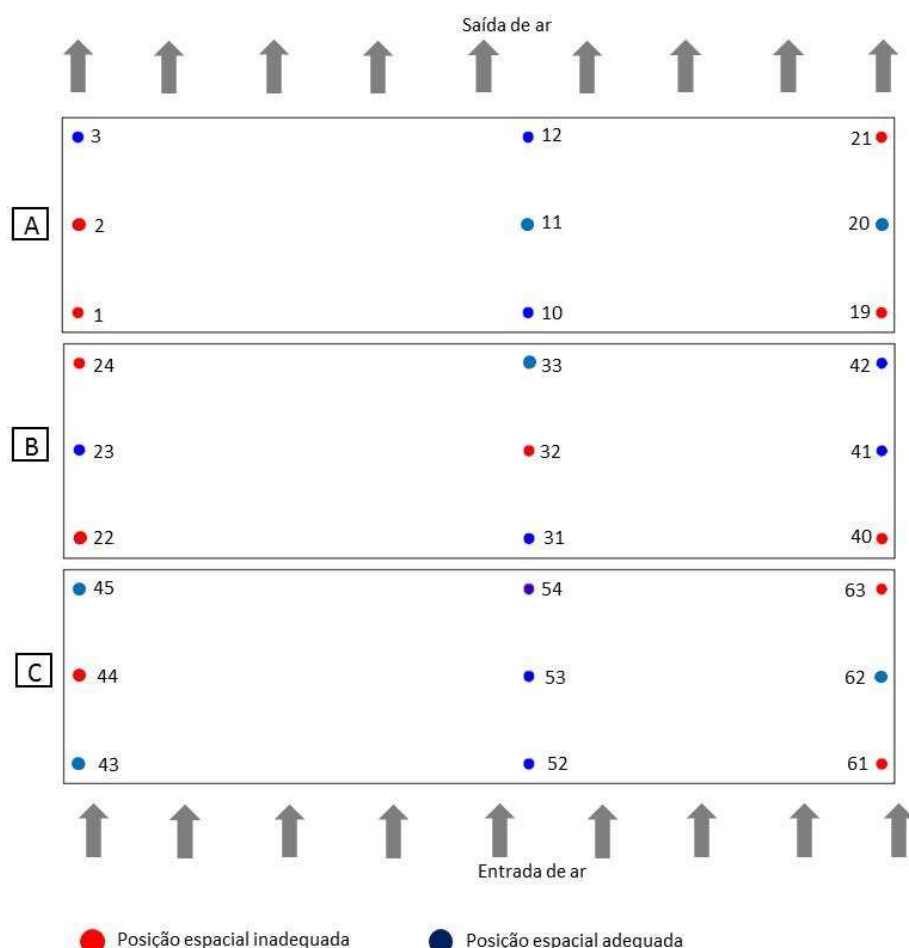


Figura 37. Posições espaciais para alocação de sensores de umidade relativa do ar no interior do aviário isolado termicamente, para acionamento dos sistemas de condicionamento térmico, durante todo período experimental, para o Lote 2, em que representam: (A) nível 1, (B) nível 2 e (C) nível 3.

Ao analisar a Figura 37, correspondente ao período de criação do Lote 2, nota-se onze pontos, dentre os vinte e sete, representativos das condições de umidade relativa de todo o interior do aviário.

Porém ao analisar os dois lotes juntos, que é o intuito principal, conforme realizado para temperatura do ar, diante das Figuras 34 e 37, verifica-se dezessete posições espaciais, no interior do alojamento, inadequadas para alocar os sensores de umidade relativa do ar. Dentre as dez posições espaciais possíveis para alocação dos sensores de umidade relativa, sugere-se as posições 10 e 12, que estão no nível 1, mais próximos das aves e da cama, e as posições 52, 53 e 54, próximas a entrada de ar.

Os sensores que servem de base para o acionamento ou desligamento dos sistemas de condicionamento dos aviários são essências no manejo das

atividades avícolas durante todo o ciclo de produção, e seu posicionamento correto dentro da instalação é fundamental para um manejo adequado. Por exemplo, um sensor de temperatura na posição inadequada pode fazer com que o sistema de ventilação artificial não seja acionado, levando ao aumento da temperatura interna e conseqüentemente estresse térmico as aves. Assim, com o sistema de nebulização acionado de forma equivocada, pode ocasionar o umedecimento da cama aviária, o que compromete a qualidade do ar e o desempenho dos animais.

Sabe-se que quando os animais são mantidos nas suas zonas de conforto evita-se o desperdício de energia, seja ela na forma de energia metabólica contida na ração fornecida para os animais e gasta para a manutenção da temperatura corporal, ou seja na forma de energia elétrica que é utilizada no funcionamento dos sistemas de climatização que são acionados indevidamente (PONCIANO et al., 2011).

Para Bueno e Rossi (2006) um dos efeitos das climatizações das instalações animais, para se evitar principalmente o estresse calórico, é o maior consumo de energia, visto que os sistemas de climatização, tais como ventiladores, exaustores e nebulizadores, passam a funcionar com maior intensidade, aumentando assim o consumo de energia. Ainda segundo os autores, esta energia utilizada na busca do conforto térmico animal tem extrema importância na quantificação de custos de produção, relativamente aos equipamentos que são utilizados e à sua relação benefício/custo, no que diz respeito ao consumo de energia.

Segundo Costantino et al. (2016) o controle do ambiente nas instalações animais representa 75,5% da energia elétrica total consumida e 96,3% da energia térmica. Cerca de 39,5% da energia elétrica é consumida pela ventilação e resfriamento, enquanto 26,9% é consumida pelo sistema de aquecimento elétrico. Em relação ao consumo de energia térmica, quase sua totalidade é destinada ao aquecimento.

4. Conclusão

A partir do desenvolvimento desta pesquisa e com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- A temperatura do ar, umidade relativa do ar e Índice Temperatura e Umidade apresentam variação térmica em diferentes posições espaciais;

- O sistema de aquecimento por piso radiante não foi capaz de assegurar uma uniformidade completa da temperatura do ar no interior do aviário;
- O isolamento térmico presente nos fechamentos laterais e cobertura manteve as condições térmicas do interior do aviário sem grandes oscilações;
- Durante todo período de criação as temperaturas médias do ar estiveram dentro da faixa ideal para as aves;
- A umidade relativa do ar permaneceu dentro dos limites recomendados somente durante a fase com aquecimento, e no período diurno da fase pós-aquecimento;
- Diante do Índice de Temperatura e Umidade conclui-se que as aves estavam em conforto térmico na fase de aquecimento, e em estresse térmico na fase pós aquecimento;
- O posicionamento espacial adequado para alocação dos sensores de temperatura é a 0,25 metros do piso, na faixa central do aviário. Os sensores de umidade relativa devem ser posicionados a 0,25 e 2,75 metros do piso, no centro do aviário, próximo as paredes laterais.

5. Referências bibliográficas

- ABREU, P.; ABREU, V.; BAÊTA, F. Metodologia de Dimensionamento de Sistemas de Aquecimento em Piso, em Função da Temperatura e Espessura de Cama, para Criação de Frangos de Corte. Revista Brasileira de Ciência Avícola, v. 2, n. 1, p. 19–25, 2000.
- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N. Caracterização dos principais sistemas de aquecimento para aves. Embrapa Suínos e Aves - Circular Técnica, p. 8, 2002.
- ALLISON, R. Don't overlook underfloor heating: coupling a ground source heat pump with underfloor heating could halve poultry heating costs, as Richard Allison found out. Poultry World, v. 164, n. 1, p. 17–18, 2010.
- AVIAGEN. Manejo del ambiente y en el galpón de pollo de engorde. Aviagen, 2009.
- AVIAGEN BRAND. Manual de Manejo Frangos 2014. Aviagen, 2014.

- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. *Ambiência em edificações rurais - Conforto Animal*. Viçosa, MG: UFV, 2010. 2 ed. 269p.
- BOZKIR, O.; CANBAZOĞLU, S. Unsteady thermal performance analysis of a room with serial and parallel duct radiant floor heating system using hot airflow. *Energy and Buildings*, v. 36, n. 6, p. 579–586, 2004.
- BRIDI, A. M. Instalações e ambiência em produção animal. In: *II Curso sobre a qualidade da carne suína*. Anais...Londrina: 2006. Disponível em: <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/InstalacoesAmbienciaeProducaoAnimal.pdf>
- BUENO, L.; ROSSI, L. A. Comparação entre tecnologias de climatização para criação de frangos quanto a energia, ambiência e produtividade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 2, p. 497–504, 2006.
- BUTCHER, G. D.; NILIPOUR, A. H. *Broiler management -The first 24 hours*. Gainesville: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, 2002. 4p.
- CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; SOUSA, F. A.; PONCIANO, P. F.; NAVARINI, F. C.; YANAGI JUNIOR, T. Eficiência de sistema de aquecimento auxiliar para aviários, com base nos índices de conforto térmico. *Bioscience Journal*, v. 29, n. June, p. 703–711, 2013.
- CÂNDIDO, M. G. L.; TINÔCO, I. F. F.; PINTO, F. A. C.; SANTOS, N. T.; ROBERTI, R. P. Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers. *Engenharia Agrícola*, v. 36, n. 5, p. 760–767, 2016.
- CARVALHO, T. M. R.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; BUENO, L. G. F.; LIMA, K. A. O. Use of geostatistics on broiler production for evaluation of different minimum ventilation systems during brooding phase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, n. 1, p. 194–202, 2012.
- CARVALHO, V. F.; YANAGI JUNIOR, T.; DAMASCENO, F. A.; MORAIS, S. R. P.; TINÔCO, I. F. F. Desenvolvimento de um software para predição do ambiente térmico e desempenho de frangos de corte em galpões climatizados. *Revista Brasileira de Agroinformática*, v. 9, p. 1–16, 2009.
- CASSUCE, D. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; VIEIRA, M. F. A. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up

- to 21 days of age. *Engenharia Agrícola*, v. 33, n. 1, p. 28–36, 2013.
- CHOI, H. C.; SALIM, H. M.; AKTER, N.; NA, J. C.; KANG, H. K.; KIM, M. J.; KIM, D. W.; BANG, H. T.; CHAE, H. S.; SUH, O. S. Effect of heating system using a geothermal heat pump on the production performance and housing environment of broiler chickens. *Poultry Science*, v. 91, n. 2, p. 275–281, 2012.
- CONCEIÇÃO, M. N.; ALVES, S. P.; TELATIN JUNIOR, A.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S.; SAVASTANO JUNIOR, H.; TONOLI, G. Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 5, p. 536–539, 2008.
- CONTO, L. A. Novos sistemas de aquecimento inicial de pintos de corte. Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2003. Anais...Campinas - SP: FACTA, 2003
- CONY, A. V.; ZOCCHÉ, A. T. Instalações e equipamentos. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. FACTA Campinas - SP. 2004.
- CORADI, P. C.; MARTINS, M. A.; COSTA, D. R.; VIGODERIS, R. B.; TINÔCO, I. F. F. Computational Fluid Dynamics (CFD) simulating heated air from wood burning inside a poultries barn. *Engenharia Agrícola*, v. 36, n. 5, p. 768–778, 2016.
- CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; SILVA, J. N.; VIGODERIS, R. B.; PINTO, F. A. C.; CECON, P. R. Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 1, p. 217–224, 2010.
- COSTANTINO, A.; FABRIZIO, E.; BIGLIA, A.; CORNALE, P.; BATTAGLINI, L. Energy Use for Climate Control of Animal Houses: The State of the Art in Europe. *Energy Procedia*, v. 101, n. September, p. 184–191, 2016.
- CURI, T. M. R. C.; VERCELLINO, R. A.; MASSARRI, J. M.; SOUZA, Z. M.; MOURA, D. J. Geoestatística para a avaliação do controle ambiental do sistema de ventilação em instalações comerciais para frangos de corte. *Engenharia Agrícola*, v. 34, n. 6, p. 1062–1074, dez. 2014.
- DALÓLIO, F. S.; ALBINO, L. F. T.; LIMA, H. J. D.; SILVA, J. N.; MOREIRA, J.

- Heat stress and vitamin E in diets for broilers as a mitigating measure. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 37, n. 4, p. 419, 2015a.
- DALÓLIO, F. S.; SILVA, J. N.; ALBINO, L. F. T.; MOREIRA, J.; MENDES, L. B. Air pollution and their mitigation measures in Brazilian poultry production. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, n. 50, p. 4522–4531, 2015b.
- FERREIRA, R. A. *Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos*. 2. ed. Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 2011.
- FUNCK, S. R.; FONSECA, R. A. Avaliação energética e de desempenho de frangos com aquecimento automático a gás e a lenha. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 1, p. 91–97, 2008.
- FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P. V. DE; TINÔCO, I. DE F. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de acondicionamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 3, p. 559–564, 2003.
- HERNANDEZ, R. O.; TINÔCO, I. F. F.; SARAZ, J. A. O.; MENDES, L. B.; ROCHA, K. S. O.; GARCIA, L. M. G. Thermal environment in two broiler barns during the first three weeks of age. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 3, p. 256–262, 2016.
- 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.
- LARA, L.; ROSTAGNO, M. Impact of heat stress on poultry production. *Animals*, v. 3, n. 2, p. 356–369, 24 abr. 2013.
- LEVA, F. F. DE; CAMACHO, J. R.; OLIVEIRA FILHO, D. Evaluation of the heating of broilers in shed by means of gas hoods and underfloor heating. *Engenharia Agrícola*, v. 33, n. 4, p. 844–856, 2013.
- LIMA, K. R. DE S.; ALVES, J. A. K.; ARAUJO, C. V.; MANNO, M. C.; JESUS, M. L. C.; FERNANDES, D. L.; TAVARES, F. Avaliação do ambiente térmico interno em galpões de frango com diferentes materiais de cobertura na mesorregião metropolitana de Belém. *Revista Ciências Agrárias*, n. 51, p. 37–50, 2009.

- LIN, H.; JIAO, H. C.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poultry Science Journal*, v. 62, n. 1, p. 71–86, 2006.
- MACARI, M.; FURLAN, R.; MAIORKA, A. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. In: *Produção de frangos de corte*. Campinas - SP. 2004.
- MANNING, L.; CHADD, S. A.; BAINES, R. N. Key health and welfare indicators for broiler production. *World's Poultry Science Journal*, v. 63, n. 1, p. 46–62, 2007.
- MEDEIROS, C. M. Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Engenharia na Agricultura*, v. 13, p. 277–286, 2005.
- MIRAGLIOTTA, M. Y.; NAAS, I. A.; MANZIONE, R. L.; NASCIMENTO, F. F. Spatial analysis of stress conditions inside broiler house under tunnel ventilation. *Scientia Agricola*, v. 63, n. 5, p. 426–432, 2006.
- MOSTAFA, E.; LEE, I. B.; SONG, S. H.; KWON, K. S.; SEO, I. H.; HONG, S. W.; HWANG, H. S.; BITOG, J. P.; HAN, H. T. Computational fluid dynamics simulation of air temperature distribution inside broiler building fitted with duct ventilation system. *Biosystems Engineering*, v. 112, n. 4, p. 293–303, 2012.
- OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M. V.; CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 3, p. 797–803, 2006.
- PADILHA, J. A. S.; TOLEDO FILHO, R.; LIMA, P. R.; JOSEPH, K.; LEAL, A. F. Argamassa leve reforçada com polpa de sisal: compósito de baixa condutividade térmica para uso em edificações rurais. *Engenharia Agrícola*, v. 21, n. 1, p. 1–11, 2001.
- PAULA, M. O.; SA, L. V.; CARVALHO, S. O.; TINÔCO, I. F. F. Análise do conforto

- térmico e do desempenho animal em galpão para frango de corte na fase inicial de vida. *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 18, p. 236–250, 2014a.
- PAULA, M. O.; TINÔCO, I. F. F.; SARAZ, J. A. O.; VIEIRA, D. F. D. Thermal insulation of poultry houses and its effects on the quality of indoor air, energy consumption and productive performance of broiler chicken. *American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2014*, ASABE 2014, v. 5, p. 3733–3748, 2014b.
- PAULI, D. G.; SILVA, J. N.; VIGODERIS, R. B.; TINÔCO, I. F. F.; IORIO, V. O.; GALVARRO, S. F. S. Desenvolvimento de um software para o dimensionamento de sistemas de ventilação e resfriamento evaporativo em instalações avícolas climatizadas. *Engenharia na Agricultura*, v. 16, n. 2, p. 167–179, 2008.
- PONCIANO, P. F.; LOPES, M. A.; YANAGI JUNIOR, T.; FERRAZ, G. A. S. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica Fuzzy: Uma revisão. *Archivos de Zootecnia*, v. 60, p. 1–13, 2011.
- SANTOS, P. A.; BAÊTA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F.T.; CECON, P. R. Avaliação dos sistemas de aquecimento a gás e a lenha para frangos de corte. *Revista Ceres*, v. 56, n. 2, p. 9–17, 2009.
- SARAZ, J. A. O.; TINÔCO, I. F. F.; ROCHA, K. S. O.; MARTINS, M. A.; DAMASCENO, F. A. Validation of a CFD model for prediction of the efficiency of evaporative cooling in porous panels. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, v. 15, n. 1, p. 209–217, 2012.
- SARMENTO, L. G. V.; DANTAS, R. T. D.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, J. H. V. Efeito da pintura externa do telhado sobre o ambiente climático e o desempenho de frangos de corte. *Revista Agropecuária Técnica*, v. 26, n. 2, p. 152–159, 2005.
- SCAHAW, S. C. A. H. A. W. The Welfare of chickens kept for meat production (broilers). *European Union Commission*, 2000.
- SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T.; FERRAZ, P. F. P.; CAMPOS, A. T.; SILVA, G. R.; ABREU, L. H. P. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. *Engenharia Agrícola*, v. 35, n. 3, p. 390–396, 2015.

- SILVA, E. G.; SANTOS, A. C.; FERREIRA, C. L. S.; SOUSA, J. P. L.; ROCHA, J. M. L.; SILVEIRA JUNIOR, O. Variabilidade espacial das características ambientais e peso de frangos de corte em galpão de ventilação negativa. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 14, n. 1, p. 132–141, 2013.
- SILVA, E. T.; LEITE, D. G.; YURI, F. M.; NERY, F. S. G.; REGO, J. C. C.; ZANATTA, R. A.; SANTOS, S. A.; MOURA, V. V. Determinação do índice de temperatura e umidade (ITU) para produção de aves na mesorregião metropolitana de Curitiba - PR. *Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais*, v. 2, p. 47–60, 2004.
- SMITH, S.; MEADE, J.; GIBBONS, J.; MCGILL, K.; BOLTON, D.; WHYTE, P. Impact of direct and indirect heating systems in broiler units on environmental conditions and flock performance. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 15, n. 11, p. 2588–2595, 2016.
- SPELLER, D. Underfloor heating brings all-round broiler benefits. *Poultry World*, v. 164, n. 10, p.35, 2010.
- TEIXEIRA, E. N. M.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; MARTINS, T. D. D.; GIVISIEZ, P. E. N.; FURTADO, D. A. Efeito do tempo de jejum pós-eclosão, valores energéticos e inclusão do ovo desidratado em dietas pré-iniciais e iniciais de pintos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 2, p. 314–322, 2009.
- THOM, E. C. The Discomfort Index. *Weatherwise*, v. 12, n. 2, p. 57–61, abr. 1959.
- TINÔCO, I. DE 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. 01–26, 2001.
- 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. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- VIGODERIS, R. B.; TINÔCO, I. F. F.; PANDORFI, H.; CORDEIRO, M. B.; SOUZA JUNIOR, J. P.; GUIMARÃES, M. C. C. Effect of heating systems in litter quality in broiler facilities in winter conditions. *DYNA*, v. 81, n. 185, p. 36, 2014.

ZANATTA, F. L.; SILVA, J. N.; TINÔCO, I. F. F.; OLIVEIRA FILHO, D.; MARTIN, S. Avaliação do conforto térmico em aviário aquecido com gaseificador de biomassa. Revista Engenharia na Agricultura - REVENG, v. 16, n. 3, p. 270–284, 2008.

Considerações finais

Diante do exposto na presente pesquisa, o monitoramento, em tempo real, das condições térmicas internas dos aviários com fechamento total em alvenaria, sem a presença de isolamento térmico nas condições do Brasil, e com isolamento térmico de paredes e cobertura nas condições de Portugal, permitiu a análise do ambiente térmico, evidenciando uma variabilidade térmica no interior das instalações. Essa variabilidade térmica foi menos acentuada na instalação localizada em Portugal, em função do isolamento térmico, e do sistema de aquecimento e ventilação utilizados. O ambiente térmico proporcionou desconforto as aves alojadas em ambas instalações, para algumas situações e regiões do aviário, desconforto este mais presente na instalação sem isolamento térmico nos fechamentos laterais e coberturas, localizada no Brasil. Com relação a qualidade do ar avaliada na instalação brasileira, essa se mostrou inadequada para as aves alojadas, com base nos níveis de amônia. Foi possível também, com base no estudo realizado, determinar as melhores regiões internas dos aviários para alocação de sensores térmicos essenciais no acionamento e comando dos sistemas de acondicionamento térmico e climatização do ambiente.

Apêndice A

1. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade - Lote 1

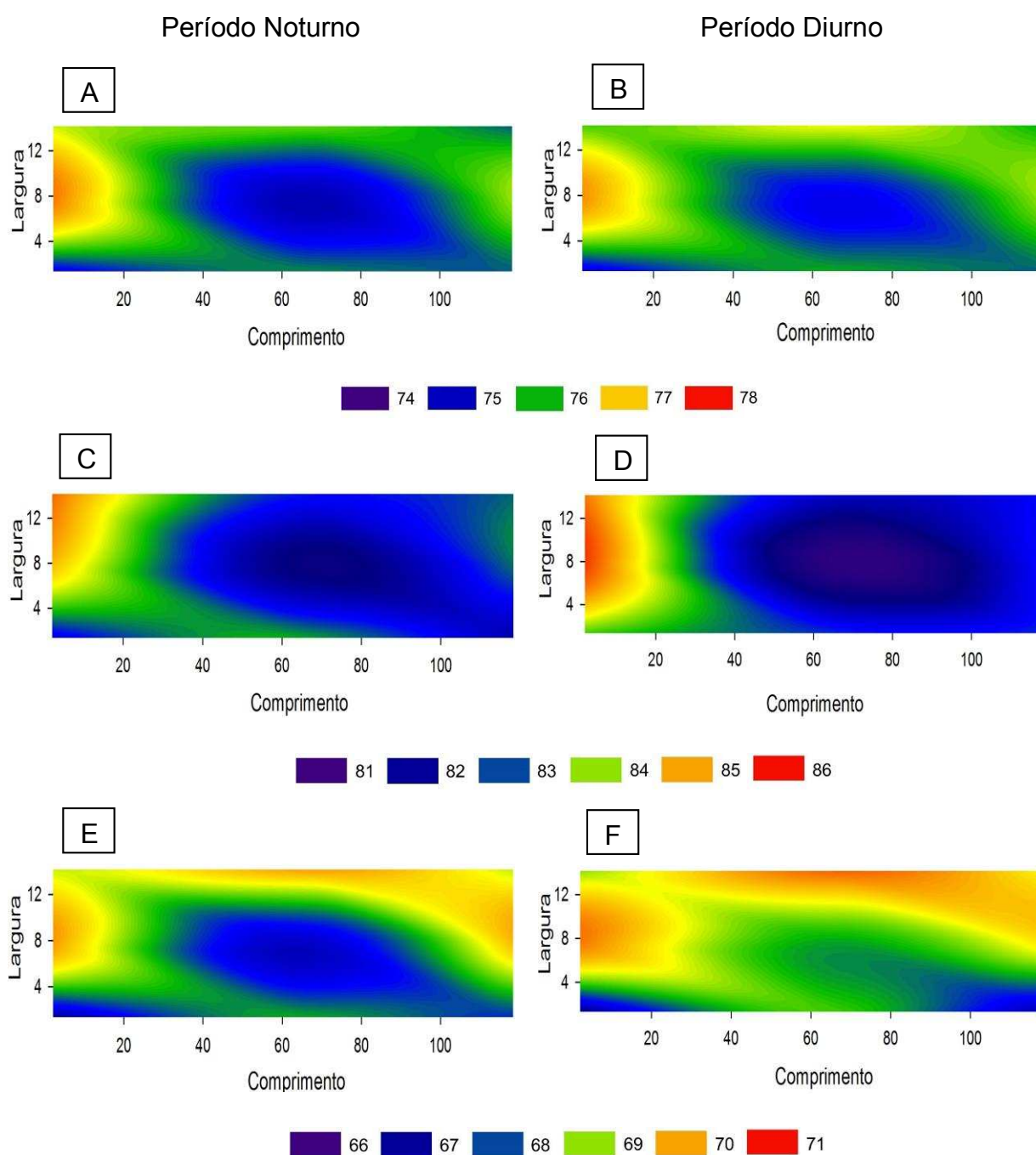


Figura 1. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, para o Lote 1, nível 2 e fase com aquecimento, em que representam: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínimo noturno e (F) ITU mínimo diurno.

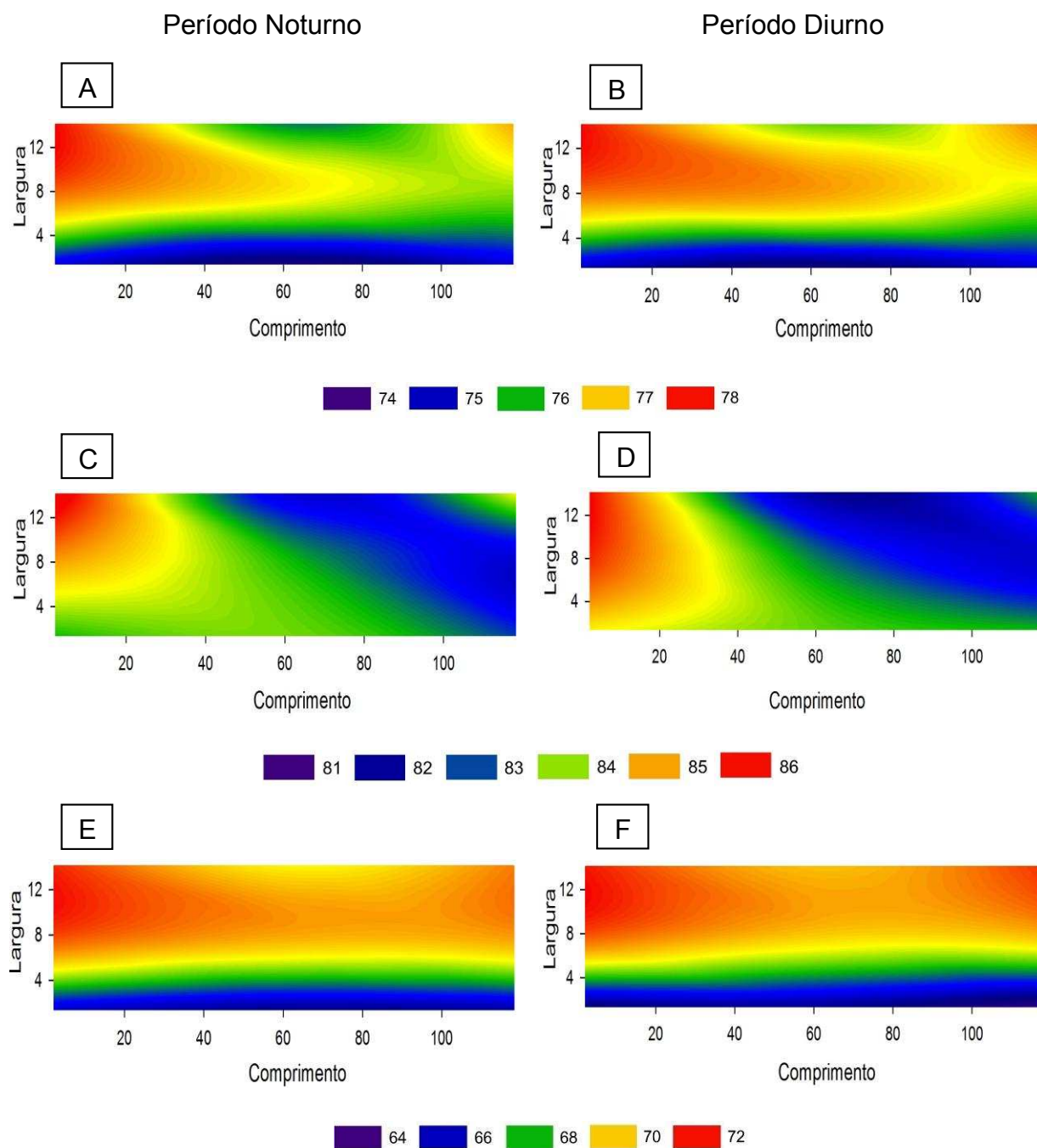


Figura 2. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, para o Lote 1, nível 3 e fase com aquecimento, em que representam: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínimo noturno e (F) ITU mínimo diurno.

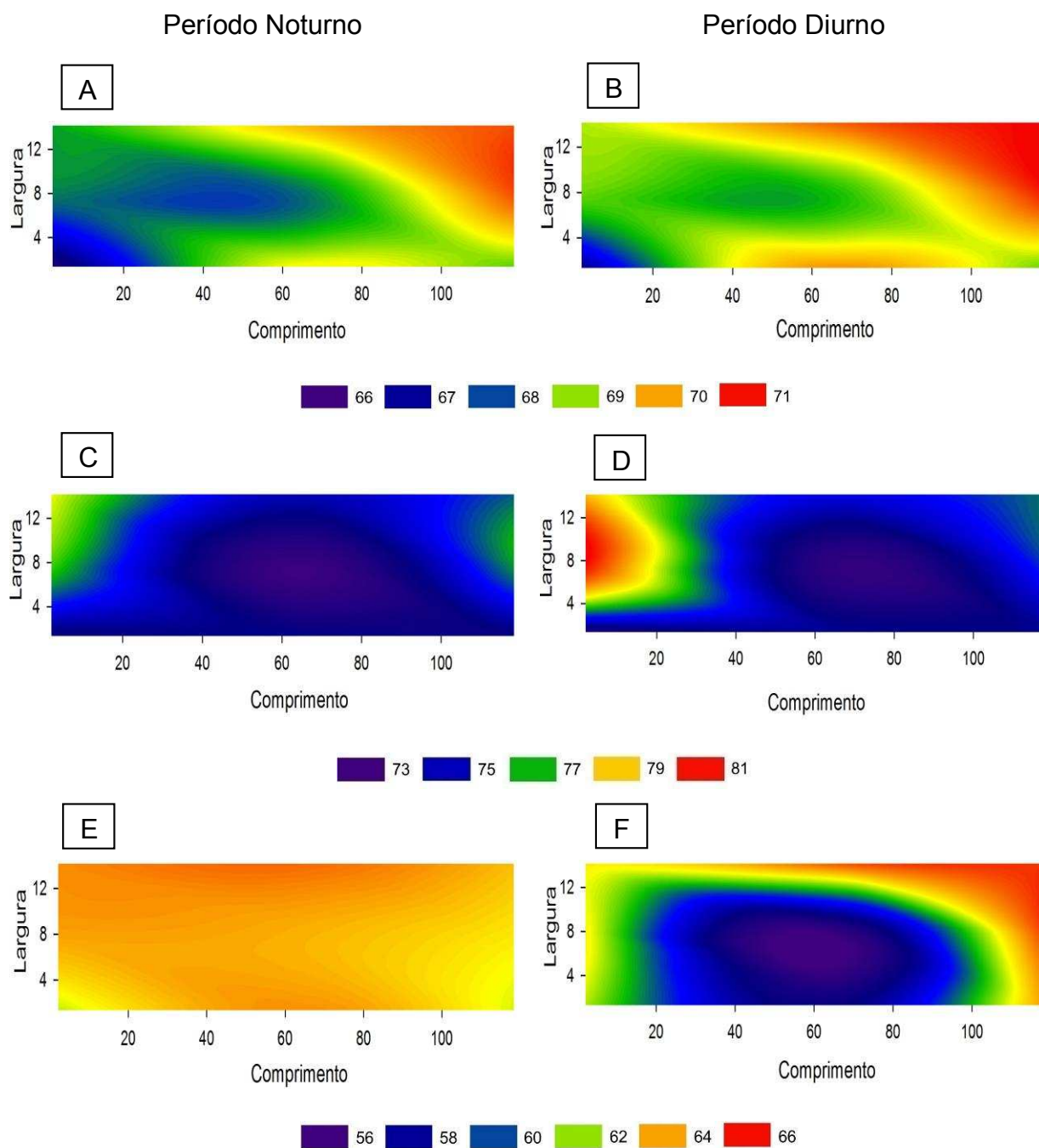


Figura 3. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, nível 2, Lote 1, fase pós aquecimento, em que: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínimo noturno e (F) ITU mínimo diurno.

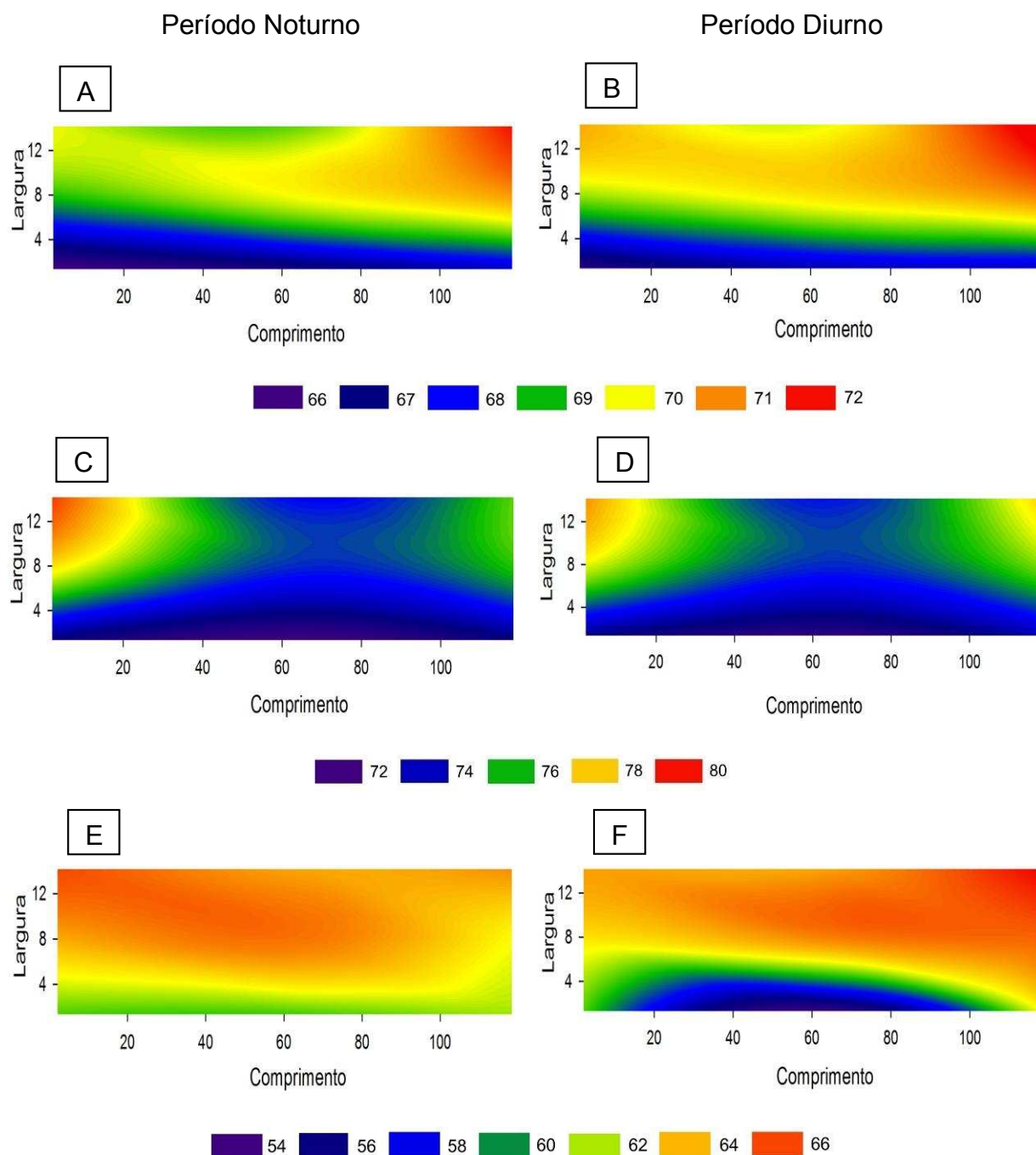


Figura 4. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, nível 3, Lote 1, fase pós aquecimento, em que: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínimo noturno e (F) ITU mínimo diurno.

2. Mapas de distribuição da temperatura do ar – Lote 2

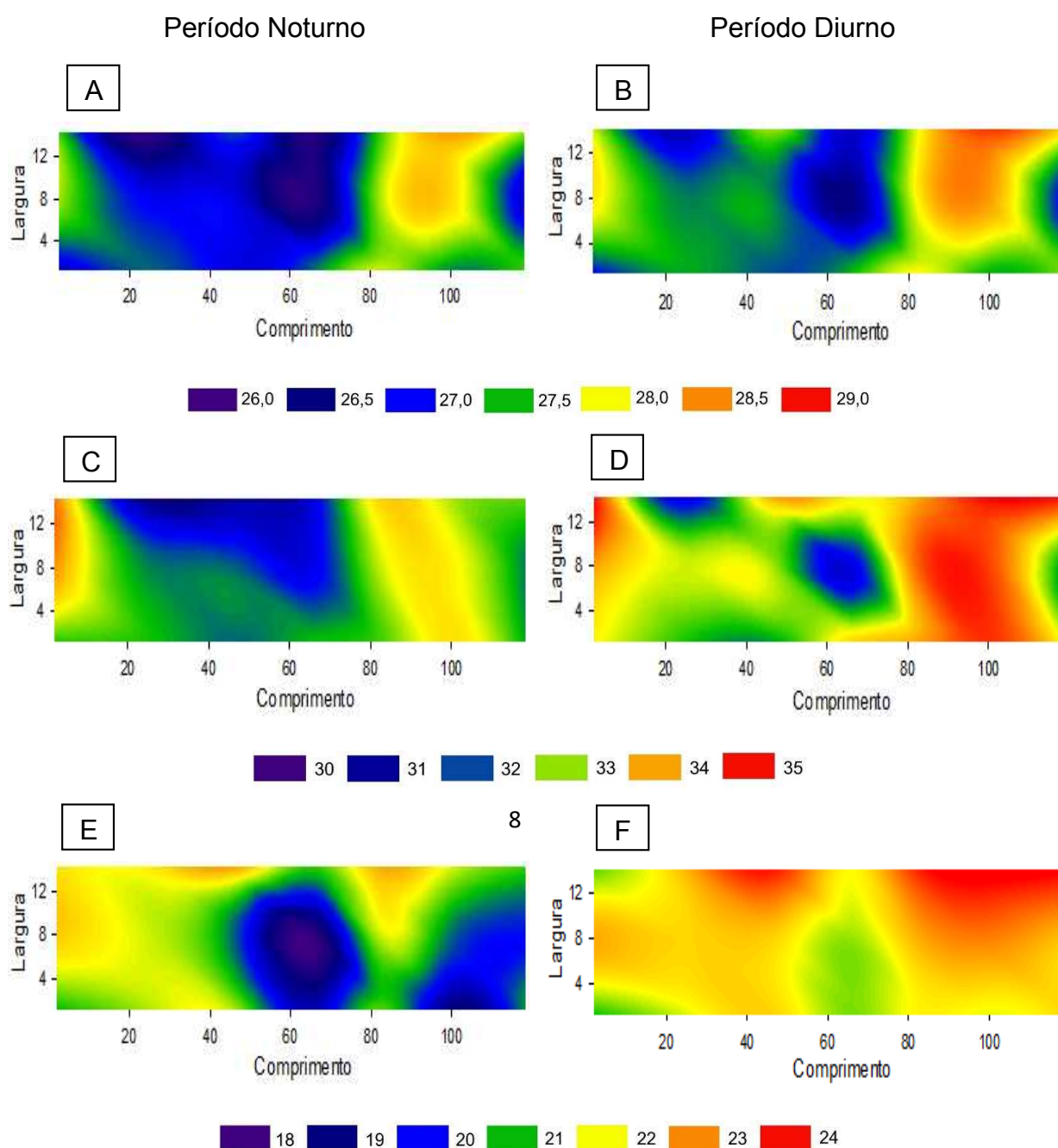


Figura 5. Mapas de distribuição da temperatura do ar (°C) do aviário, Lote 2, nível 1, fase com aquecimento, em que representam: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

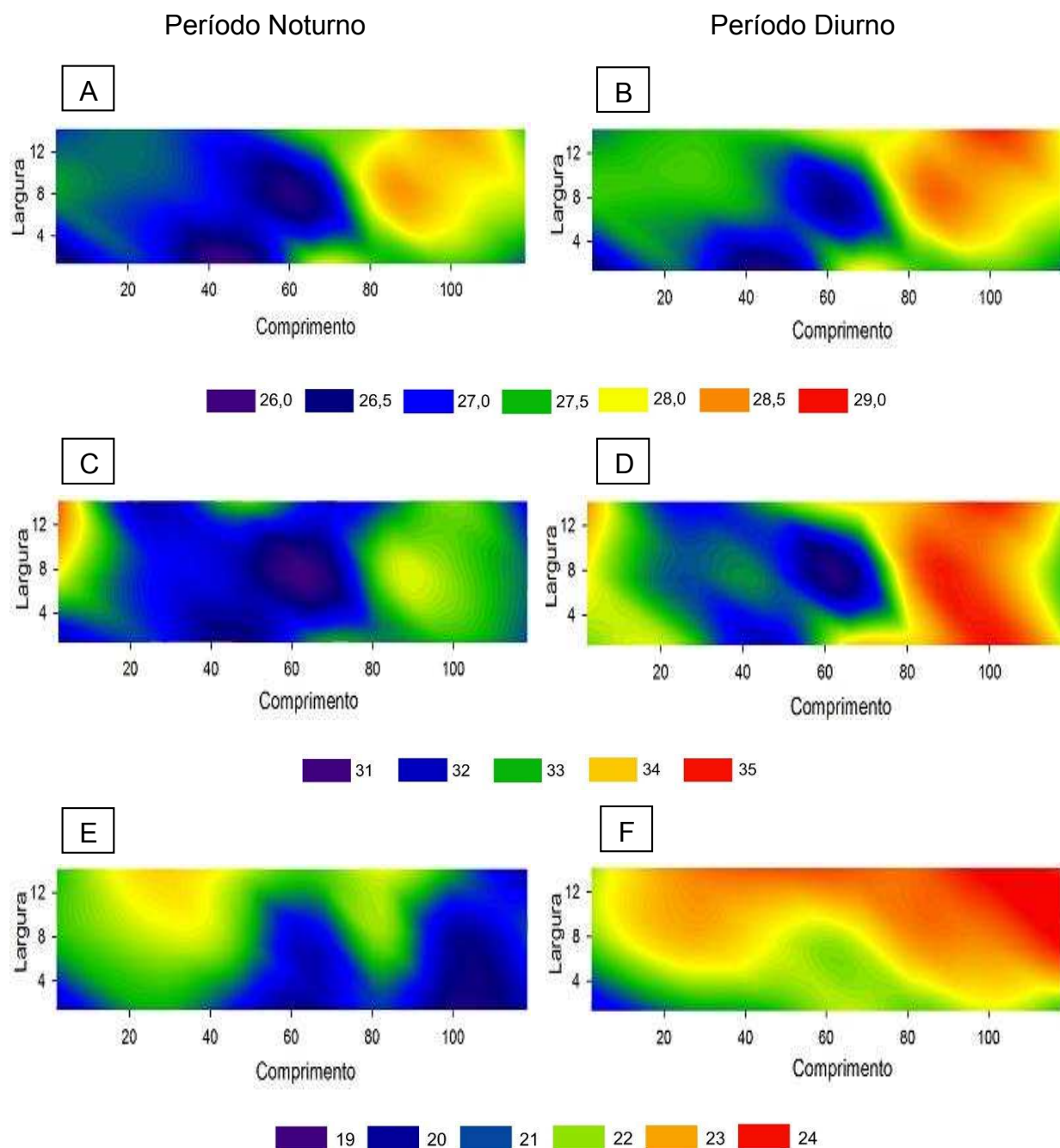


Figura 6. Mapas de distribuição da temperatura do ar (°C) do aviário, Lote 2, nível 2, fase com aquecimento, em que representam: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

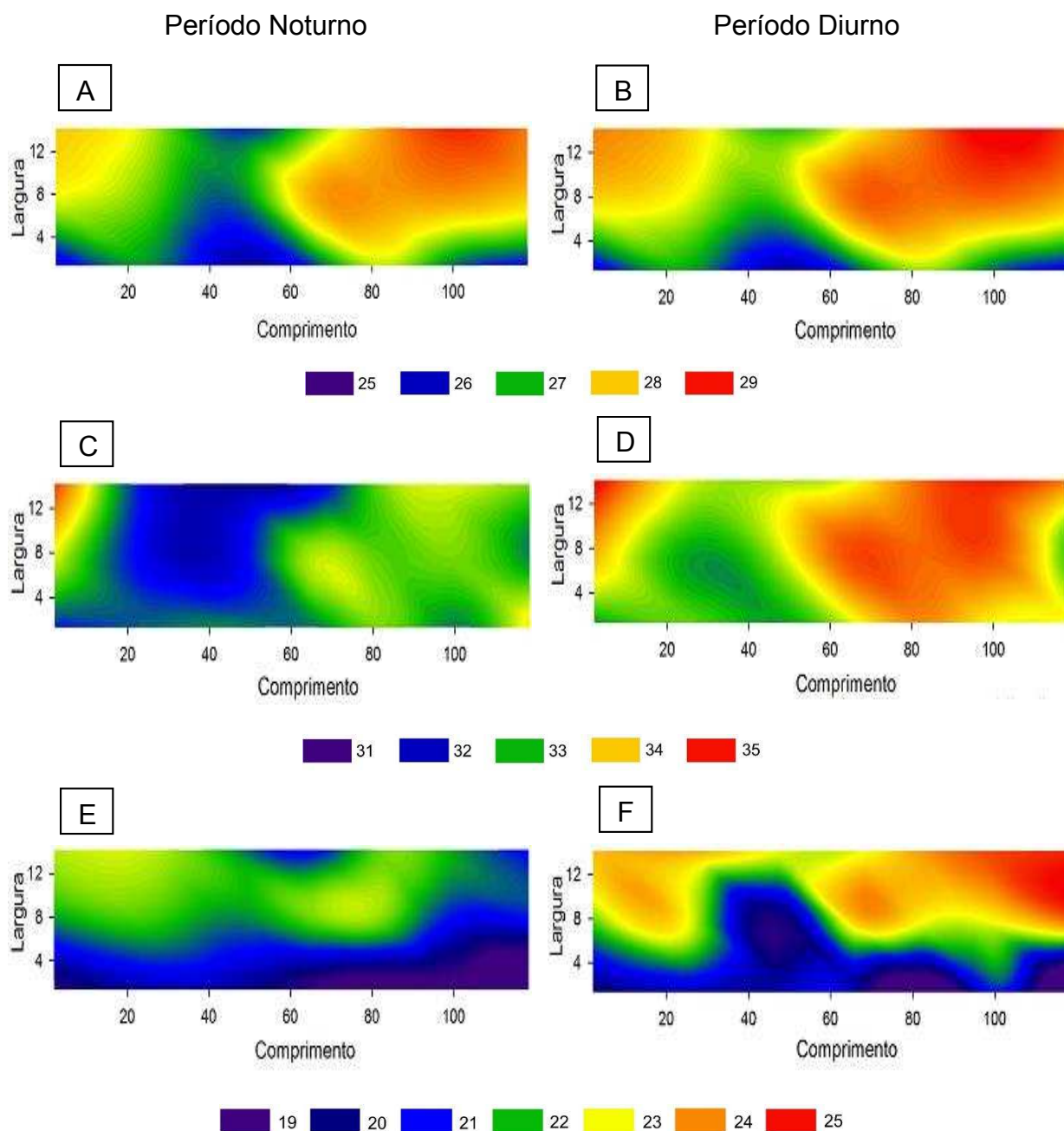


Figura 7. Mapas de distribuição da temperatura do ar (°C) do aviário, Lote 2, nível 3, fase com aquecimento, em que representam: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

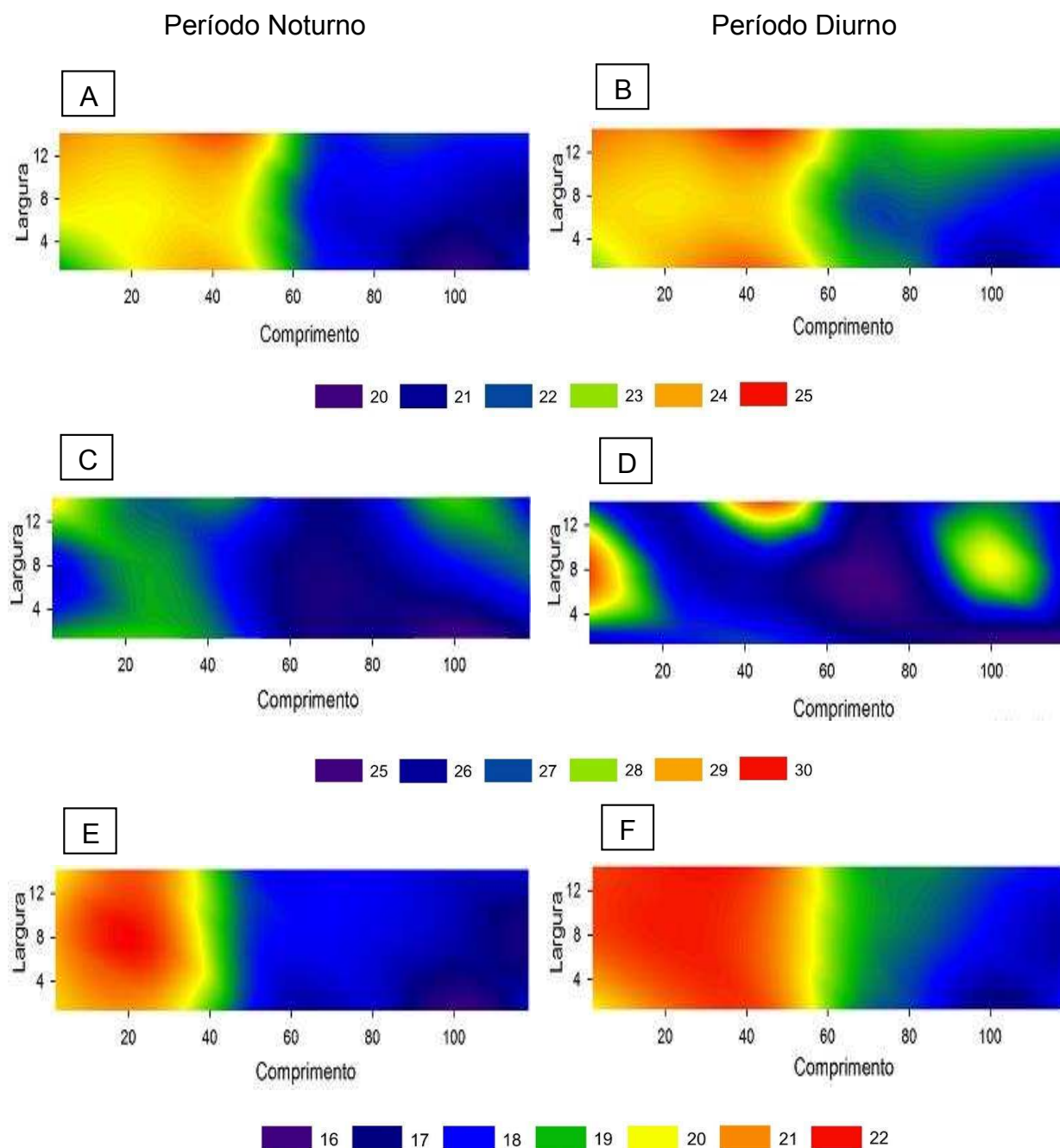


Figura 8. Mapas de distribuição da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) do aviário, Lote 2, nível 1, fase pós aquecimento, em que representam: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

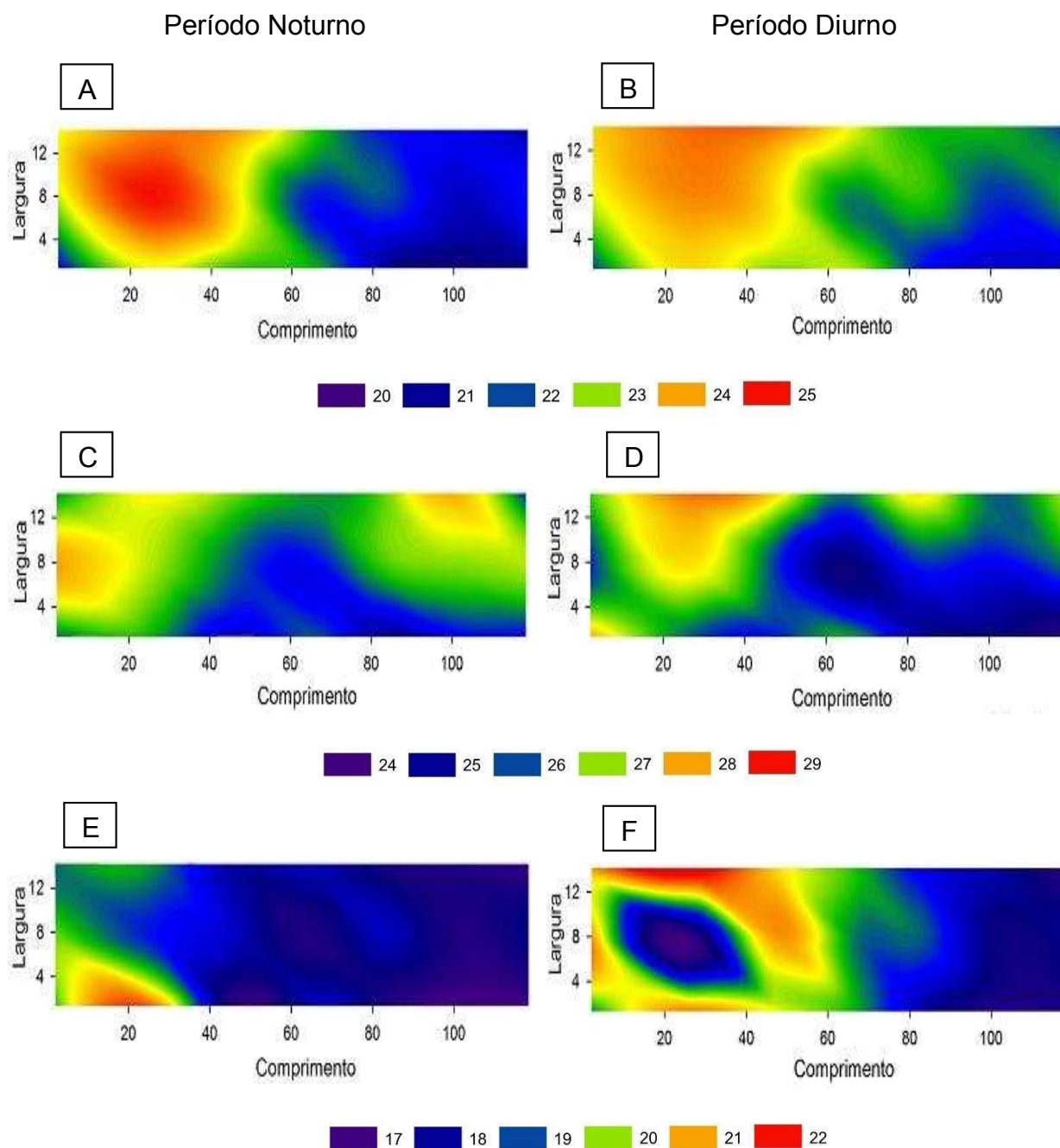


Figura 9. Mapas de distribuição da temperatura do ar (°C) do aviário, Lote 2, nível 2, fase pós aquecimento, em que representam: (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

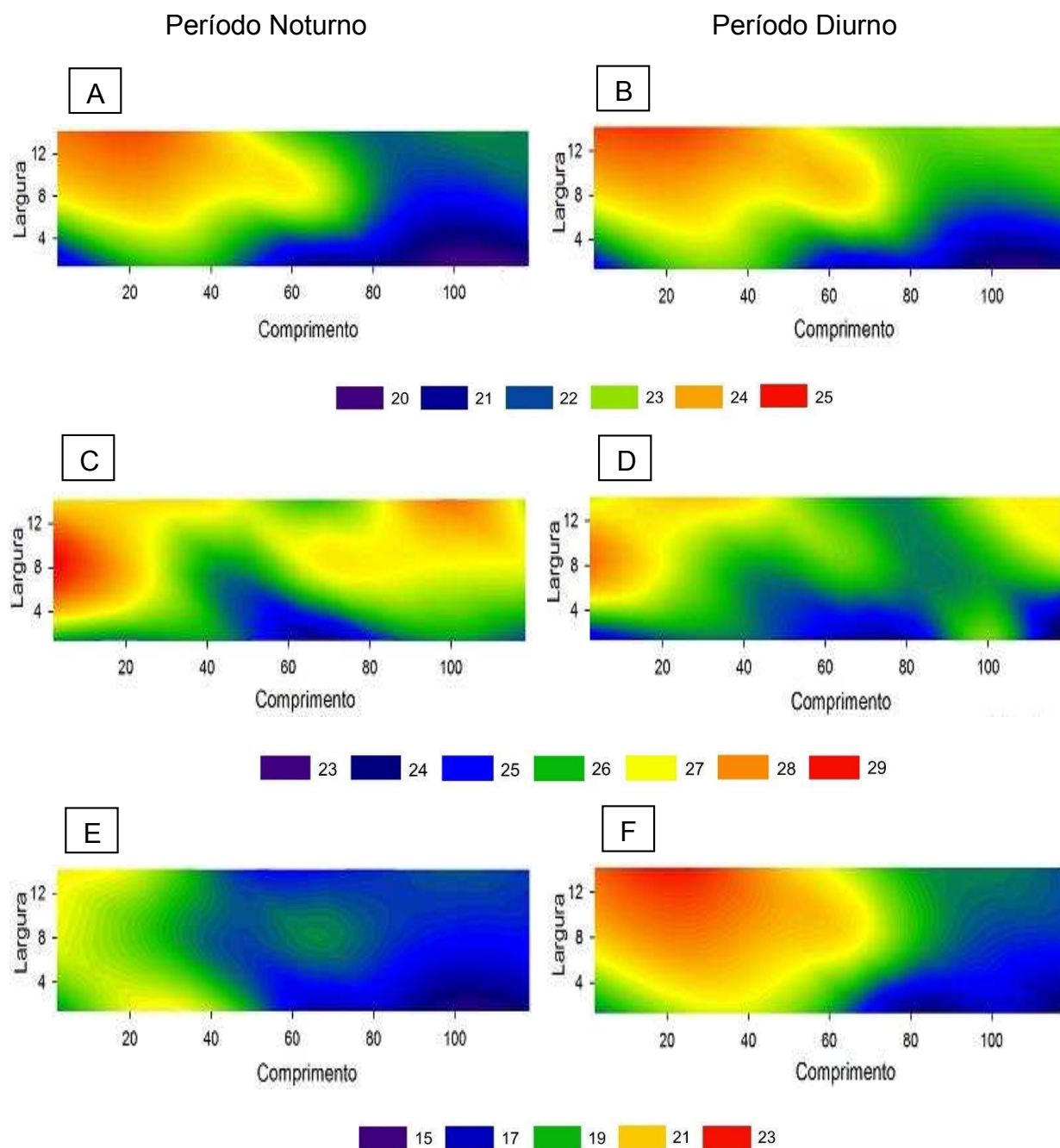


Figura 10. Mapas de distribuição da temperatura do ar (°C) do aviário, Lote 2, nível 3, fase pós aquecimento, em que representam (A) temperatura média noturna, (B) temperatura média diurna, (C) temperatura máxima noturna, (D) temperatura máxima diurna, (E) temperatura mínima noturna e (F) temperatura mínima diurna.

3. Mapas de distribuição da umidade relativa do ar – Lote 2

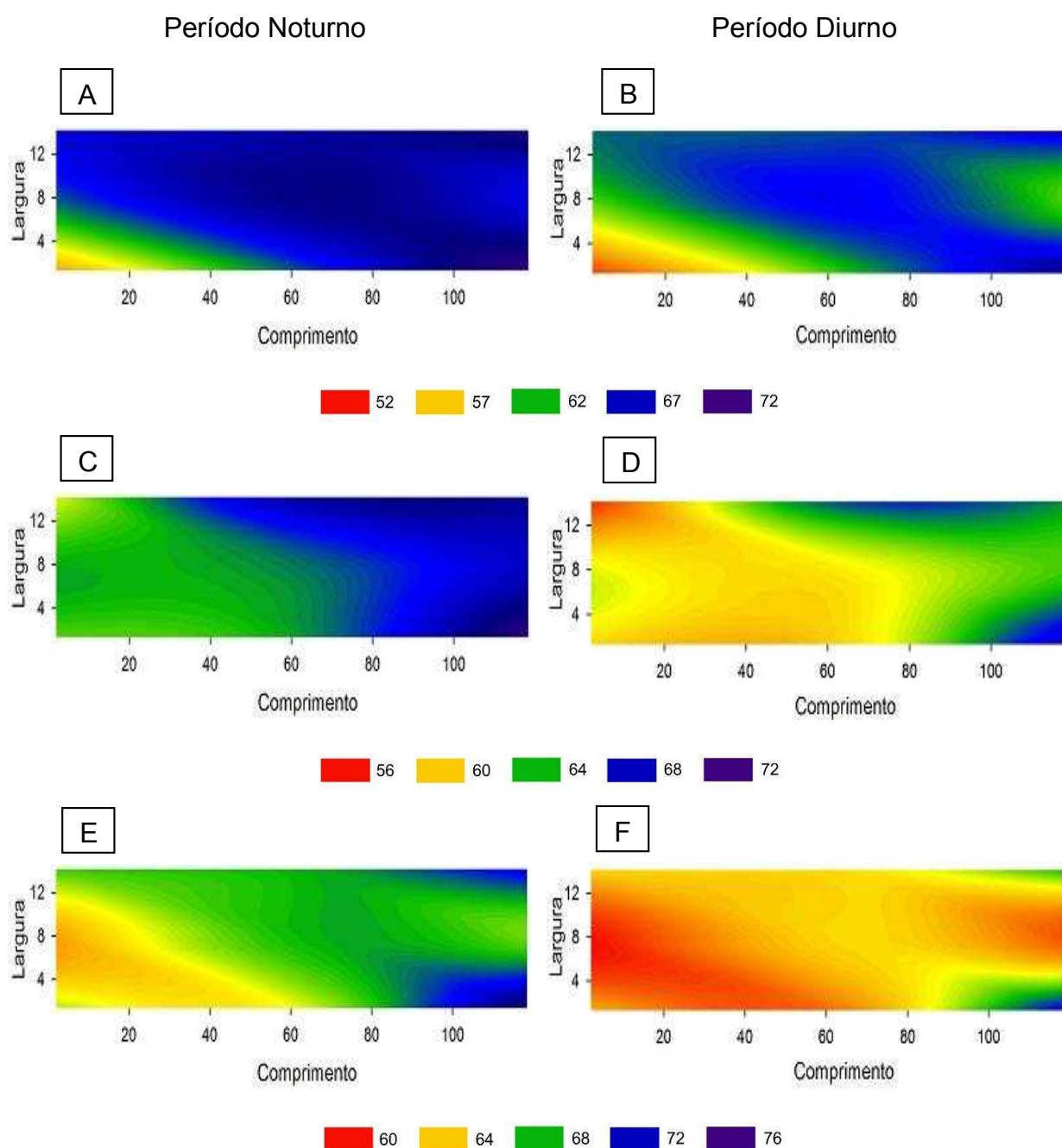


Figura 11. Mapas de distribuição da umidade relativa do ar (%) do aviário, Lote 2, fase com aquecimento, em que representam: (A) umidade média noturna nível 1, (B) umidade média diurna nível 1, (C) umidade média noturna nível 2, (D) umidade média diurna nível 2, (E) umidade média noturna nível 3 e (F) umidade média diurna nível 3.

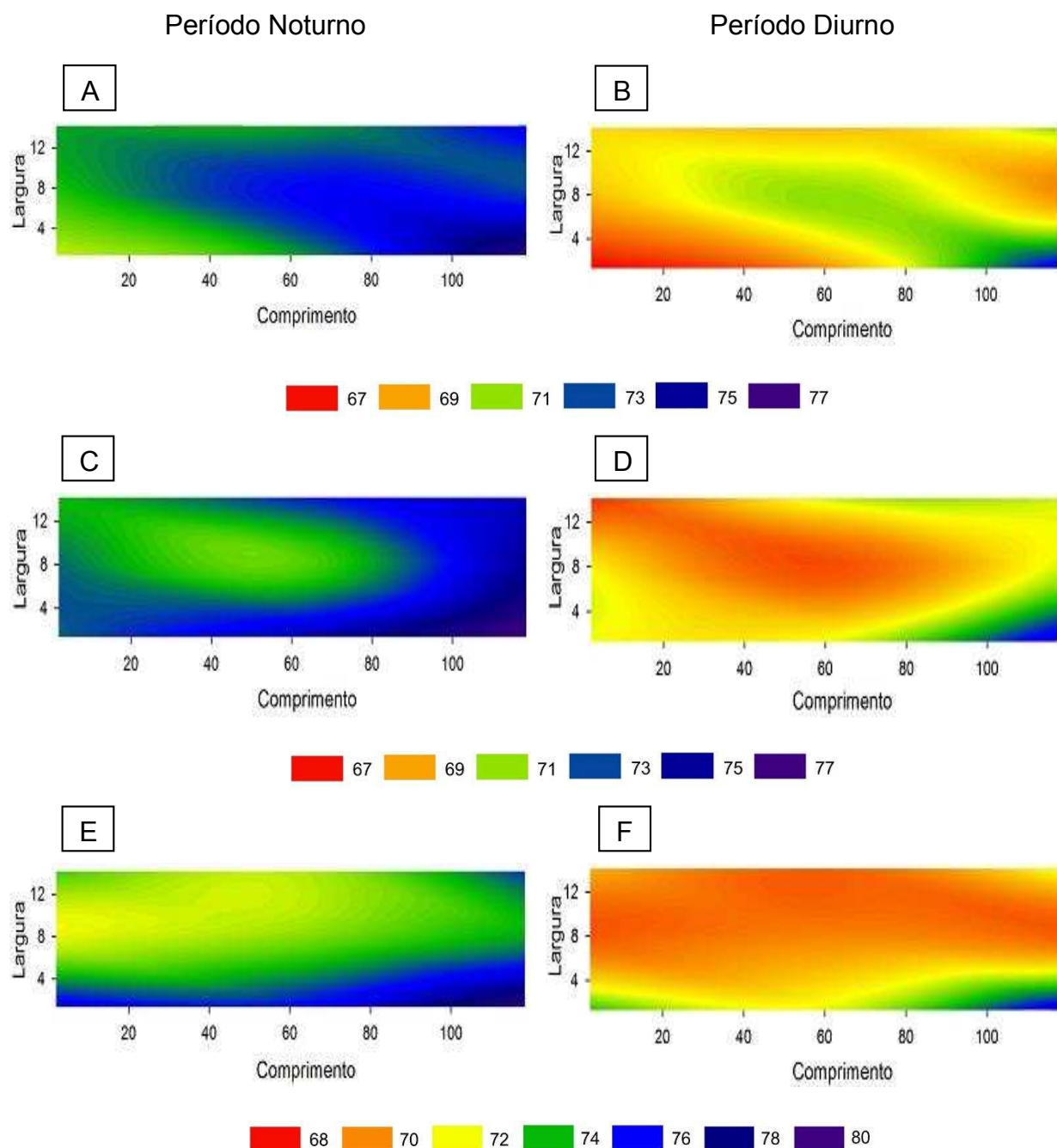


Figura 12. Mapas de distribuição da umidade relativa do ar (%) do aviário, Lote 2, fase pós aquecimento, em que representam: (A) umidade média noturna nível 1, (B) umidade média diurna nível 1, (C) umidade média noturna nível 2, (D) umidade média diurna nível 2, (E) umidade média noturna nível 3 e (F) umidade média diurna nível 3.

4. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade – Lote 2

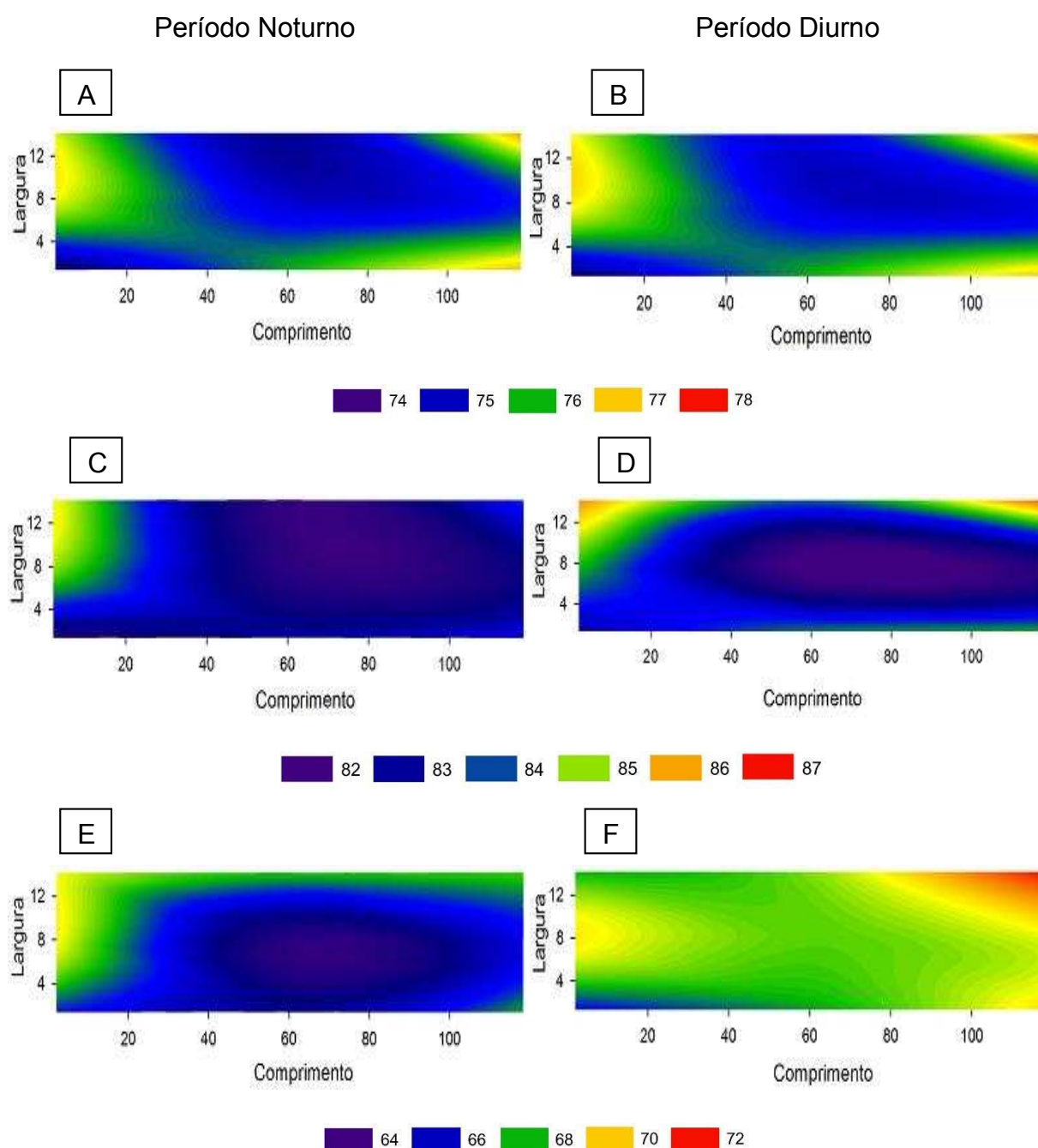


Figura 13. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, Lote 2, nível 1, fase com aquecimento, em que representam: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínima noturno e (F) ITU mínima diurno.

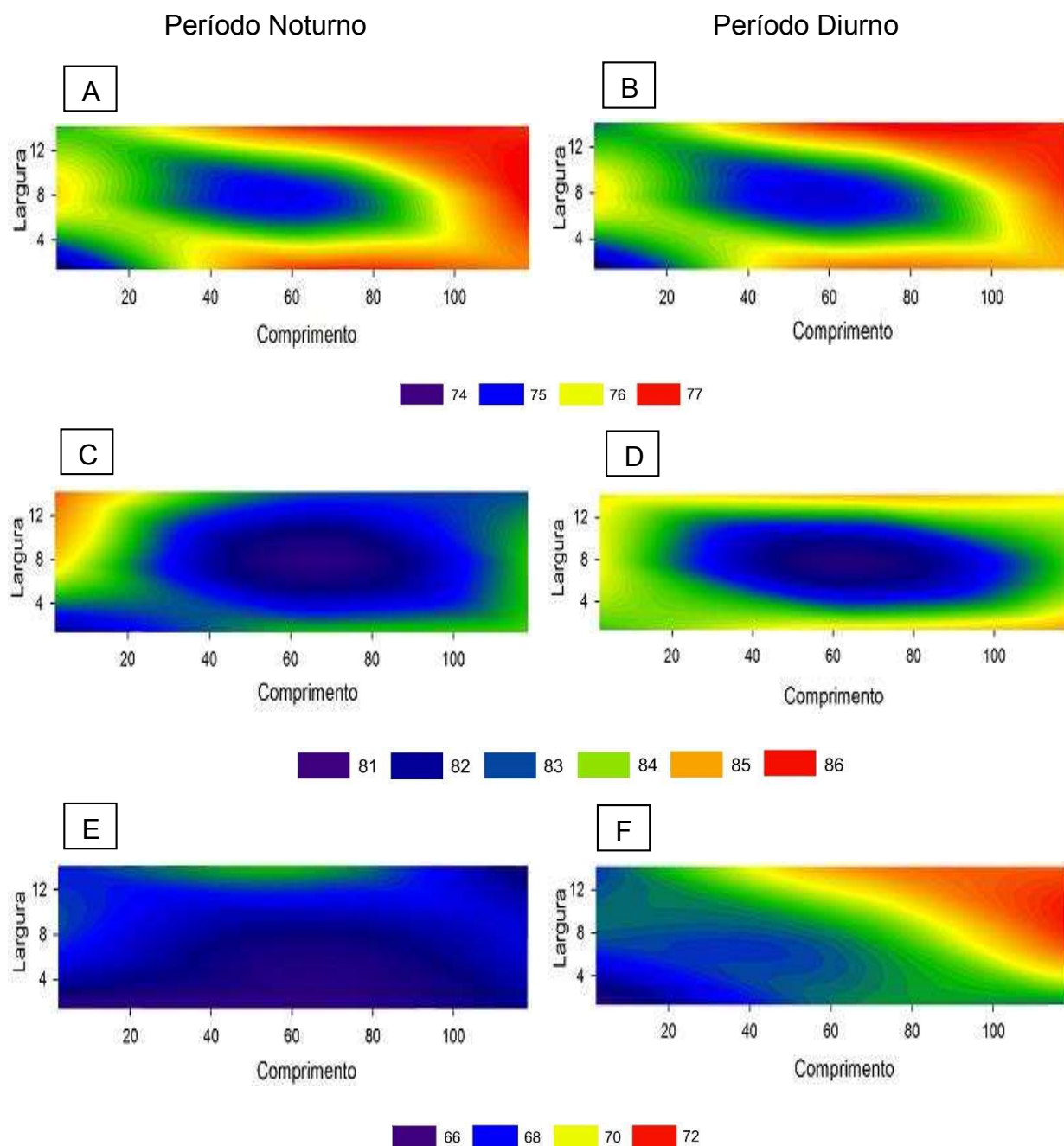


Figura 14. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, Lote 2, nível 2, fase com aquecimento, em que representam: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínima noturno e (F) ITU mínima diurno.

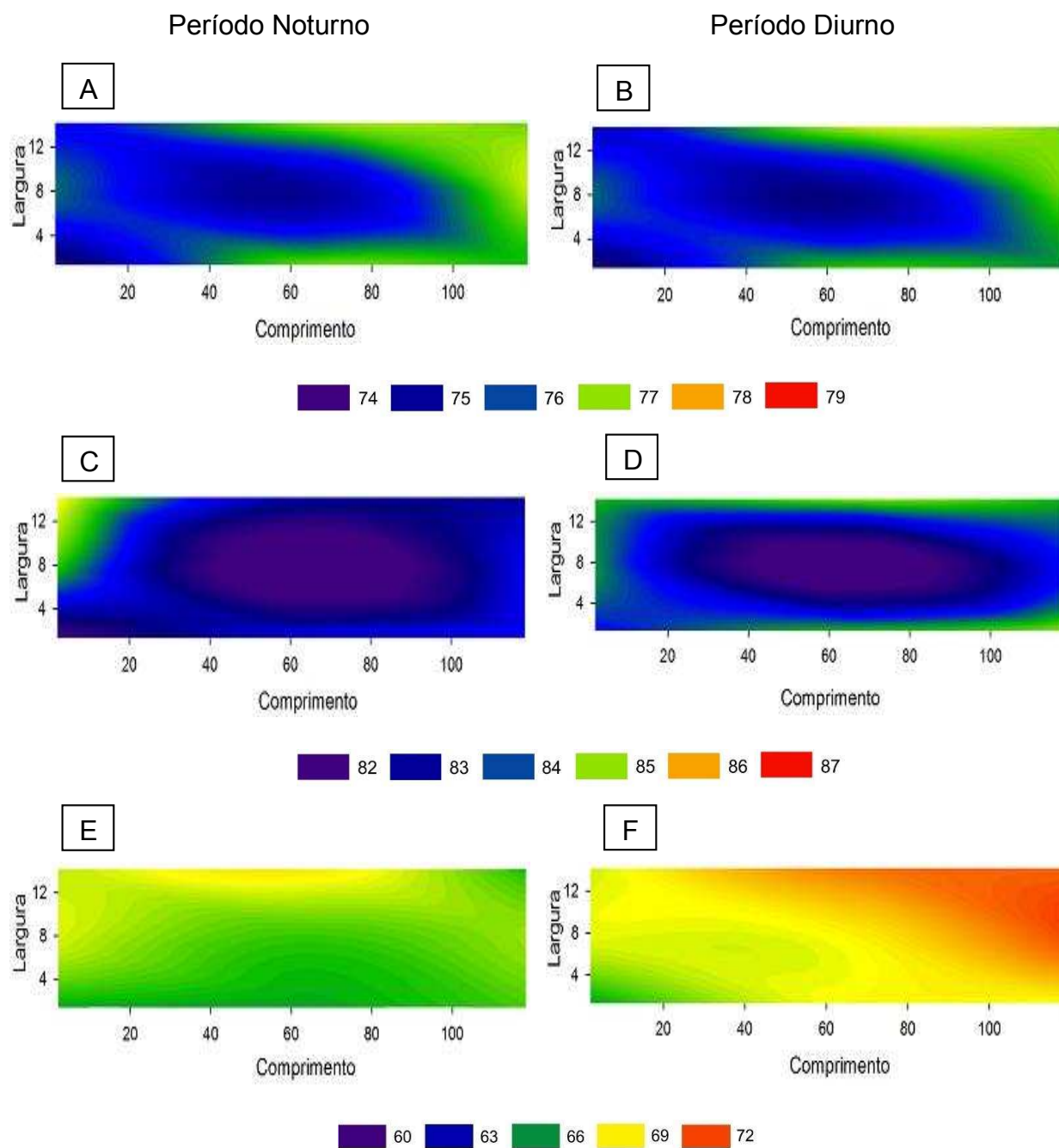


Figura 15. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, Lote 2, nível 3, fase com aquecimento, em que representam: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínima noturno e (F) ITU mínima diurno.

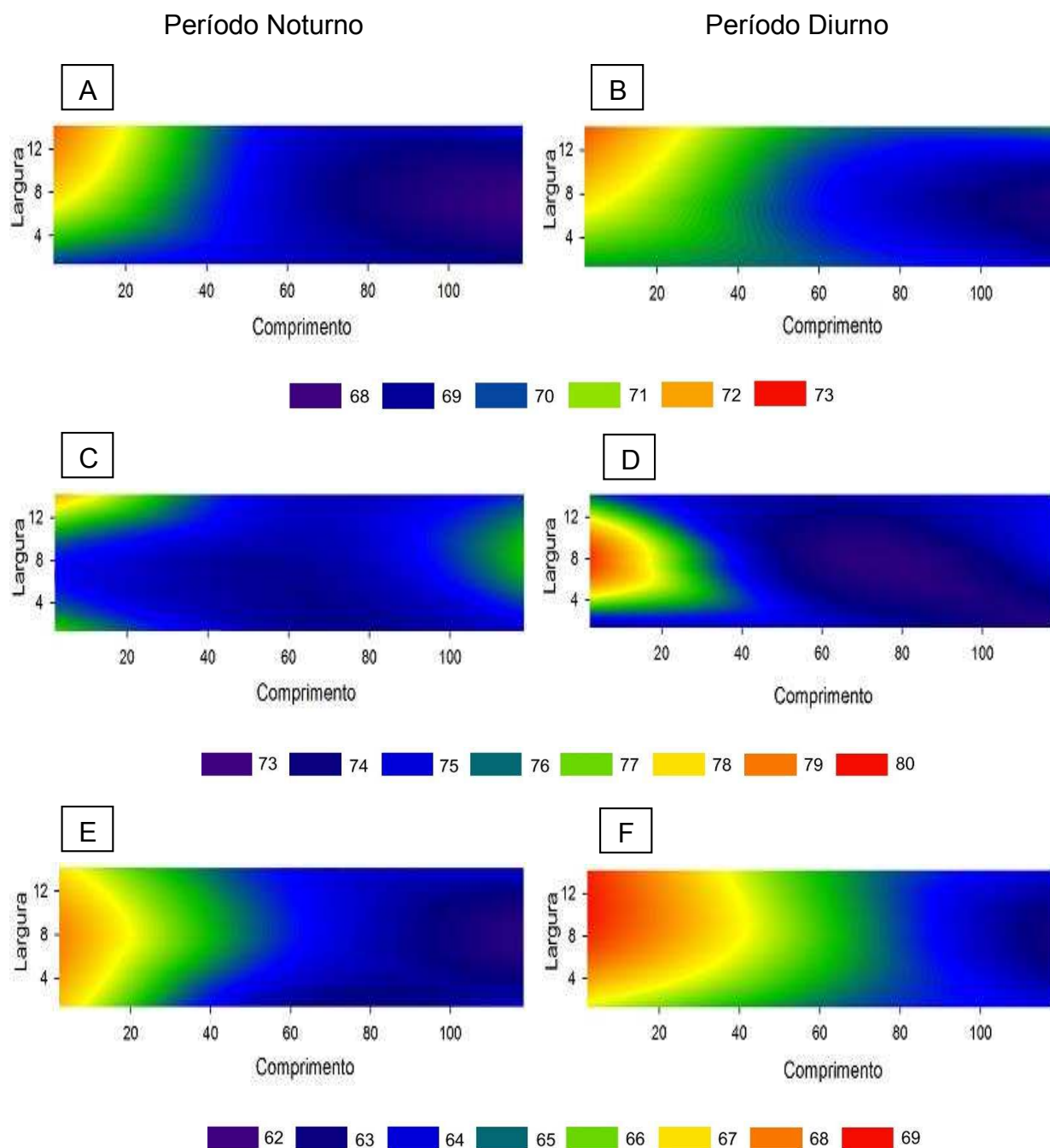


Figura 16. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, Lote 2, nível 1, fase pós aquecimento, em que representam: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínima noturno e (F) ITU mínima diurno.

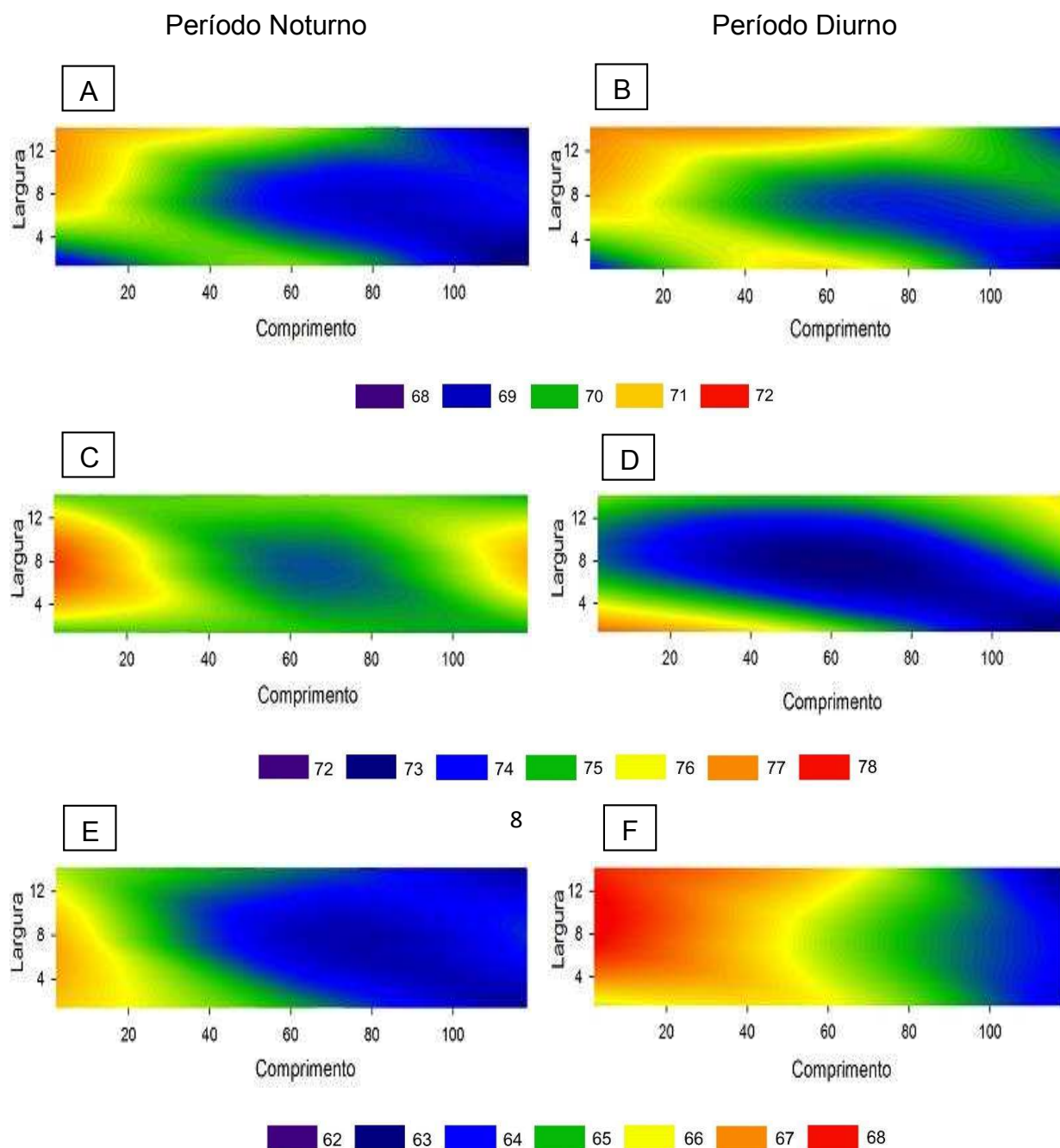


Figura 17. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, Lote 2, nível 2, fase pós aquecimento, em que representam: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínima noturno e (F) ITU mínima diurno.

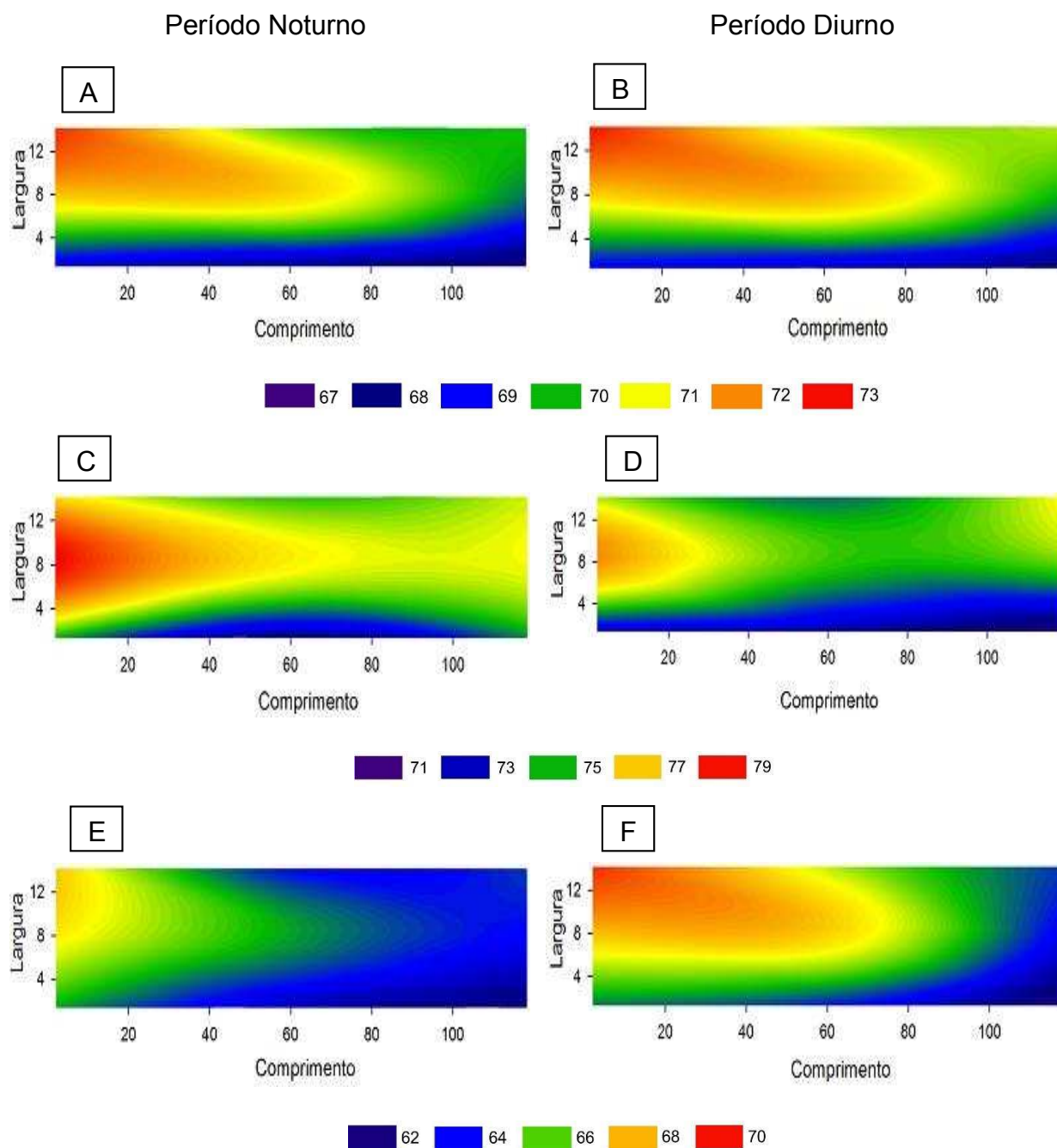


Figura 18. Mapas de distribuição do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do aviário, Lote 2, nível 3, fase pós aquecimento, em que representam: (A) ITU médio noturno, (B) ITU médio diurno, (C) ITU máximo noturno, (D) ITU máximo diurno, (E) ITU mínima noturno e (F) ITU mínima diurno.