

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dulce Vitória Machado da Silveira

**INVESTIGAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM GRANJA AVÍCOLA
COMPOSTA POR GALPÕES DE DIFERENTES CARACTERÍSTICAS
CONSTRUTIVAS**

Cachoeira do Sul, RS
2023

Dulce Vitória Machado da Silveira

**INVESTIGAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM GRANJA AVÍCOLA COMPOSTA
POR GALPÕES DE DIFERENTES CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola, Campus Cachoeira do Sul, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheira Agrícola**.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Zanandra Boff de Oliveira

Cachoeira do Sul, RS
2023

Dulce Vitória Machado da Silveira

**INVESTIGAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM GRANJA AVÍCOLA COMPOSTA
POR GALPÕES DE DIFERENTES CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Agrícola, Campus Cachoeira do Sul, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheira Agrícola**.

Aprovado em 27 de janeiro de 2023.

**Zanandra Boff de Oliveira, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)**

Eduardo Leonel Bottega, Dr. (UFSM)

Viviane Dal-Souto Frescura, Dra. (UFSM)

Cachoeira do Sul, RS
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora professora Dr^a. Zanandra Boff de Oliveira, por aceitar me orientar na condução dessa pesquisa, por todo o seu empenho, dedicação e conhecimento compartilhado nesse período.

A minha família a qual sou extremamente grata por todo o apoio, especialmente à minha mãe, Marilusa Machado da Silveira, pelo apoio e dedicação e por nunca medir esforços para me oportunizar o estudo.

Ao meu namorado pelo incentivo, compreensão e por estar presente nos momentos difíceis.

A todos os meus amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, em especial à minha amiga Heloísa de Gois por todo o apoio e incentivo tanto nos momentos bons quanto ruins.

Aos colegas do GEPAB - Grupo de Ensino e Pesquisa em Ambiente e Biometeorologia (UFSM), pelo auxílio na coleta de dados e pelo apoio e companheirismo.

Também quero agradecer à Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul pelo ensino público e de qualidade. E a todos os professores do Curso de Engenharia Agrícola por todo o conhecimento e ensinamentos compartilhados ao longo do curso.

Sou grata à professora Dr^a. Viviane Dal-Souto Frescura e ao professor Dr. Giovani Leone Zobot pela orientação em projetos de pesquisa e extensão no decorrer da graduação, que foram de grande importância para a minha formação.

Agradeço ainda o aceite dos professores Dr. Eduardo Leonel Bottega e Dr^a. Viviane Dal-Souto Frescura por contribuírem como banca avaliadora deste trabalho.

RESUMO

INVESTIGAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM GRANJA AVÍCOLA COMPOSTA POR GALPÕES DE DIFERENTES CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

AUTORA: Dulce Vitória Machado da Silveira

ORIENTADORA: Zanandra Boff de Oliveira

Tendo em vista a expansão da avicultura, além da sua importância econômica para o país e a relevância da ambiência em galpões avícolas para minimizar perdas na produção avícola, objetivou-se investigar o conforto térmico das aves por meio de indicadores de conforto térmico, em uma granja avícola composta por galpões de diferentes características construtivas. O presente estudo foi realizado em uma granja de produção de ovos com aproximadamente 18 mil aves localizada no município de Cachoeira do Sul na região central do Rio Grande do Sul. A granja possui oito galpões com 2,8 m de pé-direito 3,0 m de largura e 95,0 m de comprimento, cinco destes estão orientados na direção Leste-Oeste e os demais possuem orientação Norte-Sul. Além disso, os galpões possuem diferentes características construtivas com relação ao fechamento das cortinas (com e sem) e o material de cobertura (cerâmica e fibrocimento). A coleta de dados ocorreu no período de inverno de 02/08/2022 a 21/09/2022 em quatro galpões. As coletas contínuas foram realizadas com um data logger em intervalo de 4 h e as coletas pontuais foram realizadas com termômetro do globo negro e termômetro infravermelho, dados estes utilizados para a análise da variabilidade espacial de indicadores de conforto térmico. A análise geoestatística e os mapas foram gerados pelo método da krigagem ordinária. Os indicadores de conforto térmico avaliados neste estudo indicam que as aves estão fora das condições ideais de conforto térmico, visto que estão suscetíveis a sofrer estresse por frio (predominante) e por calor (em alguns momentos). Os indicadores apresentam variabilidade espacial nos galpões, com menores valores na extremidade Leste (galpão orientado Leste-Oeste) e na extremidade Sul (galpão orientado Norte-Sul). O galpão, cuja a orientação solar é Leste-Oeste, possui cobertura de telha de fibrocimento e cortinas fechadas, foi o que apresentou os melhores resultados de indicadores de conforto térmico. Para a melhoria do conforto das aves, recomenda-se o adequado uso de cortinas com o manejo de abertura e fechamento das mesmas para diminuir o estresse por frio e por calor e, conseqüentemente, reduzir impactos nas perdas na produção ou maior consumo de ração.

Palavras-chave: Produção de ovos. Variabilidade espacial. Índices de conforto térmico.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THERMAL COMFORT IN A POULTRY FARM COMPOSED OF SHEDS WITH DIFFERENT CONSTRUCTION CHARACTERISTICS

AUTHOR: Dulce Vitória Machado da Silveira

ADVISOR: Zanandra Boff de Oliveira

Taking into consideration the expansion of egg-producing poultry, in addition to economic importance of this country and the relevance of environment in poultry houses to minimize losses in the poultry production, the aim of this study was to investigate the thermal comfort of poultry by means of thermal comfort indicators, at a poultry farm composed by warehouses with different materials and constructive techniques. This study was carried at a poultry farm with approximately 18 thousand egg-laying hens in the municipality of Cachoeira do Sul in the central region of Rio Grande do Sul. The poultry farm has eight warehouses with 2,8 m of tall 3,0 m width and 95,0 m of length, five five of these are oriented in an east-west direction and the others are oriented in a north-south direction. In addition, the warehouses have different constructive techniques with regard to closing of curtains (with or without) and the covering material (ceramic tile and fiber cement tile). The data collection took place in the winter from 08/02/2022 to 09/21/2022 in four warehouses. The continuous collections were carried with a data logger in 4-hour interval and the punctual collections were carried with black globe thermometer and infra-red thermometer, they data were used to analyze the spatial variability of thermal comfort indicators. The geostatistical analysis and the maps were generated by ordinary kriging method. The thermal comfort indicators assessed in this study indicate that the poultry are not in the thermal comfort zone, because they are susceptible to cold (predominant) and heat stress (in some moments). The indicators present variability in the warehouses with lower values in the east extremity (warehouse oriented in east-west direction) and in the south extremity (warehouse oriented in north-south direction). The warehouse, whose is oriented in east-west direction, is covered with fiber cement tile and curtains closed, presented better results of thermal comfort indicators. For improvement of poultry comfort, it is recommended the appropriate use of curtains with the management of opening and closing them to reduce cold and heat stress and, consequently reduces losses in the poultry production or higher consumption of feed.

Keywords: Egg-producing poultry. Spatial variability. Thermal comfort indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Caracterização da orientação dos galpões avícolas.	12
Figura 2 - Detalhamento das medidas aproximadas dos galpões avícolas.....	13
Figura 3 - Variação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) nos galpões avícolas G1 e G2, de 02/08/2022 a 25/08/2022.	17
Figura 4 – Variação da Temperatura do ar (°C) nos galpões avícolas G1 e G2, de 02/08/2022 a 25/08/2022.....	17
Figura 5 – Variação da Umidade Relativa do ar (UR %) nos galpões avícolas G1 e G2, de 02/08/2022 a 25/08/2022.....	18
Figura 6 - Variação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) nos galpões avícolas G2, G3 e G4 de 25/08/2022 a 21/09/2022.	19
Figura 7 - Variação da Temperatura do ar (°C) nos galpões avícolas G2, G3 e G4 de 25/08/2022 a 21/09/2022.....	19
Figura 8 - Variação da Umidade Relativa do ar (UR %) nos galpões avícolas G2, G3 e G4 de 25/08/2022 a 21/09/2022.....	20
Figura 9 - Variograma experimental para temperatura do globo negro do G2 no dia 10/08/2022	21
Figura 10 - Mapas temáticos da variabilidade espacial de indicadores de conforto térmico para galinhas poedeiras galpão 1 (G1) nos dias 10/08 (avaliação 1) e 18/08 (avaliação 2).....	23
Figura 11 - Mapas temáticos da variabilidade espacial de indicadores de conforto térmico para galinhas poedeiras galpão 2 (G2) nos dias 10/08 (avaliação 1) e 18/08 (avaliação 2).....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado médio obtido para Umidade Relativa (%), Temperatura do ar (°C) e Índice de Temperatura e Umidade para o Galpão 1 e Galpão 2. Cachoeira do Sul, 2022.	16
Tabela 2 – Resultado médio obtido para Umidade Relativa (%), Temperatura do ar (°C) e Índice de Temperatura e Umidade para o Galpão 2, Galpão 3 e Galpão 4. Cachoeira do Sul, 2022.	18
Tabela 3 – Resultado obtidos para as variáveis do ambiente externo nas datas de coleta. Cachoeira do Sul, 2022.	21
Tabela 4. Resultados do ajuste dos modelos teóricos de semivariância obtidos para análise da variabilidade espacial dos dados. Cachoeira do Sul, 2022.	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 METODOLOGIA.....	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
4 CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a avicultura de postura teve uma expansão muito significativa nos últimos anos. De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), no ano de 2021 a produção total de ovos foi superior a 54.973 bilhões de unidades, sendo 99,54 % para consumo interno. Em consonância com a produção do país, o estado do Rio Grande do Sul é o segundo estado brasileiro que mais exporta ovos, sendo que em 2020 foi responsável por 20,49% das exportações. Ainda, o aumento do consumo de ovos no Brasil, justifica-se devido ao seu elevado valor nutricional, assim como por possuir preço mais acessível em relação à carne (SILVA et. al, 2020).

As galinhas poedeiras podem ser classificadas em três fases conforme a idade: a fase de cria compreende aves de um dia até seis semanas de idade, na fase de recria as aves possuem de sete a dezessete semanas de idade e a fase de produção ocorre entre dezoito a cento e dez semanas de idade (SILVA et al., 2020). Estas aves de postura são criadas tanto em sistema intensivo (convencional) em que as galinhas são dispostas em gaiolas, quanto em extensivo ou alternativo como por exemplo, o *free-range*, o colonial, o orgânico e o caipira. Sendo o sistema convencional em gaiola o mais comum, apesar das ressalvas relacionadas ao bem-estar das aves (AMARAL et. al, 2016). O sistema de criação em gaiolas é bastante polêmico em decorrência do espaço reduzido, elevada densidade de aves, ausência de enriquecimento ambiental e realização da debicagem, que impedem os animais de exercer seus comportamentos naturais (ALVES, SILVA, PIEDADE; 2007).

Os galpões avícolas podem ter diferentes características construtivas sendo abertos ou fechados, com ventilação natural ou artificial. O posicionamento longitudinal do galpão avícola no sentido Leste-Oeste é de suma importância a fim de evitar a incidência direta dos raios solares na parte interna da instalação e a variabilidade de temperatura ao longo da edificação. Deve-se utilizar um material de cobertura que apresenta boa eficiência térmica, além de utilizar cortinas para obter maior controle da temperatura interna e ventilação da edificação (SILVA et al., 2020). Em decorrência do menor custo, os galpões abertos são comumente construídos. No entanto, estes são recomendados para regiões de condições climáticas mais amenas (AMARAL et. al 2016).

As galinhas são animais homeotérmicos, ou seja, controlam e buscam manter constante a sua temperatura corporal interna, apesar das variações externas da

temperatura do ambiente. No entanto, em casos em que o ambiente externo apresenta condições de temperatura que caracterizam desconforto térmico haverá perdas na produtividade desse animal, que dependendo dos casos, pode diminuir ou aumentar consumo de ração, produção de ovos desuniformes e com menor espessura de casca. (TINÔCO, 2001).

De acordo com Baêta e Souza (2010), a zona de conforto térmico para galinhas poedeiras se caracteriza de 18 a 28 °C, nessa faixa de temperatura ambiente, a temperatura corporal do animal permanece constante, não havendo frio nem calor, proporcionando condições ambientais ideais de produção.

A temperatura crítica inferior é de 15 °C, portanto, em temperaturas iguais ou inferiores a 15 °C os animais tendem a se agrupar buscando aumentar a temperatura corporal, caso esse comportamento não supra a demanda de calor corporal o animal precisará aumentar a sua taxa metabólica a fim de manter o equilíbrio homeotérmico. Já, a temperatura crítica superior é 32 °C, ou seja, em temperaturas superiores a 32° o animal precisará acionar os processos metabólicos de resfriamento corporal, como a abertura do bico que possibilita a perda de calor através da evaporação, além disso os animais costumam se agachar e abrir as asas dessa forma aumentando a sua área corporal para facilitar a dissipação do calor e conseqüentemente reduzir a temperatura corporal. Ressalta-se que o desconforto térmico por temperaturas extremamente altas ou extremamente baixas, além de implicar em diminuição na produção pode ocasionar na morte dos animais por hipertermia ou hipotermia, respectivamente.

Segundo Oliveira e Knies (2019), as condições climáticas na região central do Rio Grande do Sul, como a amplitude térmica mensal ($>10^{\circ}\text{C}<18^{\circ}\text{C}$) e diária ($>5^{\circ}\text{C}<10^{\circ}\text{C}$) e a umidade relativa do ar ($>50\%$) são elevadas e vão de encontro às condições ideais de conforto térmico do ambiente. Dessa forma, destaca-se a relevância da ambiência em nos galpões avícolas para minimizar perdas na produção de ovos.

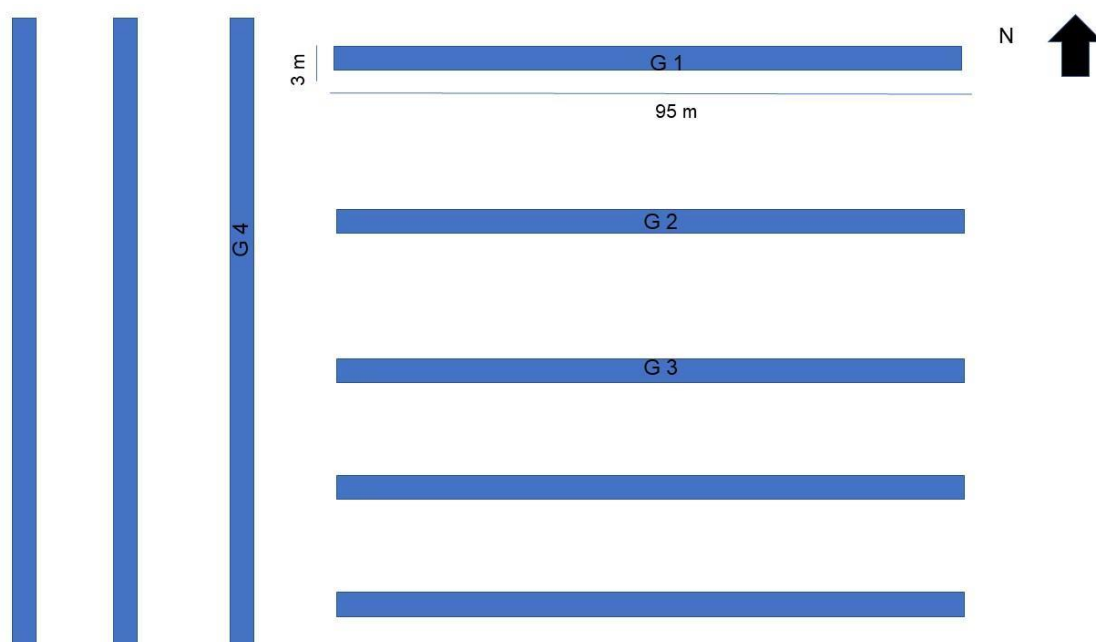
Tendo em vista a influência do ambiente no sucesso da produção avícola, objetivou-se investigar o conforto térmico das aves poedeiras por meio de indicadores de conforto térmico em uma granja avícola composta por galpões de diferentes características construtivas.

2 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado em uma granja de produção de ovos com aproximadamente 18 mil aves com idade acima de dezoito semanas de vida, localizada no município de Cachoeira do Sul na região central do Rio Grande do Sul. O município está localizado entre as coordenadas 30° 0' 45" de latitude Sul, 52° 55' 11" de longitude Oeste e o clima é subtropical úmido (Cfa) segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (MORENO, 1961).

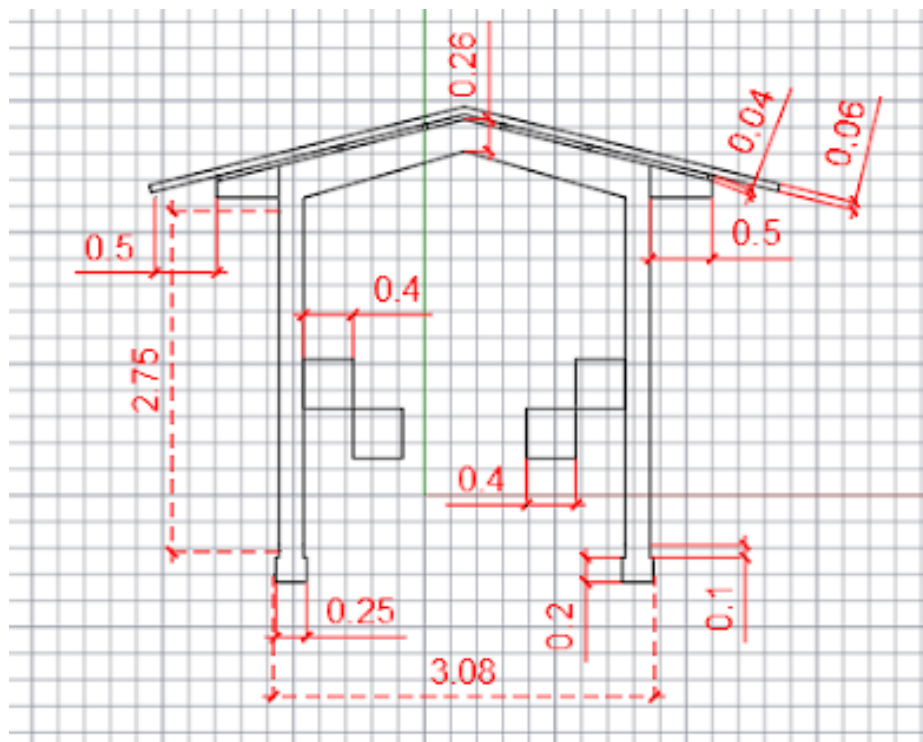
A granja possui oito galpões (Figura 1), sendo o Galpão 1 (G1), Galpão 2 (G2) Galpão 3 (G3) e o Galpão 4 (G1), cinco destes estão orientados na direção Leste-Oeste e os demais possuem orientação Norte-Sul. As medidas aproximadas são: 2,8 m de pé-direito, 3,0 m de largura e 95,0 m de comprimento (Figura 2). Além disso, os galpões possuem diferentes características com relação ao fechamento com cortinas e o material de cobertura: telha cerâmica, telha de fibrocimento e aluzinco (Quadro 1).

Figura 1- Caracterização da orientação dos galpões avícolas.



Fonte: Autora.

Figura 2 - Detalhamento das medidas aproximadas dos galpões avícolas



Fonte: Autora.

Quadro 1 – Descrição da configuração construtiva dos galpões avaliados e período de coleta de dados. Cachoeira do Sul, 2022.

Nomenclatura	Especificações Construtivas	Datas de coleta
Galpão 1 (G1)	Orientação Leste-Oeste, cobertura de telha cerâmica e sem cortinas	02/08/2022 a 25/08/2022
Galpão 2 (G2)	Orientação Leste-Oeste, com cobertura de telha de fibrocimento e cortinas fechadas	02/08/2022 a 25/08/2022 25/08/2022 a 21/09/2022 10/08/2022 e 18/08/2022
Galpão 3 (G3)	Orientação Leste-Oeste, com cobertura de telha de fibrocimento e sem cortinas	25/08/2022 a 21/09/2022

Galpão 4 (G4)	Orientação Norte-Sul, com cobertura de telha de telha cerâmica e sem cortinas	25/08/2022 a 21/09/2022 10/08/2022 e 18/08/2022
---------------	---	--

A coleta de dados ocorreu no período de inverno de 02/08/2022 a 25/08/2022 no G1 e G2 e de 25/08/2022 a 21/09/2022 no G2, G3 e G4. As coletas contínuas no período (temperatura e umidade) foram realizadas com termohigrometro *data logger* em intervalo de 4 h. As coletas pontuais (temperatura, umidade e temperatura das aves), em dias e horários específicos (Quadro 1), foram realizadas com termômetro do globo negro e termômetro infravermelho.

A partir dos dados coletados com o *data logger* calculou-se o índice de temperatura e umidade (ITU) calculado pela equação 1 proposta por BUFFINGTON et al. (1982).

$$ITU = 0,7 \times Tar + UR \times (Tar - 14,3) / 100 + 46,3 \quad (1)$$

Onde,

ITU: índice de temperatura e umidade, adimensional;

Tar: temperatura de bulbo seco (°C);

UR: umidade relativa do ar (%).

Os resultados de temperatura do ar e ITU foram submetidos a análise de variância e a comparação foi realizada pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Para isso, os galpões foram considerados como tratamentos em um mesmo período, e as quatro repetições foram o número de coletas.

Os valores de temperatura média (T_{méd}), temperatura máxima (T_{máx}) e temperatura mínima (T_{mín}) foram confrontados com os valores de referência de zona de conforto térmico, entre 18 °C e 28°C e temperatura crítica inferior igual (TCI) a 15 °C e temperatura crítica superior (TCS) 35°C estabelecidos por Baêta e Souza (2010). Os valores de referência de ITU para conforto térmico estão entre 71 e 75 (BARBOSA FILHO, 2004).

Para a análise da variabilidade espacial dos indicadores conforto térmico dentro dos galpões, utilizou-se as variáveis (ITU, temperatura do globo, e temperatura das aves) coletadas nos dias 10 e 18 de agosto de 2022 no período da tarde entre 14 e

16 h. A coleta foi realizada em uma malha amostral de 5 x 5 m em relação a x (comprimento) e a 0,5 x 2,5 m em relação a y (largura).

De posse destas informações, realizou-se análise geoestatística, sendo o primeiro passo o ajuste do modelo teórico de semivariância e detectando a dependência espacial no segundo passo realizou-se a análise da validação cruzada. Selecionou-se o modelo que após este processo apresentou a menor soma dos quadrados do resíduo (SQR) e fez-se a análise dos seguintes parâmetros dos variogramas: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C$) e alcance (A) e da validação cruzada: coeficiente de regressão (CR), intercepto (Y), erro padrão de predição (EPP) e coeficiente de determinação (R^2). A interpolação dos mapas foi realizada utilizando o método da krigagem ordinária. A análise geoestatística foi realizada utilizando o programa computacional GS+, versão 7.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1, é possível observar o resultado médio obtido para umidade relativa (%), temperatura do ar (°C) e ITU para o G1 e G2, entre os dias 02/08/2022 e 25/08/2022.

Tabela 1 - Resultado médio obtido para Umidade Relativa (%), Temperatura do ar (°C) e Índice de Temperatura e Umidade para o Galpão 1 e Galpão 2. Cachoeira do Sul, 2022.

Variáveis	G1	G2
Umidade relativa (%)	77.4 a*	81.2 b
Temperatura do ar (°C)	15.1 a	16.0 b
Índice de Temperatura e Umidade	58.9 a	60.3 b

*números seguidos por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

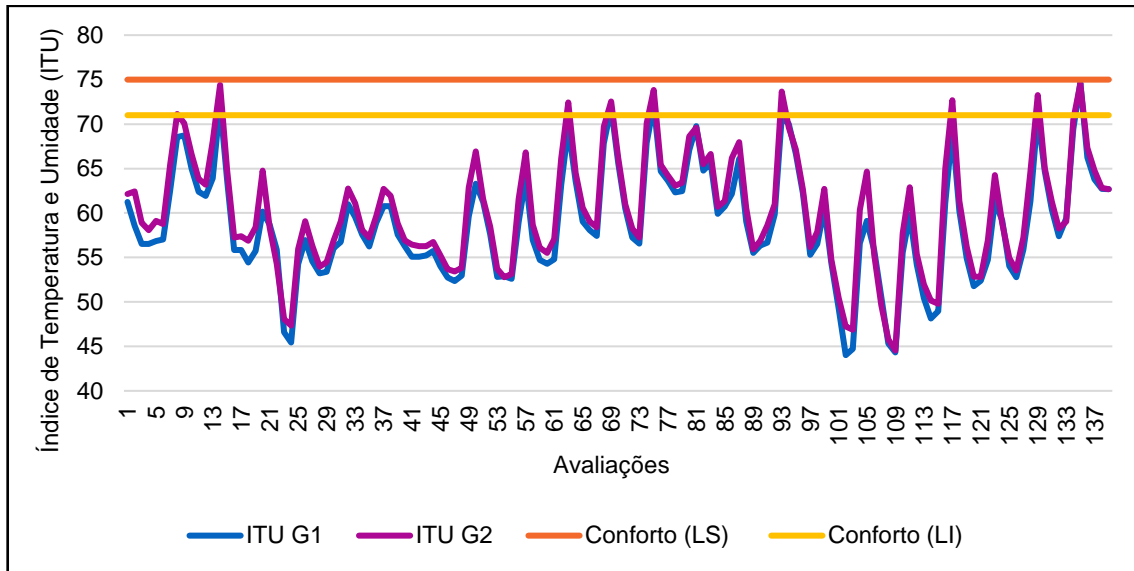
Tanto G1 quanto G2 estão orientados no sentido Leste-Oeste, os valores levemente mais elevados de umidade relativa, temperatura do ar e de índice de temperatura e umidade se devem a diferença com relação ao fechamento das cortinas que se encontravam fechadas somente no G2.

Conforme pode-se observar na Figura 3, o ITU se manteve predominantemente abaixo do limite inferior da zona de conforto (entre 71 e 75) tanto no G1 quanto no G2. Na Figura 4, é possível observar melhores condições de conforto térmico no G1 que no G2. Pois, a $T_{méd}$ foi de 15,1 °C, a $T_{mín}$ 5,6 °C e $T_{máx}$ 26,4 °C, enquanto no G 2 a $T_{méd}$ foi de 16,1 °C, $T_{mín}$ 6,1 °C e $T_{máx}$ 26,4 °C. Além de haver uma grande amplitude térmica nos dois galpões observou-se temperaturas extremamente abaixo do limite crítico inferior de conforto térmico para galinhas poedeiras, pois a zona de conforto térmico para aves de postura é entre 18 °C e 28°C, sendo 15 °C a temperatura crítica inferior e 32 °C a temperatura crítica superior (BAÊTA e SOUZA, 2010). Isso indica que as aves estão sofrendo estresse por frio, que desencadeia o comportamento de agrupamento das aves e aumento do consumo de ração, visto que aproximadamente 80% da energia ingerida é utilizada para manutenção da homeotermia e 20% é utilizada para produção (ABREU e ABREU, 2011).

A umidade relativa do ar (Figura 5), nos dois galpões se manteve predominantemente acima dos valores ideais tidos como referência (65 a 70%).

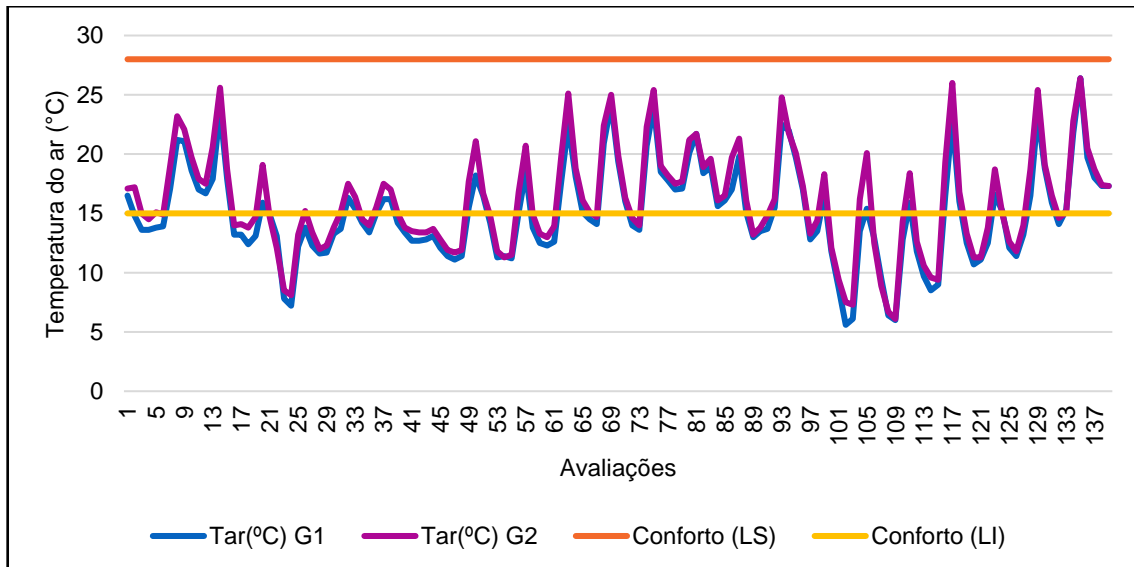
Portanto, as aves de ambos os galpões analisados se encontram fora da zona de conforto térmico no período analisado.

Figura 3 - Variação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) nos galpões avícolas G1 e G2, de 02/08/2022 a 25/08/2022.



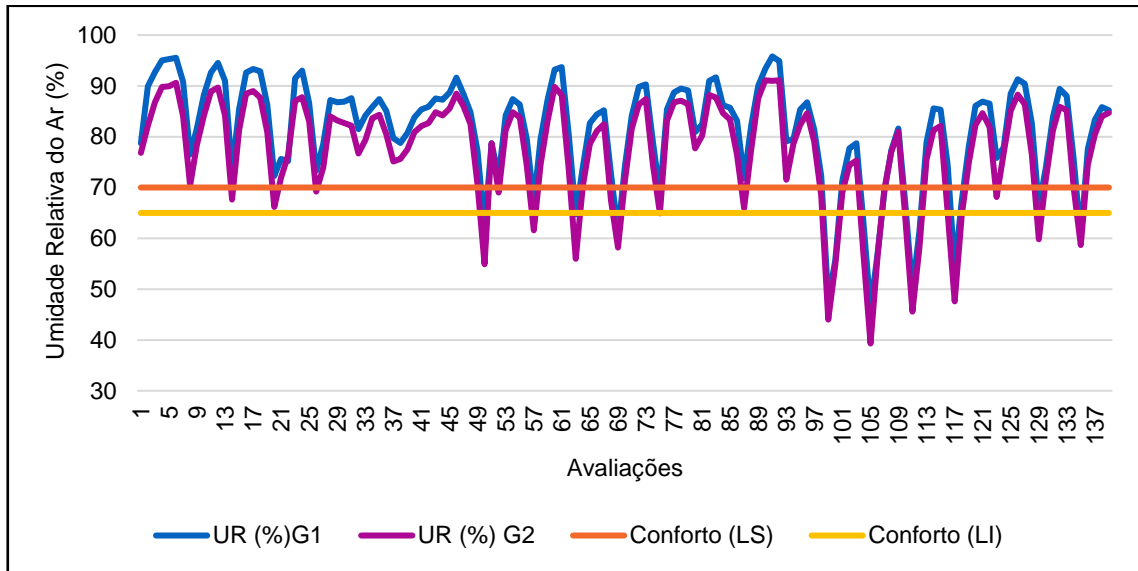
Fonte: Autora.

Figura 4 – Variação da Temperatura do ar (°C) nos galpões avícolas G1 e G2, de 02/08/2022 a 25/08/2022.



Fonte: Autora.

Figura 5 – Variação da Umidade Relativa do ar (UR %) nos galpões avícolas G1 e G2, de 02/08/2022 a 25/08/2022.



Fonte: Autora.

Na Tabela 2 apresenta o resultado médio obtido para umidade relativa (%), temperatura do ar (°C) e ITU para o G2, G3 e G4 entre os dias 25/08/2022 e 21/09/2022. Houve diferença estatística significativa nos parâmetros de conforto térmico no G2 em comparação ao G3 e G4.

Tabela 2 – Resultado médio obtido para Umidade Relativa (%), Temperatura do ar (°C) e Índice de Temperatura e Umidade para o Galpão 2, Galpão 3 e Galpão 4. Cachoeira do Sul, 2022.

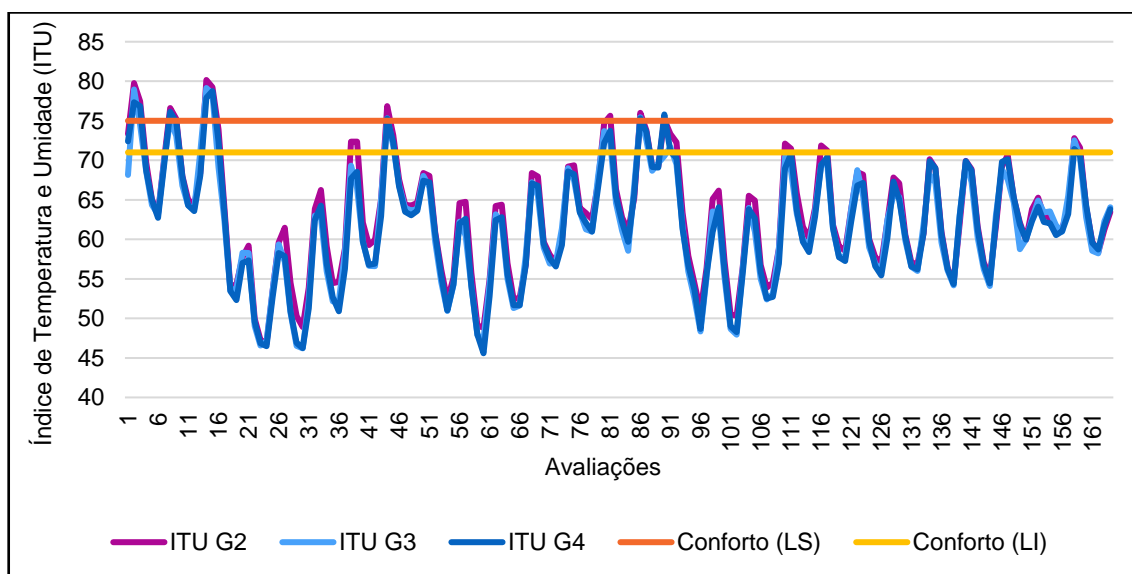
Variáveis	G2	G3	G4
Umidade relativa (%)	71,1 b*	73,5 a	74,2 a
Temperatura do ar (°C)	17,8 a	16,9 b	16,9 b
Índice de Temperatura e Umidade	62,7 a	61,4 b	61,5b

*números seguidos por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

Os valores de ITU no período de 25/08/2022 a 21/09/2022 estão apresentados na Figura 6. Este índice manteve-se majoritariamente inferior ao limite inferior de conforto térmico, que segundo Barbosa Filho (2004), deve ser entre 71 e 75. Com relação da temperatura do ar (°C) nesse mesmo período (figura 7), demonstrando que os animais estiveram sob a ocorrência de estresse térmico por frio em maior parte do período, mas também houveram situações de estresse calórico.

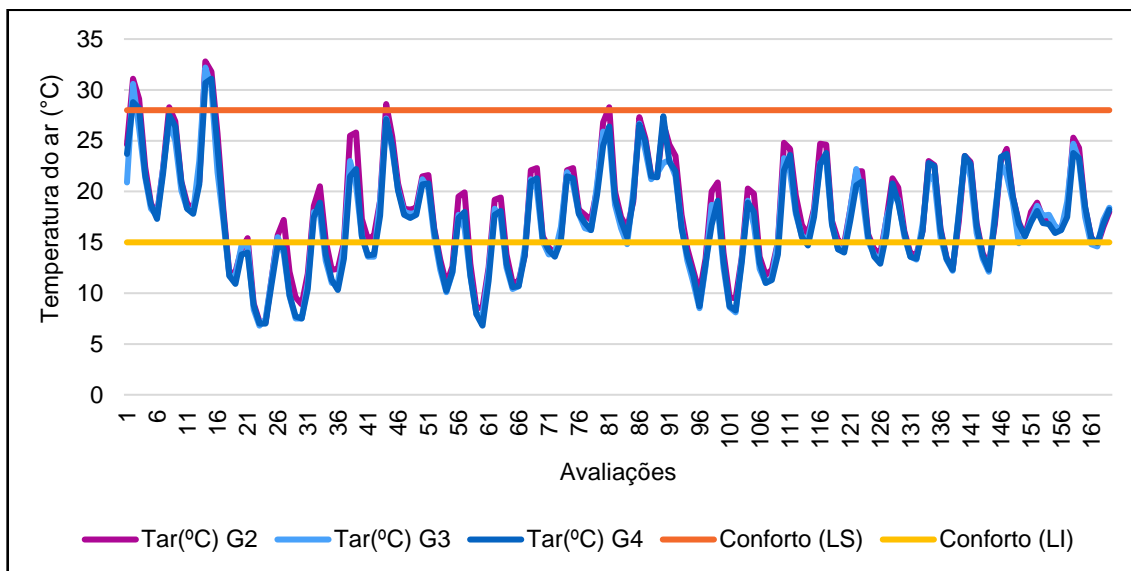
Em relação a temperatura no interior dos galpões (Figura 7), é possível observar elevada amplitude térmica no período. A $T_{máx}$ foi superior ao limite superior crítico (32 °C) em dois galpões, sendo 32,8 °C no G2 e 32,2 °C no G3. A $T_{mín}$ observada foi menor do que o limite crítico inferior de conforto térmico (15°C) nos três galpões avícola em questão, sendo 7,1 °C no G2, 6,8 °C no G3 e no G4. Demonstrando que as condições de conforto térmico de alternam em situações de estresse por frio (que prevaleceu na maior parte do período) a estresse por calor (em alguns dias).

Figura 6 - Variação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) nos galpões avícolas G2, G3 e G4 de 25/08/2022 a 21/09/2022.



Fonte: Autora.

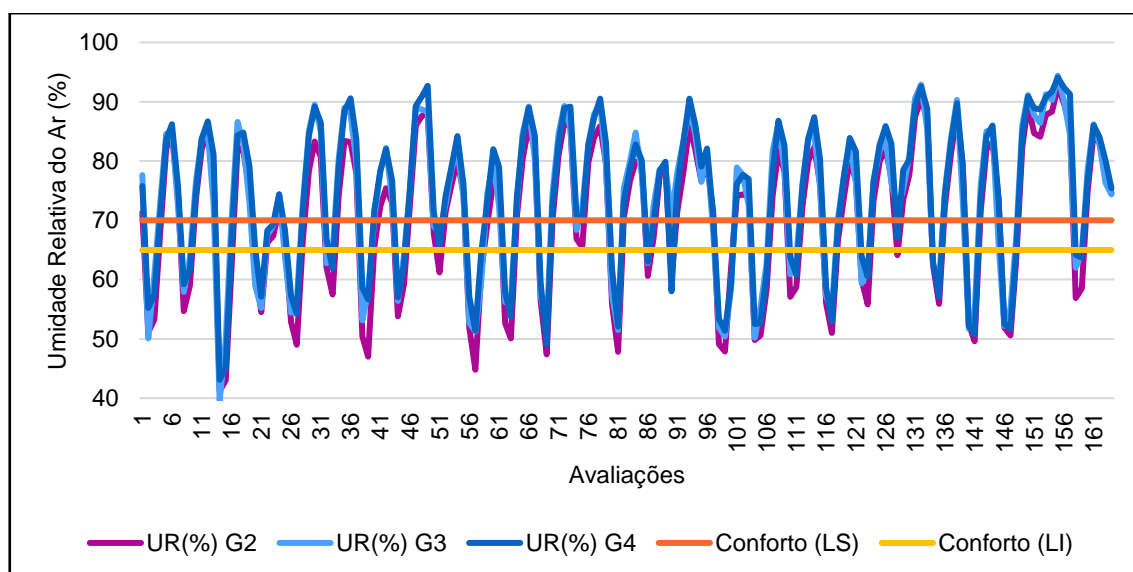
Figura 7 - Variação da Temperatura do ar (°C) nos galpões avícolas G2, G3 e G4 de 25/08/2022 a 21/09/2022.



Fonte: Autora.

A umidade relativa do ar (Figura 8) também apresentou alta variabilidade, no entanto manteve-se predominantemente acima do limite superior de conforto térmico. Em condições de temperatura baixa a umidade relativa elevada acentua a situação de desconforto por frio. Já, em condições de temperatura elevada a umidade relativa alta contribui para o aumento do estresse calórico.

Figura 8 - Variação da Umidade Relativa do ar (UR %) nos galpões avícolas G2, G3 e G4 de 25/08/2022 a 21/09/2022.



Fonte: Autora.

A Tabela 3 apresenta a caracterização do ambiente externo nos dias das avaliações pontuais para a análise da variabilidade espacial dos indicadores de

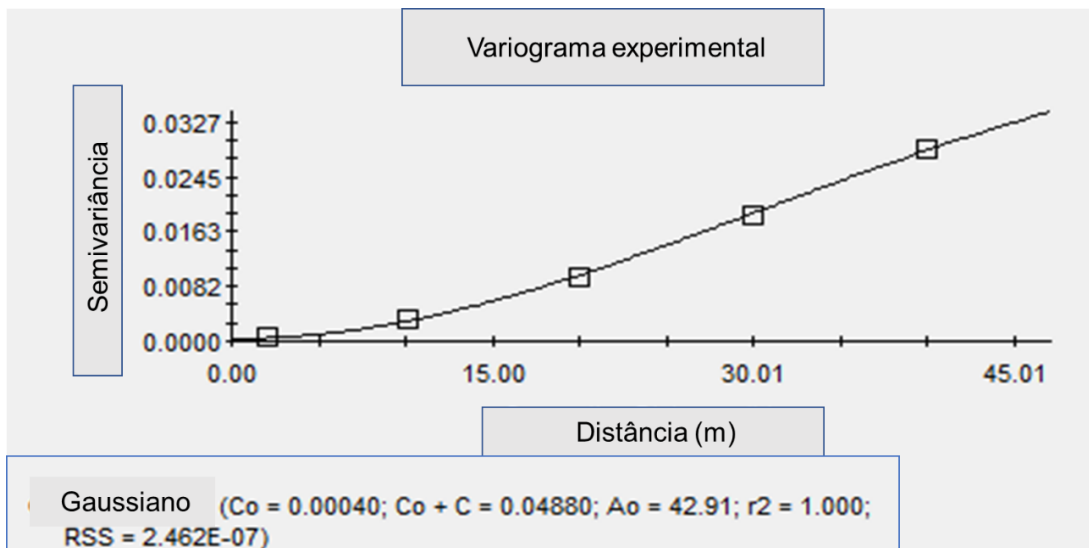
conforto térmico nos galpões. A condição de temperatura amena, mesmo na parte da tarde, é característica do período (inverno).

Tabela 3 – Resultado obtidos para as variáveis do ambiente externo nas datas de coleta.
Cachoeira do Sul, 2022.

Variáveis	Datas de coleta	
	10/08/22	18/08/2022
Umidade relativa (%)	55,6	65,6
Temperatura do ar (°C)	19,2	12,7
Temperatura do globo negro (°C)	19,7	13,1

Os modelos que melhor ajustaram a semivariância experimental foram o Gaussiano e o Exponencial com valores de R^2 superiores a 0,8. A Figura 9 está representando o semivariograma experimental para a temperatura do globo negro do G2 para o dia 10/08/2022. Na Tabela 4 estão apresentados os resultados do ajuste dos modelos teóricos de semivariância. Os modelos exponencial e gaussiano foram os que melhor ajustaram à semivariância experimental para as variáveis analisadas.

Figura 9 - Semivariograma experimental para temperatura do globo negro do G2 no dia 10/08/2022



Fonte: Autora.

Tabela 4. Resultados do ajuste dos modelos teóricos de semivariância obtidos para análise da variabilidade espacial dos dados. Cachoeira do Sul, 2022.

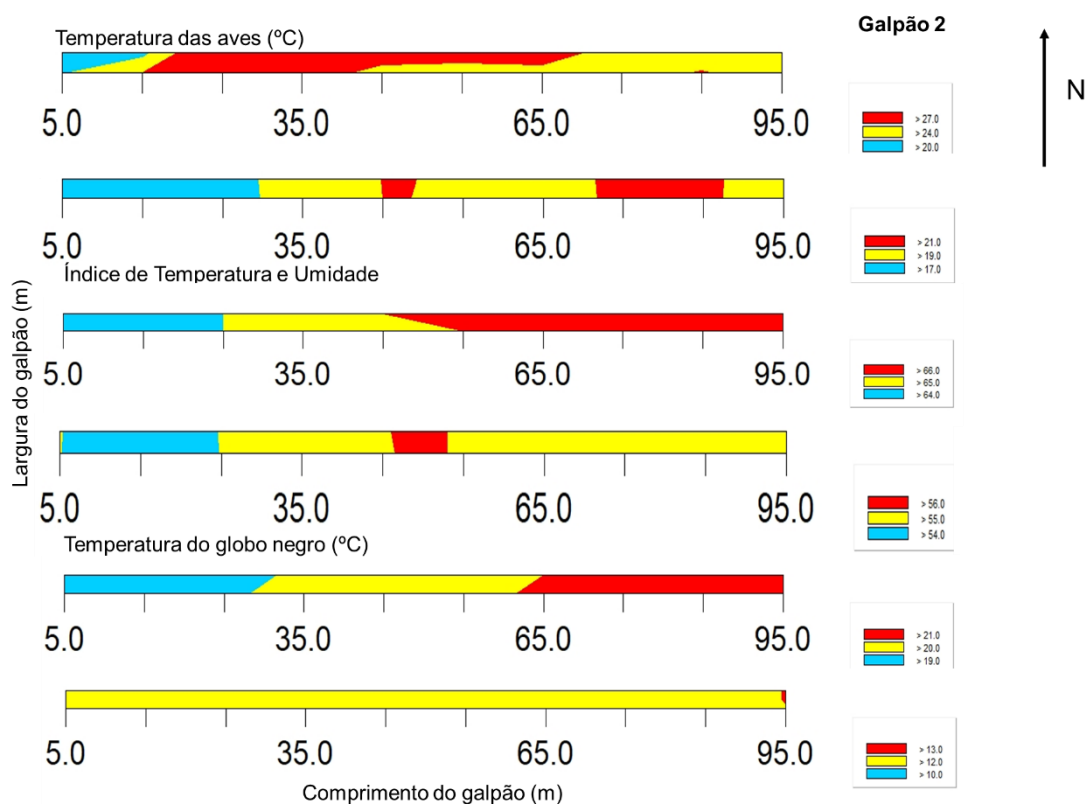
Avaliação do dia 10/08/2022						
Galpão 2						
	Modelo	Co	Co+C	Alcance	R ²	SQR
Temperatura das aves (°C)	Esférico	4,71	9,42	30,83	0,79	3,44
Temperatura do globo negro (°C)	Gaussiano	0,00	0,04	42,91	1,00	0,00
ITU	Gaussiano	0,06	2,23	37,12	0,98	0,02
Galpão 4						
Temperatura das aves (°C)	Exponencial	0,05	1,24	4,24	0,90	0,04
Temperatura do globo negro (°C)	Gaussiano	0,00	2,01	50,90	0,99	0,00
ITU	Gaussiano	0,13	1,44	40,88	0,99	0,00
Avaliação do dia 18/08/2022						
Galpão 2						
	Modelo	Co	Co+C	Alcance	R ²	SQR
Temperatura das aves (°C)	Exponencial	0,05	1,24	4,24	0,90	0,04
Temperatura do globo negro (°C)	Gaussiano	0,00	0,04	42,91	1,00	0,00
ITU	Guassioano	0,08	0,63	41,35	0,99	0,00
Galpão 4						
Temperatura das aves (°C)	Exponencial	0,44	1,44	6,33	0,85	0,06
Temperatura do globo negro (°C)	Gaussioano	0,03	0,15	20,23	0,79	0,02
ITU	Exponencial	3,00	31,11	101,00	0,97	0,88

Em que: Alcance (m); Co.: efeito pepita; Co+C: patamar; SQR: Soma de quadrados do resíduo; R²: Coeficiente de determinação

No interior dos galpões avícolas (Figura 10 e 11), a temperatura das aves inferior a 27 e 21°C nos dias 10/08/2022 e 18/08/2022, respectivamente, assim como os demais indicadores: temperatura do globo negro inferior a 21°C e índice de temperatura e umidade (ITU) menor que 66, evidenciam estresse por frio.

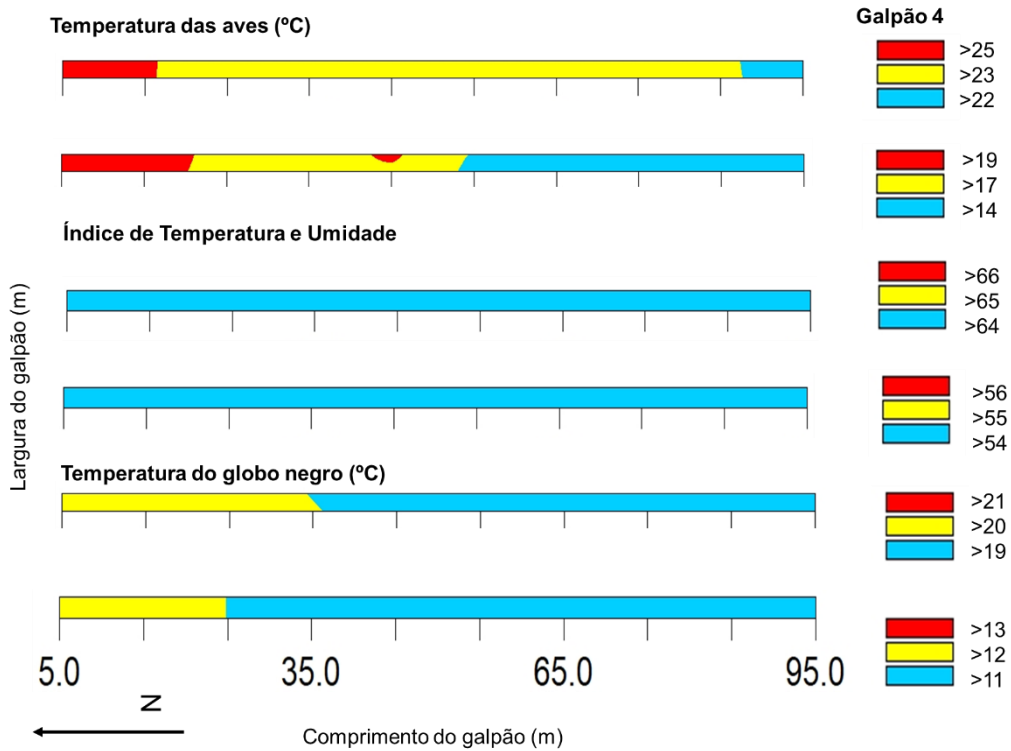
No G2, orientado Leste-Oeste (Figura 10), o desconforto por frio pode ser maior na extremidade Leste. Enquanto, no G4 (Figura 11) orientado Norte-Sul, os valores mais baixos da temperatura das aves e do globo negro são na extremidade Sul. Para o ITU não se observa variabilidade espacial neste galpão. Foram gerados os mapas do G1 (orientação Leste-Oeste, cobertura de telha cerâmica e sem cortinas) e G4 (orientação Norte-Sul, com cobertura de telha de telha cerâmica e sem cortinas) afim de analisar a interferência da orientação e do uso das cortinas na variabilidade espacial.

Figura 10 - Mapas temáticos da variabilidade espacial de indicadores de conforto térmico para galinhas poedeiras galpão 2 (G2) nos dias 10/08 (avaliação 1) e 18/08 (avaliação 2).



Fonte: Autora.

Figura 11 - Mapas temáticos da variabilidade espacial de indicadores de conforto térmico para galinhas poedeiras galpão 4 (G4) nos dias 10/08 (avaliação 1) e 18/08 (avaliação 2).



Fonte: Autora.

A variabilidade espacial é evidenciada nos dois galpões, o que vai de encontro ao ideal, pois demonstra que dentro de um mesmo galpão há características ambientais distintas, que pode impactar em desuniformidade na produtividade. Alves et al. (2012) utilizaram imagens para analisar as consequências do estresse por frio em galinhas de postura e concluíram que estas gastam quatro vezes mais energia que aves em situação de conforto, somente para se termo regular.

De acordo com Barbosa Filho (2004), o estresse térmico em aves de postura impacta diretamente a produção, pois está diretamente relacionado ao aumento ou diminuição no consumo de ração, aumento na ingestão de água, aceleração dos batimentos cardíaco, alteração da conversão alimentar, queda na produção e ovos com menos espessura de casca. No caso das aves que sofrem estresse por calor o maior desafio é queda no apetite e ocasionando uma ingestão de alimentos insuficiente para manter a produção em alta. Já, no caso das temperaturas baixas há o aumento da ingestão de alimento, no entanto, os nutrientes em sua maioria são utilizados pelo organismo da galinha para manutenção das atividades vitais.

Os resultados apresentados demonstram a importância da utilização de cortinas e do manejo das mesmas (abertura e fechamento), bem como da orientação solar para a melhoria de indicadores de conforto térmico em galpões avícolas. Pois, o G2 apresentou resultados melhores dos indicativos de conforto térmico comparado aos demais. No entanto, deve-se ressaltar que em dias de temperatura mais elevada, a não abertura de cortinas neste galpão gerou uma maior severidade de calor na parte da tarde. Assim, recomenda-se o fechamento de cortinas (tardezinha/manhã) e abertura de cortinas (tarde) para melhorar a renovação do ar e evitar o acúmulo de gases (como a amônia)

Segundo Emrich e Curi (2017), a orientação do galpão avícola de ser sempre no sentido Leste-oeste para impedir impedindo que o sol adentre a instalação durante o dia e que incidência de radiação solar seja desuniforme ao longo do galpão. Ademais, a variabilidade espacial das condições ambientais dentro do galpão pode impactar em produção desuniforme e irregular.

4 CONCLUSÕES

Os indicadores de conforto térmico avaliados neste estudo indicam que as aves estão fora das condições ideais de conforto térmico, visto que estão suscetíveis a sofrer estresse por frio (predominante) e por calor (em alguns momentos).

Os indicadores apresentam variabilidade espacial nos galpões, com menores valores na extremidade Leste (galpão orientado Leste-Oeste) e na extremidade Sul (galpão orientado Norte-Sul).

O galpão, cuja a orientação solar é Leste-Oeste, possui cobertura de telha de fibrocimento e cortinas fechadas, foi o que apresentou os melhores resultados de indicadores de conforto térmico. Destaca-se que este apresentou melhor resultado devido ao uso de cortinas e orientação solar, sendo que nesse estudo a cobertura não apresentou diferença significativa para os indicadores de conforto térmico.

Para a melhoria do conforto das aves, recomenda-se o adequado uso de cortinas com o manejo de abertura e fechamento das mesmas para diminuir o estresse por frio e por calor e, conseqüentemente, reduzir possíveis impactos nas perdas na produção ou maior consumo de ração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2021**. Disponível em: http://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA_Relatorio_Anual_2021_web.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2022.

ABREU, V.M.N.; ABREU, P.G. **Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.40, p.1-14, 2011.

ALVES, Sulivan Pereira; SILVA, Iran José Oliveira da; PIEDADE, Sônia Maria de Stefano. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras comerciais: efeitos do sistema de criação e do ambiente bioclimático sobre o desempenho das aves e a qualidade de ovos**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 36, p. 1388-1394, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/5v8xmnkZtKSHVHzvZHsDJ3x/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 dez. 2022.

ALVES, F. M. S. et al. Impact of exposure to cold on layer production. Brazilian Journal of Poultry Science, v. 14, p. 223-226, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbca/a/X6PnjvkHhk8mmqF89zLktKd/?lang=en> Acesso em: 18 dez. 2022.

AMARAL, Gisele Ferreira et al. **Avicultura de postura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES**. 2016. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9579/3/BS%2043%20Avicultura%20de%20postura_estrutura%20da%20cadeia%20produtiva_corrigido_P_BD.pdf. Acesso em: 10 dez. 2022.

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

BARBOSA FILHO, J.A. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens**. Dissertação Mestrado (mestre em agronomia). Piracicaba: ESALQ/USP.123p 2004.

Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11131/tde-11052005-144156/publico/jose>. Acesso em: 10 dez. 2022.

BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. **Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows**. St. Joseph: American Society of Agricultural engineers, p. 16 (PAPER 82-4061), 1982.

DA SILVA, Wellington Conceição et al. **Revisão sistemática e cienciometria da produção de ovos comerciais no Brasil**. Research, Society and Development, v. 9, n. 10, p. e1399108459-e1399108459, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8459/7448>. Acesso em: 10 dez. 2022.

DE OLIVEIRA, Zanandra Boff et al. **ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE NO RIO GRANDE DO SUL EM DIFERENTES HORÁRIOS**. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, v. 15, n. 2, p. 220-234, 2021. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/967/513>. Acesso em: 10 dez. 2022.

EMRICH, E. B; CURI, T.M.R.C. **Construções rurais**. Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A, 202p. 2017. Disponível em: http://cm-kls-content.s3.amazonaws.com/201702/INTERATIVAS_2_0/CONSTRUCOES_RURAIIS/U1/LIVRO_UNICO.pdf. Acesso em: 17 dez. 2022.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretária da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, 30 p. Fábio Ziemann Lopes; Gilberto Barbosa Diniz & Júlio Renato Marques, 1961.

OLIVEIRA, Z.B.; KNIES, A.E. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambiente externo na região central do RS**. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 34, n. 3, p. 377-388, 2019. Disponível em: <https://actaarborea.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/3318/2575>. Acesso em: 10 dez. 2022.

SILVA, I. D. O., de ABREU, P. G., & MAZZUCO, H. **Manual de boas práticas para o bem-estar de galinhas poedeiras criadas livres de gaiolas criadas livres de**

gaiola. Iran José Oliveira da Silva, Paulo Giovanni de Abreu, Helenice Mazzuco - 1. ed. Concórdia: Suínos e Aves, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1127416/1/Cartilha.pdf> Acesso em: 10 dez. 2022.

TINÔCO, I. de FF. **Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros.** Brazilian Journal of Poultry Science, v. 3, p. 01-26, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbca/a/zMWbLZvRSnhc5DjcZC59xvt/#>. Acesso em: 10 dez. 2022.