

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA

Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

BRAYAM MOREIRA DA SILVA

**DESEMPENHO DE TELHAS TERMOACÚSTICA EM GALPÕES EM ESCALA
REDUZIDA PARA GALINHAS POEDEIRAS**

Tupã – SP

2021

BRAYAM MOREIRA DA SILVA

**DESEMPENHO DE TELHAS TERMOACÚSTICA EM GALPÕES EM ESCALA
REDUZIDA PARA GALINHAS POEDEIRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Tupã, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento.

Área de concentração: Agronegócio e Desenvolvimento

Linha de pesquisa: Desenvolvimento e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Mario Mollo Neto

Coorientadores: Prof. Dr. Diogo de Lucca Sartori

Tupã – SP

2021

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação da FCE – Unesp, Câmpus Tupã:

S381d Silva, Brayam Moreira da.
Desempenho de telhas termoacústica em galpões em escala reduzida para galinhas poedeiras. / Brayam Moreira da Silva. – Tupã: [s.n.], 2021.
139 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Universidade Estadual Paulista UNESP – Faculdade de Ciências e Engenharia, 2021.

Orientador: Mario Mollo Neto
Coorientador: Diogo de Lucca Sartori

1. Poedeiras. 2. Cobertura. 3. Sensores. 4. Conforto. 5. Índice de Conforto. I. Título. II. Autor.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DESEMPENHO DE TELHAS TERMOACÚSTICA EM GALPÕES EM ESCALA REDUZIDA PARA GALINHAS POEDEIRAS

AUTOR: BRAYAM MOREIRA DA SILVA

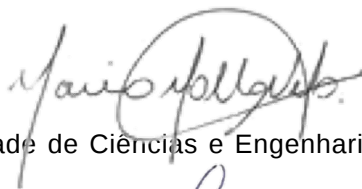
ORIENTADOR: MARIO MOLLO NETO

COORDENADOR: DIOGO DE LUCCA SARTORI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONEGÓCIO E DESENVOLVIMENTO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARIO MOLLO NETO (Participação Virtual)

Departamento de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP



Profa. Dra. LEDA GOBBO DE FREITAS BUENO (Participação Virtual)

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - FCAT - UNESP - Dracena/SP



Prof.^a Dr.^a CAMILA PIRES CREMASCO GABRIEL (Participação Virtual)

Coordenadoria do Curso de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP



Tupã, 01 de março de 2021

DEDICATÓRIA

Dedico a presente dissertação de mestrado aos meus pais, irmão, cunhada e minha namorada que me apoiaram e me incentivaram durante todo o período do mestrado, além do meu orientador Mario Mollo Neto e coorientador Diogo de Lucca Sartori que me ajudaram a desenvolver esta dissertação de mestrado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela capacidade que me deu de poder realizar o Mestrado em Ciências na UNESP de Tupã, e por Ele ter colocado pessoas maravilhosas no decorrer do curso no meu caminho, agrago também a minha mãe, pai, irmão, cunhada e namorada sem ao qual não teria chegado aonde cheguei hoje e conseguido terminar o mestrado.

Sou grato ao meu orientador, coorientador e alguns professores que me ensinaram e demonstraram como é o processo para desenvolver uma dissertação de mestrado e como que é realizada uma pesquisa acadêmica, porém sou ainda mais grato por ter tido a oportunidade de ter um orientador que é excepcional e competente no que faz, sem qual, provavelmente não teria realizado a presente dissertação de mestrado.

Agradeço ainda a contribuição que a professora Dra. Leda Gobbo de Freitas Bueno e a professora Dra. Camila Pires Cremasco Gabriel deram na qualificação para que fosse aprimorada a versão final da dissertação, e ao Bruno Hiromoto Oikawa assistente acadêmico que me auxiliou e ajudou a desenvolver, montar e realizar os testes dos Arduinos.

Para finalizar agradeço da forma mais simples possível a todos que me ajudaram com um muito obrigado, valeu, sou grato por tudo que fizeram por mim.

RESUMO

As mudanças climáticas afetam a produção animal com as altas temperaturas, influenciando assim o bem-estar das galinhas poedeiras, levando a estresse calórico e a grandes mortalidades, gerando perdas econômicas para o setor. Assim a presente pesquisa, analisou o desempenho térmico das telhas de fibrocimento, termoacústicas e cerâmica, em galpões em escala reduzida para analisar a performance e os níveis de conforto térmico das coberturas com três telhas, a verificar qual a cobertura traz melhor conforto térmico. O ambiente interno foi monitorado por meio de *data loggers*, microcontroladores e sensores eletrônicos, para coletar dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar de fevereiro a março de 2020. Com esses dados, foram desenvolvidos cálculos dos índices de conforto para galinhas poedeiras, ITU (Índice de Temperatura e Umidade), ITGU (Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade), CTR (Carga Térmica Radiante), TRM (Temperatura Radiante Média) e TE (Temperatura Efetiva). Com os resultados observou-se que, para o ITGU a telha cerâmica teve um desempenho médio de 2,35% melhor que a termoacústica, porém ambas tiveram um desempenho melhor que a telha de fibrocimento. Já para o ITU, a telha termoacústica foi a que teve o pior desempenho, pois foram constatados períodos com estresse severo causado pelo calor representando perigo, já com a telha de fibrocimento e a cerâmica foram as que obtiveram melhor resultado de acordo com o ITU. Ainda assim, a telha cerâmica mostrou melhor resultado que a de fibrocimento, tendo um resultado médio de 2,20% a menos no resultado. Os resultados obtidos pelo CTR para todas as telhas são parecidos, existindo uma diferença de até 10% entre elas, porém em dois dias houve um valor de diferença significativo das telhas termoacústicas, sendo muito acima da demais, chegando até a 40% de diferença. Para o indicador TE se observa que entre as três coberturas a telha cerâmica é a que possui a melhor temperatura efetiva, tendo uma temperatura média 6,55% a menos, seguida da telha termoacústica e, pôr fim, a telha de fibrocimento. Assim, de acordo com os resultados dos índices, considera-se o melhor desempenho térmico para a telha cerâmica, seguida telha termoacústica e a telha de fibrocimento.

Palavras-Chave: Poedeiras, Cobertura, Sensores, Conforto, Índice de Conforto.

ABSTRACT

Climate changes affect animal production with high temperatures, thus influencing the well-being of laying hens, leading to heat stress and high mortality, generating economic losses for the sector. Thus, the present research analyzed the thermal performance of fiber cement, thermoacoustic and ceramic tiles, in small scale sheds to analyze the performance and the thermal comfort levels of the roofs with three tiles, to verify which roof provides the best thermal comfort. The internal environment was monitored by means of dataloggers, microcontrollers and electronic sensors, to collect air temperature and relative humidity data from February to March 2020. With these data, calculations of comfort indexes for laying hens, ITU were developed (Temperature and Humidity Index), ITGU (Black Globe Temperature Index and Humidity), CTR (Radiant Thermal Load), TRM (Average Radiant Temperature) and TE (Effective Temperature). With the results it was observed that, for ITGU, the ceramic tile had an average performance of 2.35% better than the thermoacoustic one, however both had a better performance than the fiber cement tile. As for the ITU, the thermoacoustic tile was the one that had the worst performance, as periods with severe heat stress were found to represent danger, whereas the fiber cement tile and the ceramic tiles were the ones that obtained the best results according to the ITU. Even so, the ceramic tile showed a better result than the fiber cement, with an average result of 2.20% less in the result. The results obtained by the CTR for all tiles are similar, with a difference of up to 10% between them, but in two days there was a significant difference in value of the thermoacoustic tiles, being much above the others, reaching up to 40% difference. For the TE indicator, it is observed that among the three coverings, the ceramic tile has the best effective temperature, with an average temperature of 6.55% less, followed by the thermoacoustic tile and, finally, the fiber cement tile. Thus, according to the results of the indices, the best thermal performance for the ceramic tile is considered, followed by the thermoacoustic tile and the fiber cement tile.

Key-Words: Layers, Roofing, Sensors, Comfort, Comfort Index.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. COEFICIENTE DE CORREÇÃO ESTATÍSTICA, OU COEFICIENTE DE CORREÇÃO DE PEARSON.....	40
TABELA 2. DIAS COMPLETOS DE LEITURA.....	46
TABELA 3. ÍNDICES DE AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO.....	48
TABELA 4. RESUMO DA ANÁLISE DOS DADOS DOS SENSORES.....	60
TABELA 5. FAIXAS DE CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO DE ACORDO COM O ITU.....	65
TABELA 6. FAIXAS DE CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO DE ACORDO COM O ITGU.....	65
TABELA 7. FAIXAS DE CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO DE ACORDO COM O TE.....	65
TABELA 8. CÁLCULO DO INDICADOR DE CONFORTO TÉRMICO ITGU ...	66
TABELA 9. CÁLCULO DO INDICADOR DE CONFORTO TÉRMICO CTR	67
TABELA 10. CÁLCULO DO INDICADOR DE CONFORTO TÉRMICO TRM..	68
TABELA 11. CÁLCULO DO INDICADOR DE CONFORTO TÉRMICO ITU....	69
TABELA 12. CÁLCULO DO INDICADOR DE CONFORTO TÉRMICO TE.....	70
TABELA 13. DADOS DA COLETA DE TEMPERATURA COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA TELHAS DE FIBROCIMENTO	71
TABELA 14. MÉDIAS DOS DADOS COLETADOS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA TELHAS DE FIBROCIMENTO	73
TABELA 15. DADOS DA COLETA DE TEMPERATURAS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA TELHAS TERMOACÚSTICAS	74
TABELA 16. MÉDIAS DOS DADOS COLETADOS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA TELHAS TERMOACÚSTICAS	75
TABELA 17. DADOS DA COLETA DE TEMPERATURAS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA TELHAS CERÂMICAS.....	77
TABELA 18. MÉDIAS DOS DADOS COLETADOS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA TELHAS CERÂMICAS.....	78
TABELA 19. DATAS CRÍTICAS E TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS NAS FACES SUPERIOR E INFERIOR DAS TELHAS.....	80

TABELA 20. DADOS DA COLETA MANUAL DE TEMPERATURAS COM TERMÔMETRO A LASER DE MÃO PARA TELHAS DE FIBROCIMENTO	88
TABELA 21. MÉDIAS DOS DADOS COLETADOS COM TERMÔMETRO A LASER DE MÃO PARA TELHAS DE FIBROCIMENTO	89
TABELA 22. DADOS DA COLETA MANUAL DE TEMPERATURAS COM TERMÔMETRO A LASER DE MÃO PARA TELHAS TERMOACÚSTICAS	90
TABELA 23. MÉDIAS DOS DADOS COLETADOS COM TERMÔMETRO A LASER DE MÃO PARA TELHAS TERMOACÚSTICAS	92
TABELA 24. DADOS DA COLETA MANUAL DE TEMPERATURAS COM TERMÔMETRO A LASER DE MÃO PARA TELHAS CERÂMICAS	93
TABELA 25. MÉDIAS DOS DADOS COLETADOS COM TERMÔMETRO A LASER DE MÃO PARA TELHAS CERÂMICAS.....	94
TABELA 26. DATAS CRÍTICAS E TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS NAS FACES SUPERIOR E INFERIOR DAS TELHAS.....	96

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. TELHA CERÂMICA	28
FIGURA 2. TELHA DE FRIBROCIMENTO	29
FIGURA 3. TELHA TERMOACÚSTICA	31
FIGURA 4. ZONAS DE TEMPERATURA AMBIENTE, TEMPERATURA CORPORAL E TAXA METABÓLICA, PARA ANIMAIS HOMEOTÉRMICOS...	33
FIGURA 5. INTERPRETAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS COM USO DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO LINEAR “R”	41
FIGURA 6. PONTOS SELECIONADOS NAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS	49
FIGURA 7. PONTOS SELECINADOS NAS COBERTURAS	50
FIGURA 7. U12-012 HOBO	51
FIGURA 8. DHT22	47
FIGURA 9. LM35.....	52
FIGURA 10. PROJETO DO GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA – VISTA LATERA E PLANTA BAIXA.....	53
FIGURA 11. PROJETO DO GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA – CORTE E COBERTURA.....	54
FIGURA 12. GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA COM TELHA DE FIBROCIMENTO.....	55
FIGURA 13. GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA COM TELHA TERMOACÚSTICA.....	56
FIGURA 14. GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA COM TELHA CERÂMICA....	56
FIGURA 15. DESENHO DA ESTRUTURA PARA TELHA CERÂMICA	57
FIGURA 16. VISTA SUPERIOR DA DISTRIBUIÇÃO DOS SENSORES E BATERIAS PARA ALIMENTAÇÃO DOS COLETORES DE DADOS NOS GALPÕES EM ESCALA REDUZIDA	58
FIGURA 17. VISTA FRONTAL DA DISTRIBUIÇÃO DOS SENSORES NOS GALPÕES EM ESCALA REDUZIDA	58
FIGURA 18. DIAGRAMA DE INTERLIGAÇÕES DO HARDWARE	59
FIGURA 19. INSTALAÇÃO DOS SENSORES DENTRO DO GALPÃO COM TELHA DE FIBROCIMENTO	63

FIGURA 20. INSTALAÇÃO DOS SENSORES DENTRO DO GALPÃO COM TELHA TERMOACÚSTICA.....	63
FIGURA 21. INSTALAÇÃO DOS SENSORES DENTRO DO GALPÃO COM TELHA CERÂMICA.....	64
FIGURA 22. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA DE FIBROCIMENTO DO DIA 24/02/2020 ÀS 16H00	82
FIGURA 23. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA DE FIBROCIMENTO DO DIA 25/02/2020 ÀS 08H00	82
FIGURA 24. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA DE FIBROCIMENTO DO DIA 25/02/2020 ÀS 12H00	83
FIGURA 25. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA DE FIBROCIMENTO DO DIA 05/03/2020 ÀS 12H00	83
FIGURA 26. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA TERMOACÚSTICA DO DIA 24/02/2020 ÀS 16H00	84
FIGURA 27. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA TERMOACÚSTICA DO DIA 28/02/2020 ÀS 12H00	84
FIGURA 28. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA TERMOACÚSTICA DO DIA 04/03/2020 ÀS 12H00	85
FIGURA 29. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA TERMOACÚSTICA DO DIA 05/03/2020 ÀS 08H00	85
FIGURA 30. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA CERÂMICA DO DIA 25/02/2020 ÀS 08H00	86
FIGURA 31. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA CERÂMICA DO DIA 25/02/2020 ÀS 12H00	86
FIGURA 32. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA CERÂMICA DO DIA 03/03/2020 ÀS 12H00	87
FIGURA 33. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA CERÂMICA DO DIA 06/03/2020 ÀS 16H00	87

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. DADOS DE TEMPERATURA DO GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA 1	47
GRÁFICO 2. DADOS DE UMIDADE DO GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA 1	47
GRÁFICO 3. COLUNAS AGRUPADAS PARA AS TEMPERATURAS OBTIDAS PARA AS TELHAS DE FIBROCIMENTO.....	73
GRÁFICO 4. COLUNAS AGRUPADAS PARA AS TEMPERATURAS OBTIDAS PARA AS TELHAS TERMOACÚSTICAS	76
GRÁFICO 5. COLUNAS AGRUPADAS PARA AS TEMPERATURAS OBTIDAS PARA AS TELHAS CERÂMICAS.....	79
GRÁFICO 6. COMPARAÇÃO ENTRE AS TRÊS COBERTURAS COM DADOS DA CÂMERA TERMOGRÁFICA E LM 35	81
GRÁFICO 7. COLUNAS AGRUPADAS PARA AS TEMPERATURAS OBTIDAS PARA AS TELHAS DE FIBROCIMENTO.....	90
GRÁFICO 8. COLUNAS AGRUPADAS PARA AS TEMPERATURAS OBTIDAS PARA AS TELHAS TERMOACÚSTICAS	92
GRÁFICO 9. COMPARAÇÃO ENTRE AS TRÊS COBERTURAS COM DADOS DO TERMÔMETRO LASER DE MÃO E LM 35	97

LISTA DE SIGLAS

UBA – União Brasileira de Avicultura
ONG – Organização Não Governamental
ITGU – Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade
CTR – Carga Térmica de Radiação
TRM – Temperatura Radiante Média
ITU – Índice de Temperatura e Umidade
TE – Temperatura Efetiva

Sumário

1. INTRODUÇÃO	20
1.1. HIPÓTESE E JUSTIFICATIVA	22
1.2. OBJETIVOS	23
2. REVISÃO DA LITERATURA	24
2.1. Construções rurais	24
2.1.1. Ambiente de produção de ovos	25
2.1.2. Cobertura de galpões de produção avícola	26
2.1.3. Telhas Utilizadas em coberturas de construções	27
2.2. Conforto térmico	31
2.2.1. Influências na produção das poedeiras	33
2.3. Indicadores de conforto térmico.....	34
2.4. Instrumentação de galpões para aves.....	36
2.5. Análise termográfica	37
2.6. Termômetro infravermelho de mão	38
2.7. Correlação	39
3. MATERIAIS E MÉTODOS	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1. Resultados da fase inicial do experimento	51
4.1.1. Preparação para o experimento	51
4.1.2. Montagem dos telhados	54
4.1.3. Projeto de distribuição dos sensores nos galpões em escala reduzida	57

4.1.4. Construção do <i>hardware</i> de coleta de dados	59
4.1.5. Desenvolvimento do <i>firmware</i> inicial para coleta de dados com Arduino	59
4.1.6. Teste dos sensores	60
4.2. Experimento principal.....	62
4.2.1. Cálculo dos indicadores de conforto térmico	64
4.2.2. Resultado da temperatura de superfície coletada com câmera termográfica	71
4.2.3. Resultado da temperatura de superfície coletada com termômetro a laser de mão	88
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
REFERÊNCIAS.....	100
APÊNDICES	111
Apêndice I – Gráficos de correlação das médias da temperatura e umidade.....	111
Apêndice II – Diagramas de dispersão da temperatura e umidade	120
Apêndice III – Algoritmo de coleta codificado em linguagem de programação C:	129

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas que o Brasil enfrenta na produção de ovos e de frango de corte é o fator climático, pois o Brasil é um país tropical possuindo condições climáticas inadequadas para a produção dos animais, devido à alta temperatura e alta umidade relativa do ar, fazendo com que o desempenho das aves seja menor (OLIVEIRA et al, 2016).

Torres Júnior et al. (2008) ressaltam que o maior problema das instalações agrícolas nos trópicos se relaciona com a inadequação térmica, elevada umidade relativa e a baixa velocidade do ar, o que reduz a capacidade de transferência de energia e aumenta o estresse térmico de seus ocupantes, sendo proporcionada pela ação dos elementos meteorológicos. Segundo Carvalho et al. (2011) as condições térmicas acima da zona de conforto admissível podem comprometer o desempenho dos animais de produção.

Segundo Yanagi et al. (2011) o ambiente de produção exerce papel fundamental na avicultura, pois busca alcançar alta produtividade dentro dos espaços físicos e tempos relativamente reduzidos.

A temperatura do ambiente na avicultura é um fator importante para o sucesso da atividade, pois as poedeiras são bastante sensíveis às mudanças de temperatura e umidade, o que pode acarretar na queda do desempenho, mortalidade e produtividade das poedeiras, assim é necessário tomar medidas que venham proporcionar um ambiente térmico aceitável dentro da zona de conforto (SCHUTZ, 2011).

A escolha do galpão para a criação de poedeiras é um processo que engloba a análise econômica e o estudo do clima da região que o galpão será edificado, para que se possa utilizar materiais de construtivos adequados, se aliando a um manejo correto e eficiente, permitindo a obtenção de um ambiente interno adequado e confortável, onde as poedeiras poderão desempenhar todo o seu potencial genético (ALBINO e TAVERNARI, 2010).

Os materiais utilizados para edificar diferentes tipos de galpões são determinantes para uma condição térmica adequada para a produção de ovos, ao qual devesse considerar os tipos de materiais utilizados principalmente na cobertura, pois o calor gerado pelas poedeiras e aquele proveniente da

radiação solar, são as duas fontes principais de calor no interior das edificações, a radiação solar que atua dentro da edificação através do telhado, poderá influenciar com maior intensidade o ambiente interno dependendo do material utilizado no telhado (TINÔCO, 2001).

Com isso, nas instalações de animais o telhado tem papel fundamental na determinação das suas trocas térmicas, principalmente em regiões com clima quente (TURNPENNY et al., 2000). A temperatura interna do ambiente é muito influenciada pelo telhado, pois este absorve e repele grande parte da energia proveniente da radiação solar e transmite para o interior das edificações, aumentando a temperatura interna, por meio do ganho térmico, isso ocorre devido à grande área de interceptação de radiação que o telhado ocupa (ALMEIDA et al, 2016).

A temperatura e umidade do ar devido aos climas subtropicais e tropicais das regiões do Brasil são limitantes ao desenvolvimento, produção e reprodução dos animais, em razão do estresse a eles associado, sendo assim os materiais a serem utilizados para a confecção das instalações dos animais devem permitir bom isolamento térmico para que o ambiente interno dessas instalações seja menos influenciado pela variação climática proporcionando um ambiente agradável (PADILHA et al., 2001).

A avicultura é uma atividade que depende muito do conforto térmico, devido ao fato das poedeiras terem passado por um avançado melhoramento genético, apresentando assim elevado potencial produtivo, sendo necessário uma estrutura adequada para manter e dar continuidade a essa evolução, pois precisamos manter as poedeiras protegidas dos efeitos ambientais externos (SILVA, 2003).

Por não existirem muitos estudos voltados às poedeiras, mas sim aos frangos de corte, devido a proteína de frango ser um dos produtos mais exportados, pretende-se com esse trabalho realizar uma busca e avaliar se telhas mais modernas podem vir a mitigar os problemas relacionados ao estresse térmico para as poedeiras.

Sendo assim foi utilizada a telha termoacústica para poder observar se a mesma pode trazer benefícios e afetar o ambiente térmico do aviário de maneira positiva.

1.1. HIPÓTESE E JUSTIFICATIVA

Com a presente pesquisa, espera-se poder confirmar que as telhas termoacústicas podem trazer melhor conforto térmico e reduzir o estresse para as galinhas poedeiras, possibilitando que haja um aumento na produção de ovos e diminuição dos efeitos estressores causados nos períodos mais quentes do ano.

A região da Alta Paulista possui uma grande representatividade na produção de ovos, pois temos a cidade de Bastos que é uma das cidades que mais produz ovos no país, e se encontra entre as cidades de nossa região em uma zona tropical do país, ao qual a incidência solar é alta, fazendo com que tenhamos altas temperaturas durante o ano, gerando desconforto térmico muitas vezes por causa da irradiação solar.

Um dos problemas encontrados nos galpões utilizados para galinhas poedeiras é a temperatura e umidade do ar, que são afetados negativamente pela alta radiação solar e, mesmo com esses problemas, em 2018, segundo o IBGE (2019) o Brasil produziu aproximadamente 3,6 bilhões de ovos.

Devido a essa importância do setor na geração de renda da região, é importante que se tenha uma otimização dos materiais de construção, para que se alcancem benefícios e economia nas granjas, não precisando direcionar maiores investimentos em equipamentos para conforto ambiental.

1.2. OBJETIVOS

Avaliar o desempenho térmico das telhas termoacústicas em coberturas de galpões de produção de aves de postura em relação às telhas tradicionais utilizadas nos galpões, além de:

- Analisar a performance e os níveis de conforto térmico das coberturas com diferentes telhas;
- Verificar qual tipo de cobertura traz melhor conforto térmico para galpões de produção de aves de postura;
- Relacionar o conforto gerado pelos diferentes tipos de cobertura com as necessidades fisiológicas das aves de postura.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Construções rurais

Os sistemas intensivos de produção agrícola têm influenciado significativamente no conforto e bem-estar dos animais e no comportamento natural dos mesmos, afetando o seu desempenho produtivo, sendo assim é importante adequar o ambiente de produção para que haja o bem-estar dos animais para um desempenho produtivo maior, pois a variância no ambiente de produção por causa da temperatura e outros fatores já são esperados (PONCIANO *et al.*, 2013).

Devido a alguns fatores, pode-se encontrar limitações para se obter altos índices zootécnicos no Brasil, isso ocorre devido ao clima quente e o ambiente precário de alojamento dos animais, com isso se tem a necessidade de ter instalações adequadas para os animais, isto podendo ocorrer por meio de construções adaptadas ou construções novas levando em consideração as necessidade fisiológicas dos animais para garantir um melhor conforto térmico, sendo possível obter um melhor desenvolvimento do animal e uma maior produção (ABREU *et al.*, 2011).

Os galpões construídos utilizados para produção de aves de postura no Brasil têm nos seus projetos uma forte influência de países com clima temperado, sendo assim sem os ajustes necessários desses galpões ao nosso clima, acaba ocorrendo o desconforto térmico para as poedeiras, aumentando a ocorrência de doenças, perda da qualidade do ar e dependência energética (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Sendo assim os projetos de construções rurais devem possuir especificidades devido as suas finalidades de uso, devendo ser levados em consideração os tipos de produção agrícola que se destinarão a construção e quais animais ficaram alojados neles, fazendo com que o profissional possa definir o melhor método construtivo, os materiais adequados, levando em consideração as questões de conforto térmico, acústico e fisiológicos da produção animal que será alocada.

Nas construções modernas utiliza-se de sistemas de produção mais produtivos, ao qual se utilizam de meios tecnológicos para o aumento da

produção, sendo levados em consideração os aspectos fisiológicos, de conforto térmico, acústico e de produtividade, fazendo com que os custos de produção assumam um papel fundamental no setor agrícola, proporcionando um maior rendimento com o menor custo, porém esses sistemas de produção mais modernos acabam sendo inviáveis para o pequeno e médios produtores rurais, pois os custos para construções e instalação desses meios de produção modernos possuem preços elevados (CAMARGO, 2001).

2.1.1. Ambiente de produção de ovos

Os galpões utilizados para produção de aves devem promover um ambiente confortável, limpo e protegido, sem exigir gastos para a conversão de energia ou dissipação de calor das aves, permitindo que o animal desempenhe seu potencial genético ao máximo em uma área confortável, resultando maior produção (ALMEIDA e PASSINI, 2013; LOPES, 2011).

Alguns cuidados devem ser observados antes de se definir e escolher o local da construção e das instalações avícolas, para que se tenha um ambiente confortável para o animal, sendo que o clima é um dos mais importantes fatores a serem considerados na hora de projetar e escolher o local que será edificado o galpão, também chamado de aviário para frangos, seja de corte ou postura. O galpão de produção de ovos pode ser construído de madeira, alvenaria ou estrutura metálica, podendo ter uma largura que varia de 8 a 12 metros e o pé direito deve ter altura mínima de 2,8 metros (LOPES, 2011).

O galpão para produção de ovos deve ser construído em local alto, ventilado, seco, afastado de rodovias e das áreas urbanas e industriais, deve possuir orientação Leste/Oeste para que a cumeeira fique na linha do sol nascente ao poente evitando os raios solares nas laterais, para que não afete as aves nos períodos mais quente do dia, deve ter rede elétrica e água de qualidade em quantidade suficiente (ALBINO e TAVERNARI, 2010; SENAR, 2011).

A produção de ovos pode ser realizada em sistema de piso, gaiolas ou baterias, porém a recria é realizada em gaiolas em pelo menos 90% das vezes, ou seja, o sistema de produção da avicultura não se diferencia dos

outros tipos de produção no que diz respeito aos sistemas de produção, sendo eles o sistema extensivo, semi-intensivo e intensivo (LOPES, 2011).

Segundo o SENAR (2011) dentro do ambiente de produção de ovos são necessários alguns equipamentos instalados como:

Bebedouros: onde é disponibilizada água limpa e de temperatura agradável;

Comedouros: utilizados para fornecimento de ração às aves e podem variar de acordo com a idade e sistema de criação;

Ventiladores: importantes na renovação do ar e controle da temperatura;

Silos: local de armazenamento da ração na granja;

Gerador de energia: como medida preventiva na falta de energia elétrica;

Cortinas: na cor amarela ou azul, utilizados para controle de temperatura;

Reservatório de água: importantes para garantir o fornecimento ininterrupto de água para as aves;

Nebulizador: permite a queda da temperatura dentro do galpão em dias quentes;

Aquecedores: utilizados nos primeiros dias de vida da ave permitindo maior conforto térmico dentro do galpão;

Balança: ferramenta útil para pesagem da ração;

Termo-higrômetro: aparelho para aferição de temperatura e umidade do ar;

Ninhos: equipamentos utilizados no sistema extensivo e semi-intensivo de produção de ovos.

2.1.2. Cobertura de galpões de produção avícola

Os galpões de produção avícola podem ser construídos utilizando-se de telhado de uma, duas, três, quatro águas ou em arco, porém normalmente são construídos com cobertura em duas águas e, na escolha da telha da cobertura, deve ser levada em consideração a disponibilidade de materiais e

existência de materiais alternativos na região e o clima do local onde será edificado o galpão (SENAR, 2011).

O uso de materiais adequados de cobertura nos galpões de produção animal promove a redução da carga térmica interna do ambiente quando comparado com situações de exposição à radiação solar direta, melhorando assim o conforto térmico dos ocupantes (BAÊTA e SOUZA, 2010).

A cobertura é o elemento construtivo que tem maior significância em um galpão de aves em relação ao controle da radiação solar incidente para o conforto térmico (NÄÄS *et al*, 2001).

A cobertura dos galpões é um elemento construtivo que pode interferir de forma significativa no bem-estar térmico e na produtividade dos aviários, os galpões que são construídos com cobertura de telhas de fibrocimento possuem um desempenho térmico inferior dos galpões que são construídos com cobertura de telhas de cerâmica. Ainda são utilizados outros materiais e técnicas para proporcionar um melhor isolamento da cobertura dos aviários, melhorando assim a produtividade, como a utilização de lanternim para renovação do ar por meio da exaustão, a utilização de forros de polietileno, caixas de leite, madeira, etc., isolando termicamente o ambiente interno da radiação solar (ABREU *et al.*, 2007; SILVA *et al.* 2013; VITORASSO; PEREIRA, 2009; JÁCOME *et al.*, 2007).

A cobertura de um galpão de aves de postura é o único elemento construtivo que separa a ave do ambiente externo, já que as cortinas laterais são muito fracas e não conseguem realizar o isolamento da radiação solar, acabando por ser prejudicial as poedeiras nos períodos quentes, pois impedem que a ventilação natural entre nos galpões, desse modo pode-se perceber a importância da escolha dos materiais de cobertura, bem como a concepção arquitetônica e o paisagismo ao redor, ao qual têm a finalidade de amenizar tanto a radiação solar como as baixas temperaturas do frio (TINÔCO, 2001).

2.1.3. Telhas Utilizadas em coberturas de construções

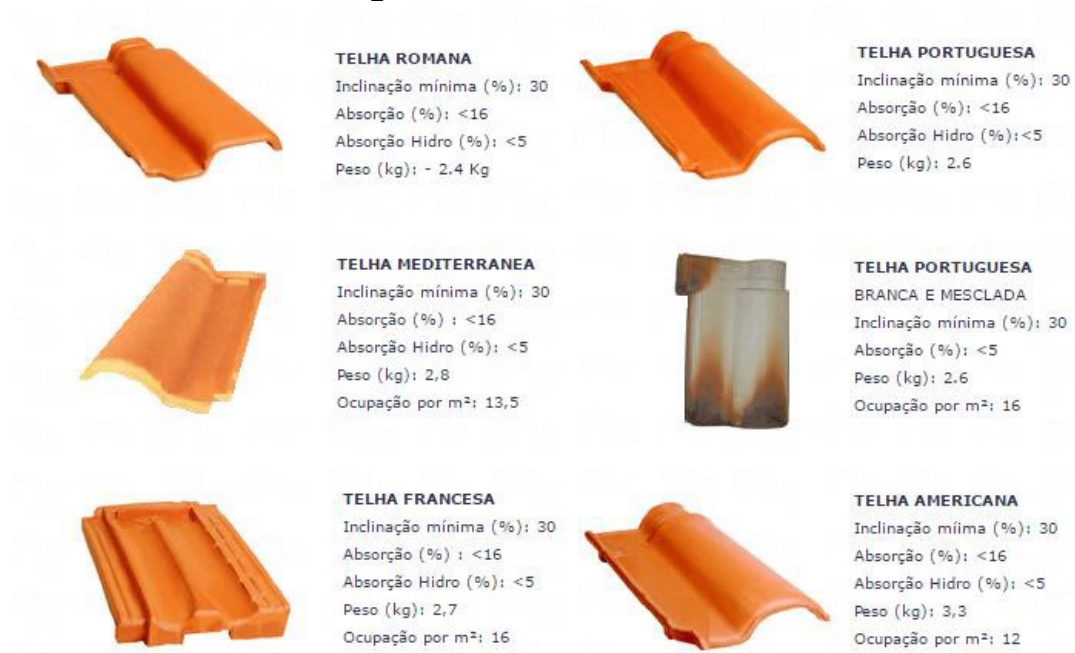
Hoje pode-se encontrar diferentes tipos de telhas no mercado, sendo fabricadas com diferentes tipos de materiais e com propriedades diferentes, os galpões de galinhas de postura normalmente são edificados com telhas de

fibrocimento ou telhas de cerâmica, sendo essas duas telhas também encontradas facilmente em edificações urbanas, por outro lado temos a telha termoacústicas que normalmente são encontradas em edificações industriais, e agora podem ser encontradas em algumas edificações urbanas e rurais.

A telha de cerâmica é um dos materiais mais antigos utilizados como cobertura, elas surgiram inicialmente na China, depois foi se espalhando pelo mundo, essas telhas necessitam de uma inclinação mínima de 30 a 45 graus para o escoamento das águas pluviais (LESSA 2009; LENGEN, 2009).

Por metro quadrado (m²) essas telhas pesam em torno de 40 kg e para sustentar essas telhas é necessária uma boa estrutura de madeira ou metálica (REIS, 2002). Existem ainda diferentes modelos de telha de cerâmica como a telha romana, a portuguesa, a francesa, como mostra a Figura 1.

Figura 1. TELHA CERÂMICA



Fonte: FKCT (2019).

As telhas de fibrocimento (Figura 2) surgiram depois das telhas de cerâmicas, essas telhas inicialmente eram fabricadas por meio de uma mistura de água, cimento, calcário, fibra de amianto crisotila, celulose e lama de cal, porém com a descoberta de que o amianto faz mal à saúde de quem manipulava o mineral e de quem utilizava o material derivado do mesmo, a fabricação destas telhas com fibra de amianto foi proibida, com isso as fábricas

passaram a fabricar essas telhas utilizando fibras sintéticas (LESSA, 2009; PETRUCCI, 1979).

As telhas de fibrocimento são mais leves, não necessitam de uma estrutura tão robusta como as de cerâmica e sua inclinação mínima é menor que a das telhas cerâmicas, porém devemos ficar atentos e olhar a inclinação que os fabricantes recomendam, pois, as telhas de fibrocimento existem em diferentes espessuras e modelos, exigindo diferentes inclinações para o escoamento das águas pluviais (LENGEN, 2009; LOGSDON, 2002).

FIGURA 2. TELHA DE FRIBROCIMENTO



Fonte: TUDO CONSTRUÇÃO (2019).

As telhas termoacústicas ou telhas sanduíche, como são chamadas popularmente, surgiram no mercado a pouco tempo se comparadas as demais telhas, por ser uma telha nova e utilizada nas construções industriais, dificilmente vemos elas nas construções rurais e urbanas, mas nada impede de serem utilizadas em construções rurais e urbanas.

As telhas termoacústicas são formadas normalmente por duas telhas de zinco ou uma telha de zinco e uma folha de alumínio, com um preenchimento de poliestireno (isopor) ou poliuretano que pode medir de 3 a 5 cm que servem como um isolante térmico e acústico (METAL FORTE, 2020). Para a utilização dessas telhas não é necessária uma estrutura tão robusta como as das telhas de cerâmica, para que as águas pluviais escorram basta uma inclinação de 5%, porém se recomenda utilizar uma inclinação de 20%.

O uso de materiais como o poliestireno e poliuretano se objetiva no isolamento térmico e acústico, buscando melhorar a condição interna da

edificação, porém os materiais isolantes podem ser materiais inorgânicos e orgânicos, os materiais do grupo inorgânico encontramos a fibra de vidro e a lã rocha, o silicato de cálcio e a vermiculita, já nos orgânicos pode-se dividir em dois tipos, os materiais fibrosos e celulares, formados por celulose, algodão, madeira, fibras sintéticas e poliestireno, poliuretano e outros polímeros existentes no mercado (CALDEIRA, 2016).

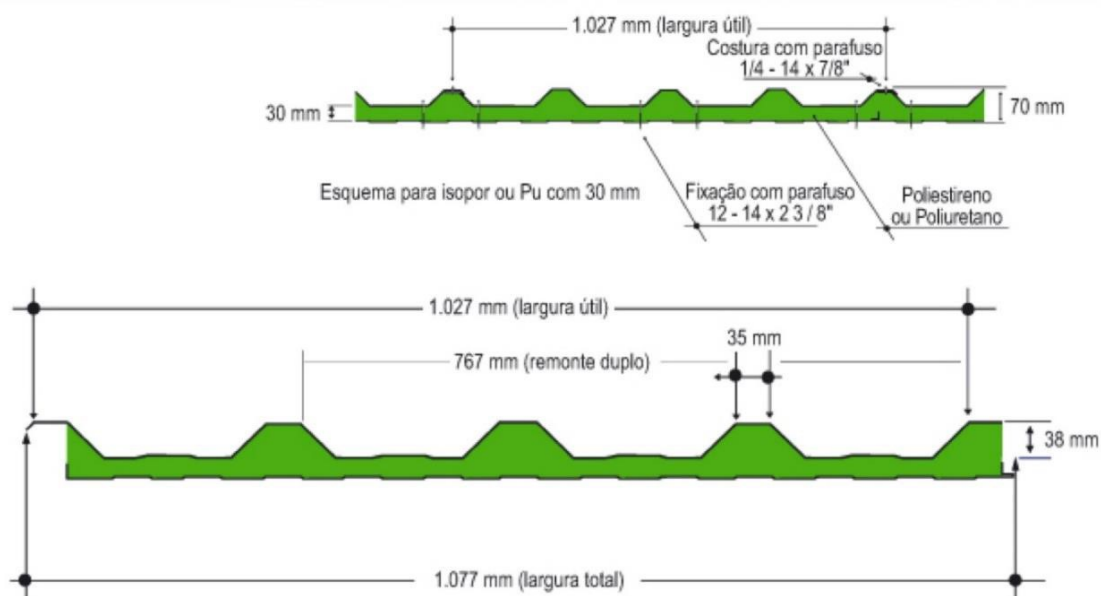
A característica comum dos materiais isolantes é a sua capacidade de redução da transferência de calor por condução, sendo a sua resistência térmica proporcionada devido à grande quantidade de ar presente entre as suas fibras ou em suas células formadas durante o processo de expansão, ou ainda a presença de outros gases nos seus poros, com condutividade menor que a do ar (DIAS, 2011).

As telhas termoacústicas tem se mostrado uma opção técnica interessante, pois o procedimento para a sua instalação é o mesmo das demais coberturas, além de ser economicamente competitiva, já que em função das suas dimensões podem-se alcançar vãos extensos, visto ainda que o material continua leve se comparado a outros tipos de telhas, deve ser considerada ainda a gama de possibilidades de aplicação de tintas e resinas protetoras, diferentes combinações de telhas e outros materiais (ANDRADE, 2016).

CHRISCHON et al. (2016) realizaram análise sobre o desempenho acústico de telhas sanduíches, constatando que as telhas sanduíches possuem um nível de isolamento acústico bom se comparado a telhas de zinco, porém baixo se comparado a paredes de alvenaria, porém esta apresentou um desempenho acima do esperado, considerando que as telhas sanduíches são materiais leves e apresentam densidade superficial baixa em relação as paredes de alvenaria.

A figura 3 exibe características construtivas das telhas termoacústicas.

Figura 3. TELHA TERMOACÚSTICA



Fonte: QUARTO QUENTE (2019).

2.2. Conforto térmico

Devido ao nosso clima tropical e subtropical que geram altas temperaturas e umidade relativa do ar, principalmente no verão, ocorre o desconforto térmico quase que permanente para as aves, sendo um dos principais fatores que afetam o desempenho produtivo das aves, a questão de conforto térmico animal anteriormente era tratada como uma questão secundária a algumas décadas atrás, porém vem ganhando uma visibilidade maior com o passar do tempo (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Almeida e Passini (2013) reforçam falando que em países tropicais os principais fatores que afetam o bem-estar das aves e a produtividade são as altas temperaturas e umidade dentro das instalações, que causa estresse ao animal e por consequência diminuição da produção.

Com isso, o bem-estar dos animais utilizados para produção é um dos temas mais discutidos atualmente, tendo um grande crescimento de campanhas movidas pelos meios de comunicação social e uma pressão crescente das ONG's, gerando assim uma sensibilidade na opinião pública e processos legislativos em alguns países e, devemos ressaltar ainda que existe

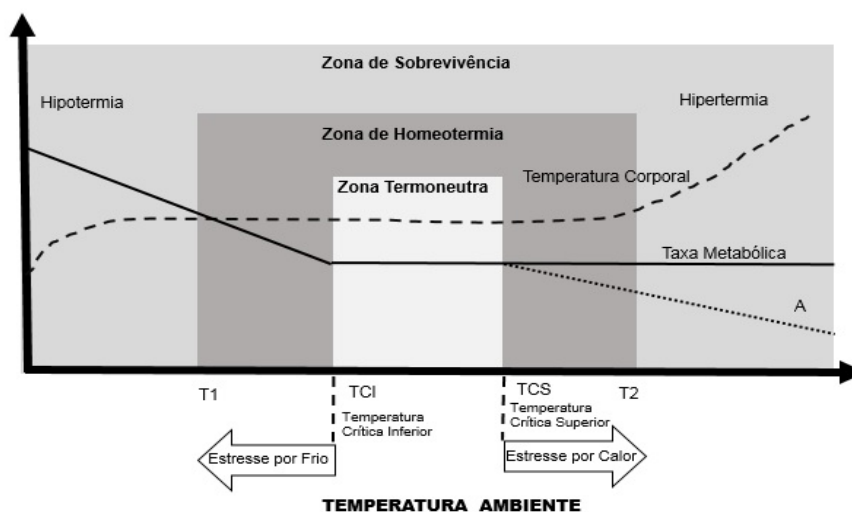
uma questão econômica envolvida, pois estudos mostram a relação entre o conforto térmico e acústico em relação a produção das aves (UBA, 2008).

Devido a altas e baixas temperaturas pode-se detectar condições de estresse térmico nas poedeiras, pelas altas temperaturas as poedeiras apresentam sintomas como redução do consumo de ração, respiração ofegante, perda de peso corporal, redução da taxa de ganho de peso, aumento das asas, diminuição na produção de ovos, etc., por outro lado o estresse causado pela baixa temperatura faz com que as poedeiras comecem a manter a homeotermia, aumentando a produção de calor, consumo de ração, diminuição na perda de calor e aglomeração dos frangos (OSORIO *et al.*, 2016).

As aves que são animais com características homeotérmicas, têm a habilidade de manterem a temperatura do corpo em um valor constante, independente da temperatura do ambiente externo. Esta característica só é alterada com mudanças consideráveis de temperatura no ambiente externo, fato este que acarreta o surgimento do estresse térmico (CASTILHO *et al.*, 2015; RIQUEÑA, 2017).

A Figura 4 apresenta as zonas de sobrevivência com destaque à zona termoneutra em que há o melhor conforto e melhores condições de produção para as aves poedeiras, e fora desta faixa, os problemas relativos ao estresse por frio ou calor podem afetar as aves e sua produção de maneira a, nos extremos, levar a morte.

FIGURA 4. ZONAS DE TEMPERATURA AMBIENTE, TEMPERATURA CORPORAL E TAXA METABÓLICA, PARA ANIMAIS HOMEOTÉRMICOS



Fonte: Adaptado de Silva e Maia 2013.

Na agropecuária moderna existem diversos fatores ambientais concorrentes para a criação de um ambiente adequado e saudável para que se possa gerar bem-estar para a produção de ovos, dentre esses fatores ambientais se destacam a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, poeira, a concentração de gases como NH_3 (amônia) e CO_2 (dióxido de carbono), os ruídos, a ventilação, densidade de criação e a limpeza e desinfecção dos galpões (MIRAGLIOTTA, 2000; SARAZ et al, 2010; LOURENÇONI et. al, 2013).

2.2.1. Influências na produção das poedeiras

A produção das poedeiras pode ser influenciada pela interação animal ambiente, por isso é importante a identificação dos fatores que influenciam na vida do animal, como a constante oscilação da temperatura e umidade do ambiente, com isso deve-se observar as diferentes respostas do animal de acordo com a oscilação da temperatura e umidade do ambiente, pois essas oscilações são determinantes no sucesso da produção avícola, sendo a identificação dos fatores que influenciam na vida do animal o que permite ajustes nas práticas de manejo possibilitando uma melhor sustentabilidade e viabilidade econômica na produção avícola (COSTA et al., 2012).

O sistema intensivo de produção de poedeiras possui influência direta na condição de conforto e bem-estar animal, logo esse sistema afeta diretamente a produção das poedeiras, além de que esse sistema pode promover dificuldades para realizar ajustes térmicos e de umidade dentro dos galpões, dificultando assim a obtenção de uma zona de termoneutralidade para que as aves possam expressar melhor as suas características produtivas (NAZARENO et al, 2009).

A zona de conforto térmico para as poedeiras deve estar entre 20 e 30 °C, abaixo de 20 °C e acima de 30 °C ocorre estresse térmico, com isso o desempenho das aves pode ser afetado, acarretando diminuição ou aumento da ingestão de alimento e das atividades físicas, além de perda na produção, como diminuição na quantidade de ovos produzidos, aumento dos ovos com má formação e o óbito das aves (BAÊTA e SOUZA, 2010; VITORASSO e PEREIRA, 2009; COSTA ET AL., 2012; SILVA ET AL., 2012).

Um fator natural que pode também influenciar a produção das poedeiras são as ondas de calor causadas pelas altas temperaturas acima da média ao longo dos dias do ano, as ondas de calor estão relacionadas diretamente com a mortalidade das poedeiras, sendo as poedeiras afetadas mais ou menos devido ao tipo de galpão em que estão alojadas, havendo diminuição na produção devido ao estresse e morte das poedeiras (PEREIRA et al, 2010; RIQUENA et al., 2019).

Desse modo a manutenção da temperatura interna é essencial para o bem-estar das poedeiras, pois os fatores térmicos representados pela temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação térmica e movimento do ar podem causar diversas alterações fisiológicas, comprometendo a homeotermia das mesmas, fora da zona de conforto apresentada anteriormente, há diminuição da produtividade, desempenho reprodutivo e imunológico além de que as temperaturas extremas podem ser letais (RIQUENA et al., 2019)

2.3. Indicadores de conforto térmico

Nas pesquisas para identificar o nível de conforto térmico no ambiente de produção animal se utiliza de diversos indicadores (índices), como ITGU (índice de temperatura de globo negro e umidade), CTR (carga térmica

de radiação) TRM (temperatura radiante média), ITU (índice de temperatura e umidade) e TE (temperatura efetiva) entre outros. Os indicadores são dependentes de fatores como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação do ambiente (MARTA FILHO, 1993).

Para que se possa obter respostas referente ao estresse térmico causado aos animais, se utiliza de indicadores (índices) que levam em consideração a temperatura corporal, a taxa e o volume respiratório, isoladamente ou em combinação (FEHR et al., 1993).

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) é uma fórmula criada por Buffington et al. em 1981, onde $ITGU = TGN + 0,36 TPO + 41,5$ (Buffington et al., 1981), sendo considerada uma forma precisa de se avaliar o conforto térmico para um animal, pois, utiliza da temperatura de globo negro, temperatura de ponto de orvalho e a temperatura ambiente (GOMES, 2009).

A fórmula da carga térmica de radiação (CTR) foi desenvolvida por Esmay em 1969, $CTR = \sigma (TMR)^4$ (Esmay, 1969) à informa a radiação total que o animal recebe do espaço que existe ao seu redor (KAWABATA et al., 2005).

A temperatura radiante média (TRM) é uma fórmula desenvolvida por Bond e Kelly em 1955, $TRM = 100 [2 \times 52 \times v^{1/2} \times TGN - TBS) + (TGN/100)^4]^{1/4}$ (Bond e Kelly, 1955) a TRM é um dos principais indicadores utilizados em pesquisas para se saber qual a percepção térmica e desempenho térmico das edificações, normalmente é obtida indiretamente com dados de um termômetro de globo, porém, em certas situações esse procedimento gerar resultados imprecisos (FERNANDES e KRÜGER, 2019).

O índice de temperatura e umidade (ITU) é um índice que baseia nos limites para caracterização de situações de conforto e estresse térmico (JÁCOME, 2009), pode ser encontrado por meio da fórmula elaborada por Thom em 1959, $ITU = 0,8 \times Tbs + \left(\frac{UR}{100}\right) \times (Tbs - 14,4) + 46,4$ (THOM, 1959). O ITU é comumente utilizado nos trópicos pela sua praticidade, sendo um dos índices utilizados para quantificar o estresse no ambiente de produção animal (COUTINHO et al., 2014).

A fórmula para se obter o valor da temperatura efetiva (TE) foi proposto por Missenard em 1937, $TE = T - 0,4 \left[\left(1 - \frac{UR}{100} \right) \right] (T - 10)$ (Missenard, 1937), sendo uma das formas utilizadas para mensurar o conforto térmico e a relação entre temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, sendo utilizada com o objetivo de testar a relação entre às condições do tempo e os efeitos fisiológicos no desempenho dos seres (FANTE et al., 2017).

2.4. Instrumentação de galpões para aves

Devido ao aquecimento global e as mudanças climáticas, a produção avícola vem sendo afetada negativamente, se tornando um desafio manter a produção avícola, já que as aves são animais homeotérmicos e sensíveis a alteração de temperatura do ambiente, com isso a busca de meios para amenizar ou mitigar as bruscas alterações que o ambiente externo causa sobre o ambiente interno das instalações avícolas se faz necessário, sendo assim o desenvolvimento de pesquisas para combater ou mitigar essas alterações de temperatura do ambiente interno vem sendo realizada por meio de equipamentos eletrônicos (GOMES et al., 2011).

A produção de ovos também é afetada negativamente pelo aumento de temperatura, e por ocorrer a limitação de áreas de produção, com isso pesquisadores como NARDONE et al. (2010), POWERS et al. (2013), CHASEA et al. (2014); SOUTULLO et al. (2014); MEGERSA et al. (2014); SILVA et al. (2014) e MOLLO et al. (2020) buscaram e apresentaram meios de avaliar e acompanhar as mudanças climáticas que o ambiente interno sofre no decorrer do dia, demonstrando a importância de se investir em inovação e tecnologia para melhorar o ambiente interno de produção de ovos no Brasil, que é uma das cadeias de produção animal mais coordenadas e a mais importante na região que nos encontramos.

CAMERINI et al. (2011) demonstram em seu trabalho que as pesquisas realizadas para monitoramento das condições de conforto térmico no ambiente interno da produção avícola têm utilizado de *dataloggers* alternativos para a aferição de variáveis do ambiente interno (temperatura de bulbo seco, temperatura de globo negro, temperatura de ponto de orvalho, temperatura e umidade, entalpia, umidade relativa do ar, temperatura efetiva,

velocidade do vento e temperatura do ar), não os *dataloggers* convencionais que, segundo MOLLO et al. (2015) isso ocorre devido os *dataloggers* convencionais serem muito caros e demandarem de um *software* especial (fornecido pelo próprio fabricante do *datalogger*) para a transferência dos dados do aparelho para o computador pessoal, ocorrendo assim o aumento do custo de monitoramento e a necessidade de habilidades específicas para utilizar o *datalogger*.

Diversas pesquisas estão sendo realizadas utilizando o microcontrolador Arduino e micro sensores eletrônicos e, nesta linha de pesquisa, ZANONI et al (2020) desenvolveram uma pesquisa utilizando Arduino e micro sensores para averiguar o conforto higrotérmico do sistema construtivo de residências, SARRIA; GARCIA e SEVILLA (2020) desenvolveram um protótipo com Arduino e micro sensores para detectar as cores de vegetais frescos, FERNANDEZ et al (2019) criaram um sistema sem fio utilizando Arduino e micro sensores para verificar a qualidade do ar, SILVA et al (2019) desenvolveram um sistema para monitorar a integridade de estrutura de baixo custo utilizada em construções por meio de Arduino e micro sensores, MARTINEZ et al (2019) utilizaram o Arduino e os micro sensores para desenvolver um protótipo que permite desenvolver um sistema de irrigação para batatas para melhorar o rendimento, MOLLO; MATULOVIC e SANTOS (2020), TEIXEIRA et al (2020), CAMARGO et al (2019), PIAZENTIN et al (2017), MOLLO; ZANETTI e OLIVEIRA (2016), MOLLO et al (2015) utilizaram o Arduino e micro sensores para avaliação da temperatura e umidade dos galpões utilizados para galinhas de corte e poedeiras, MOLLO e PIZZARO (2018) utilizaram o Arduino e os micro sensores para monitorar a condição das águas em lagoas para carcinicultura.

Como pode-se ver, com base nestes estudos citados, o Arduino e os micro sensores estão sendo utilizados em diversas áreas para realizar levantamento e coleta de dados.

2.5. Análise termográfica

A análise termográfica é uma técnica de detecção da distribuição de energia térmica emitida pela superfície de um ou vários objetos, por radiação,

ela é um método não invasivo, capaz de detectar, visualizar e gravar diferentes níveis de distribuição de temperatura através da superfície de um objeto, permitindo o estudo da temperatura dos corpos, através da radiação infravermelha emitida pelos mesmos usando uma câmera termográfica (ITEAG, 2010).

Uma câmera termográfica não mede apenas a radiação emitida a partir de um objeto, ela mede também a radiação refletida pelo ambiente através da superfície do objeto, ambas as radiações se ressaltam por meio de transmissão, existindo também uma radiação da atmosfera (OLIVEIRA, 2012).

A análise termográfica pode ser complicada, pois pode acabar levando a análise a conclusões erradas, sendo necessário tomar precauções antes e durante os ensaios termográficos, onde a avaliação de erros na análise termográfica é muito importante para a precisão do estudo. Os erros na análise termográfica podem ser classificados como erros de método, erros de calibração e erros eletrônicos, sendo assim os erros da medição termográfica podem ocorrer devido a: incorreta avaliação da emissividade do objeto, temperatura atmosférica, temperatura ambiente e da distância entre o objeto e a câmara; influência da radiação (direta e/ou refletida pelo objeto) que chega ao detector da câmara e incorreta avaliação da transmissão e radiação atmosférica. (MINKINA et al 2009; BARREIRA, 2004).

A análise termográfica surgiu como uma técnica de medição de temperatura não invasiva, possibilitando estimar a perda de calor das aves, sendo essa técnica de grande importância para calcular a transferência de calor e de massa entre as aves e o ambiente ao seu redor, possibilitando ainda realizar o dimensionamento do sistema de ventilação e resfriamento do ambiente ao seu redor (NASCIMENTO et al., 2011; NÄÄS et al., 2014).

Pesquisadores como Diniz et al. (2020); Nääs et al. (2014); Ferreira et al. (2011); Silva e Sevegnani (2001); Eddy et al. (2001); Phillips e Heath (2001) e Malheiros et al., (2000) utilizaram a termográfica para analisarem e detectarem as variações de calor emitidos por bovinos, aves, equinos e roedores em seus ambientes naturais e de confinamento, para obterem respostas térmicas dos animais.

2.6. Termômetro infravermelho de mão

O termômetro infravermelho de mão é utilizado para verificar ou aferir a temperatura de um corpo ou objeto sem que haja contato, ou seja, é uma forma não invasiva de obter a temperatura de um corpo ou objeto.

Silveira (2020) explica que o termômetro infravermelho de mão permite a obtenção de temperatura sem contato com o objeto por meio da radiação infra vermelha, entretanto não é qualquer termômetro infravermelho de mão que serve para medir a temperatura humana, pois existe no mercado termômetros de infravermelho industrial e para medir a temperatura humana, esses termômetro industrial abrange uma larga escala de temperatura (50 a 420°C) e possui uma margem de incerteza de 2°C pra mais ou menos, enquanto um termômetro para medir a temperatura humana deve realizar medições com uma incerteza de 0,1 a 0,2°C pra mais ou menos, ou seja, é um termômetro mais preciso.

Akamine e Passini (2016) utilizaram um termômetro infravermelho de mão para ajudar a analisar os índices de conforto térmico para aves em modelos reduzidos com diferentes coberturas, esse termômetro, na presente pesquisa, foi utilizado para coletar a temperatura de superfície da cobertura.

2.7. Correlação

A correlação estatística é utilizada para várias situações em que se objetiva estudar o comportamento do conjunto de variáveis, verificando se essas variáveis se relacionam ou não, de modo que a correlação não tem o intuito de que uma variável venha predizer o valor da outra, mas sim informar se uma é igual ou parecida com a outra (DEVORE, 2006).

A correlação é uma forma de associação bivariada do grau de relacionamento que ocorre entre duas variáveis, tendo uma mensuração da direção e do grau de relação linear que existe entres as variáveis, sendo assim o coeficiente de correlação de Person é uma medida de associação linear entre variáveis (GARSON, 2009; MOORE et al., 2007).

A correlação é utilizada para avaliar o grau de relacionamento ou associação entre duas ou mais variáveis, essas técnicas estão associadas à análise de correlação representam uma ferramenta importante nas Ciências Sociais, nas Engenharias e nas Ciências Naturais, existem diversos critérios de

avaliação de correlação, alguns próprios para variáveis que seguem uma distribuição normal e outros para variáveis que não seguem uma distribuição normal, o Coeficiente de Correlação de Pearson é o mais comum, porém existem situações em que o relacionamento entre duas variáveis não é linear, ou não é contínua ou as observações não foram selecionadas aleatoriamente, nestes casos é necessário a utilização de outros coeficientes de relação (GUIMARÃES, 2005).

De acordo com o valor de “r” encontrado nos podemos ter diferentes níveis de correlação, Tabela 1 e Figura 5:

TABELA 1. COEFICIENTE DE CORREÇÃO ESTATÍSTICA, OU COEFICIENTE DE CORREÇÃO DE PEARSON.

r	Definição
0,00 a 0,19	Correlação bem fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Fonte: Devore (2006)

Segundo o mesmo autor, o coeficiente de correção estatística, ou coeficiente de correção de Pearson pode ser obtido por meio da equação 1:

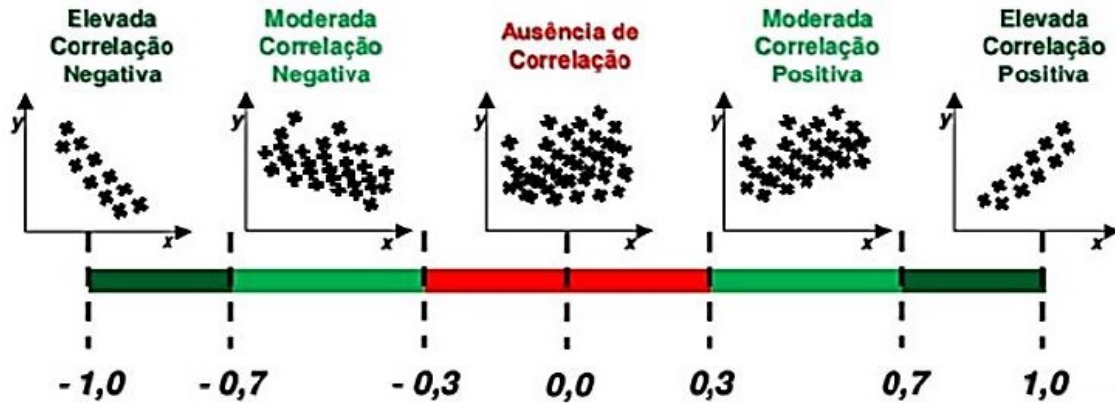
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2}}$$

Eq. 1

Assim, segundo os resultados possíveis da equação 1, temos que o valor de “r” estará sempre no intervalo de -1 a 1. O sinal positivo indica que as variáveis são diretamente proporcionais, enquanto que o sinal negativo indica que a relação entre as variáveis é inversamente proporcional.

De maneira gráfica, a mesma informação pode ser obtida dos intervalos adaptados por Pereira (2016) e apresentados na Figura 5.

FIGURA 5. INTERPRETAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS COM USO DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO LINEAR “R”



Fonte: Pereira (2016) e adaptado de Devore (2006).

Com os gráficos de dispersão, foram avaliados os sensores de cada um dos modelos reduzidos, de forma a selecionar aqueles que apresentaram a melhor correlação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa e experimentos correspondentes foram realizados na UNESP “Universidade Júlio de Mesquita Filho” de Tupã - SP, que se encontra na latitude 21°55'40.9"S e longitude de 50°29'30.8"W e 530 m de altitude. A cidade de Tupã possui clima tropical (Cwa na classificação de Köppen) se encontra a 7 metros do nível do mar, com médias de temperatura máxima de 29,3°C e mínima de 19,6°C e precipitação média anual de 1365 mm.

A experimentação foi composta por três tipos de telhas que podem ser utilizadas nas coberturas de galpões para aves de postura, sendo elas: TCP – Telha Cerâmica Portuguesa, TFC – Telha de Fibrocimento Ondulada e TT – Telha Termoacústica Trapezoidal.

A Telha Cerâmica Portuguesa possui dimensões de 40 x 25, Telha de Fibrocimento Ondulada é de 6 mm de espessura e a Telha Termoacústica Trapezoidal é composta por duas telhas de zinco de 0,50 mm com 3 cm de isopor entre elas.

As telhas foram instaladas em galpões em escala reduzida já existentes (biotérios da FCE/UNESP), a estrutura existente do telhado é feita de madeira, para que a instalação das telhas cerâmicas a estrutura foi adequada para comportar as mesmas.

As unidades experimentais foram compostas por três galpões em escala reduzida com piso de concreto e com inclinação de 10% para a cobertura, os galpões em escala reduzida seguem a orientação Leste-Oeste, sendo que as paredes leste e oeste são totalmente fechadas com tijolo e as paredes norte e sul são revestidas de tela, porém durante o experimento as paredes norte e sul foram mantidas fechadas com lona.

As variáveis do ambiente externo foram extraídas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), que possui uma estação meteorológica que se encontra localizada no próprio campus da FCE/UNESP “Universidade Júlio de Mesquita Filho” de Tupã – SP. Já as variáveis do ambiente interno foram coletadas por meio de micro sensores instalados dentro dos galpões em

escala reduzida, as variáveis do ambiente interno e externo foram coletadas no período de 21 de fevereiro de 2020 a 23 de março de 2020.

Foram coletadas as temperaturas das superfícies das coberturas dos galpões em escala reduzida por meio de uma Câmera Termográfica de Infravermelho, essas imagens termográficas foram coletadas com uma Câmera Termográfica de Infravermelho (875-2i da marca Testo), sendo essas imagens coletadas de uma das águas da cobertura de cada modelo de galpão, essas águas das coberturas se encontram na face sul dos galpões em escala reduzida, estando a câmera termográfica a uma distância de 2 metros do galpão e a uma altura de 2,5 metros, a coleta foi realizada às 08h00, 12h00 e às 16h00, de 17 de fevereiro a 06 de março de 2020, não realizando coleta das imagens termográficas aos finais de semana.

Além das imagens termográficas realizou-se a coleta das temperaturas de uma das águas da cobertura de cada modelo de galpão, com um Termômetro infravermelho de mão, sendo estas águas das coberturas localizadas na face sul dos galpões, a coleta das temperaturas das coberturas por meio do termômetro laser foram feitas a 0,60 m do beiral das coberturas e em três pontos da cobertura, sendo esses pontos divididos pelo comprimento da cobertura, as coletas foram realizadas às 08h00, 12h00 e às 16h00 de 17 de fevereiro a 06 de março de 2020, não realizando coleta aos finais de semana.

A possibilidade de uso dos sensores eletrônicos comerciais de fácil aquisição no mercado, tipo DHT (*Digital Humidity And Temperature Sensor*) com microcontrolador Arduino reduzirão, para os criadores de aves os investimentos para acompanhamento do ambiente térmico dos aviários e, isso só será possível se os sensores, comprovadamente tiverem leituras equivalentes.

Para buscar a confirmação desta equivalência, os seguintes passos foram executados:

Utilizou-se o *data logger* comercial Hobo modelo U12-012 com sensor de temperatura e umidade como padrão base para as leituras e comparações buscando a equivalências.

As coletas de temperaturas foram realizadas em laboratório de circuitos digitais da FCE da Unesp de Tupã, com os aparelhos de ar

condicionado ajustados para a temperatura de 26°C. Todos os sensores a serem testados foram colocados lado a lado do *datalogger* comercial Hobo neste ambiente de temperatura controlada para a coleta dos dados com o microcontrolador Arduino e os sensores DHT acoplados.

Foram realizadas 350 leituras em cada rodada para cada um dos sensores em conjunto com o *datalogger* Hobo. Estas leituras foram divididas em 10 conjuntos de 35 leituras para se obterem as médias.

Realizou-se uma primeira rodada de testes com o conjunto de micro-sensores eletrônicos conectados ao Arduino com o *Firmware* original sem fatores de correção, a seguir repetiu-se o conjunto de testes numa segunda rodada, já com os fatores de correção inseridos num novo *Firmware*.

Foram construídos os gráficos das médias dos dez conjuntos de leituras para cada um dos micro sensores versus o *datalogger* Hobo.

Para verificar a relação entre o *datalogger* Hobo e os micros sensores eletrônicos DHT22 construíram-se os gráficos de dispersão, conforme descrito por Pereira (2016) comparando as leituras dos sensores medidos com o padrão utilizado, dos quais foram obtidas as equações lineares de ajuste e seus respectivos coeficiente de determinação (R^2) que representam o percentual da variância entre as temperaturas medidas, em cada caso, que pode ser representado a partir do comportamento em função da outra.

A avaliação da correlação entre as leituras foi realizada com base nos valores dos coeficientes de correlação linear “r” de Pearson apresentados na Tabela 01.

Na sequência realizou-se, utilizando-se o Excel 365, testes t (5%) para verificar se a diferença entre as médias das leituras de temperatura (°C) e umidade (%) do Arduino e do *datalogger* Hobo eram iguais. Após a verificação da similaridade entre as médias teste t crítico bi-caudal foi menor que o t estatístico e conforme confirmação da correlação de Pearson com valores elevados.

A avaliação das leituras de temperatura do ambiente interno do galpão em escala reduzida número 1 foi feita com base nos resultados obtidos do sensor 1C.

Para o caso das leituras das umidades do ambiente interno do galpão, em escala reduzida, número 1 foi utilizado o sensor 1D para as leituras das umidades.

As leituras das temperaturas e umidades foram coletadas entre as datas de 14/03/2020 até a data de 23/03/2020, totalizando 12.386 leituras. Destas leituras, foram separadas 1432 leituras de temperatura e 1432 leituras de umidade por dia das 0:00h até às 23:59h, com uma leitura a cada minuto aproximadamente para cada uma das variáveis.

A avaliação das leituras de temperatura do ambiente interno do galpão em escala reduzida número 2 foi feita com base nos resultados obtidos do sensor 2C.

Para o caso das leituras das umidades do ambiente interno do galpão em escala reduzida número 2 foi utilizado o sensor 2D para as leituras das umidades.

As leituras das temperaturas e umidades foram coletadas entre as datas de 21/02/2020 até a data de 29/02/2020, totalizando 12.386 leituras. Destas leituras, foram separadas 1432 leituras de temperatura e 1432 leituras de umidade por dia das 0:00h até às 23:59h, com uma leitura a cada minuto aproximadamente para cada uma das variáveis.

A avaliação das leituras de temperatura do ambiente interno do galpão em escala reduzida número 3 foi feita com base nos resultados obtidos do sensor 3C.

Para o caso das leituras das umidades do ambiente interno do galpão em escala reduzida número 3 foi utilizado o sensor 3D para as leituras das umidades.

As leituras das temperaturas e umidades foram coletadas entre as datas de 21/02/2020 até a data de 29/02/2020, totalizando 12.386 leituras. Destas leituras, foram separadas 1432 leituras de temperatura e 1432 leituras de umidade por dia das 0:00h até às 23:59h, com uma leitura a cada minuto aproximadamente para cada uma das variáveis.

Foram separadas as leituras para os dias completos (Tabela 2), identificando os valores das temperaturas e umidades média, máxima e mínima registradas para cada uma das datas nas planilhas de coleta de dados de cada

galpão em escala reduzida. Os gráficos das leituras de temperatura e umidade foram plotados para cada dia de coleta.

TABELA 2. DIAS COMPLETOS DE LEITURA

Galpão em escala reduzida	Primeiro período	Segundo Período	Terceiro Período
1	01/03/2020 a 04/03/2020	06/03/2020 a 14/03/2020	15/03/2020 a 22/03/2020
2	22/02/2020 a 28/02/2020	01/03/2020 a 05/03/2020	06/03/2020 a 22/03/2020
3	22/02/2020 a 26/02/2020	01/03/2020 a 02/03/2020	06/03/2020 a 22/03/2020

O experimento coletou também os dados dos demais sensores instalados nos galpões, mas a maior atenção foi dada a estes indicados devido à seleção realizada durante os testes de equivalência entre os micros sensores e os *dataloggers* Hobo.

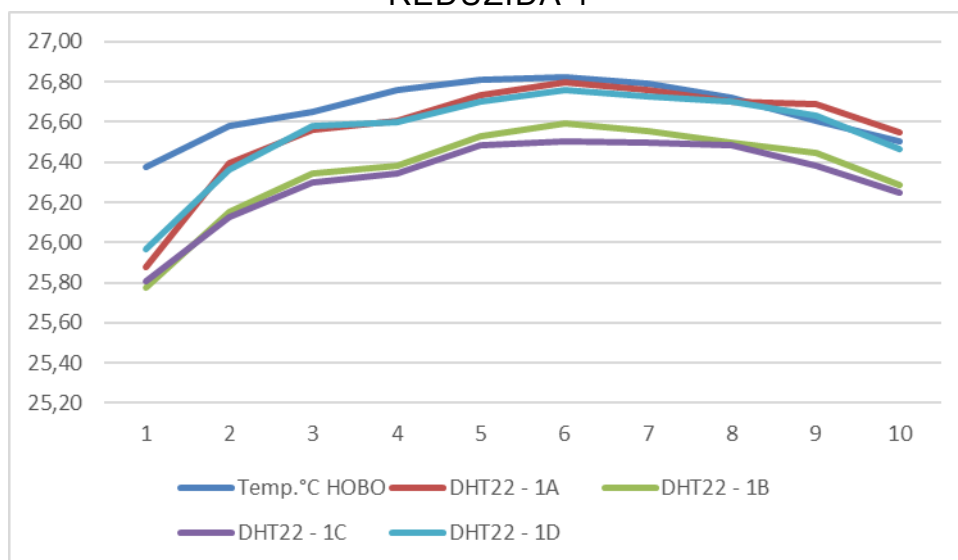
Os sensores de temperatura do tipo LM35, foram instalados na face inferior das telhas de cada um dos galpões em escala reduzida.

Para estes sensores foram anotadas as temperaturas médias, máximas e mínimas para cada um dos dias completos (Tabela 2), seguindo o mesmo procedimento e datas de coleta que foram utilizados para o registro das temperaturas médias, máximas e mínimas anotadas para o globo negro e os demais sensores.

Todos os dados coletados, as médias calculadas, as avaliações estatísticas das médias e os gráficos das leituras dos sensores DHT22 e dos *dataloggers* Hobo com seus correspondentes Gráficos de Correlação das médias e Diagrama de Dispersão, encontram-se nos Apêndices I e II.

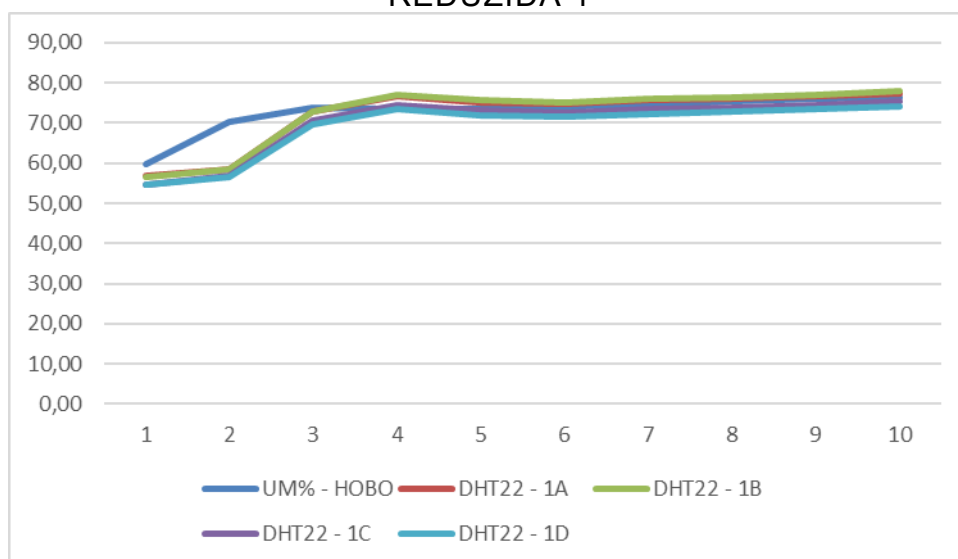
Nos Gráficos 1 e 2 pode-se observar a correspondência da temperatura e umidades dos sensores DHT22 em relação ao *datalogger* HOBO.

GRÁFICO 1. DADOS DE TEMPERATURA DO GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA 1



Fonte: Próprio autor

GRÁFICO 2. DADOS DE UMIDADE DO GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA 1



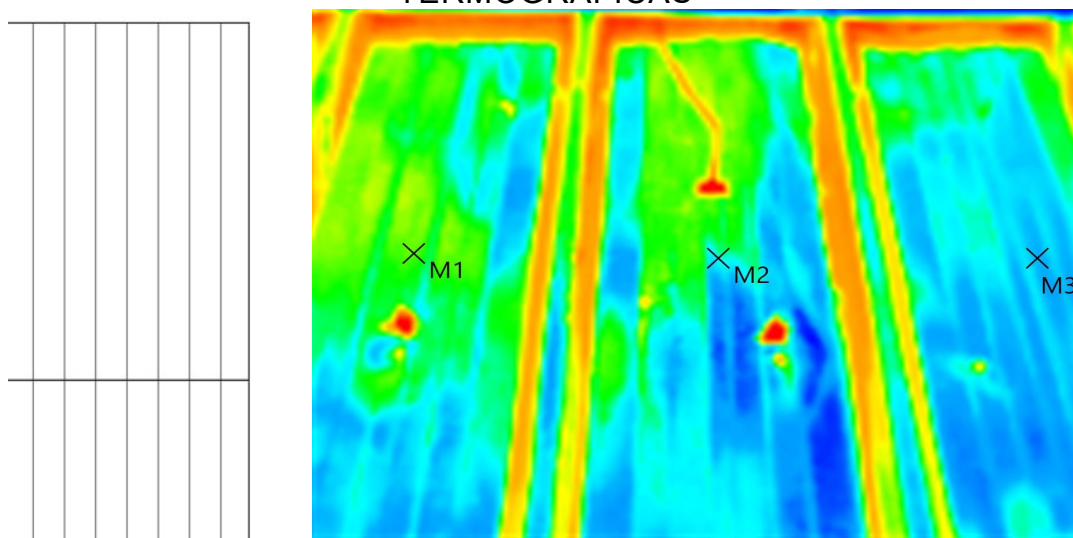
Fonte: Próprio autor

De posse dos valores das temperaturas média, máxima e mínima e das umidades média, máxima e mínima e da temperatura de globo negro registradas para cada galpão, realizou-se o cálculo dos índices de conforto visando a avaliação do ambiente em que as aves seriam abrigadas, Tabela 3.

TABELA 3. ÍNDICES DE AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO		
AUTOR	ÍNDICE	EQUAÇÃO
Buffington et al. (1981)	Índice de temperatura de globo negro e umidade	$ITGU = T_{gn} + 0,36 \cdot T_{po} + 41,5$
Esmay (1969)	Carga térmica de radiação	$CTR = \sigma \cdot (TMR)^4$
Bond e Kelly (1955)	Temperatura radiante média	$TRM = 100 \cdot [2,51 \cdot v^{1/2} \cdot T_{gn} - T_{bs}) + (T_{gn}/100)^4]^{1/4}$
Thom (1959)	Índice de temperatura e umidade	$ITU = 0,8 \cdot T_{bs} + (UR/100) \cdot (T_{bs} - 14,4) + 46,4$
Missenard (1937)	Temperatura efetiva	$TE = T - 0,4 \cdot [(1 - \frac{UR}{100})] \cdot (T - 10)$

Na análise termográfica coletou-se imagens da cobertura e foram selecionados três pontos nas imagens (Denominados M1, M2 e M3 conforme mostra Figura 6), nos horários das 08, 12 e 16 horas para os dias 17/02/2020, 18/02/2020, 19/02/2020, 20/02/2020, 21/02/2020, 24/02/2020, 25/02/2020, 26/02/2020, 27/02/2020, 28/02/2020, 02/03/2020, 03/03/2020, 04/03/2020, 05/03/2020 e 06/03/2020. Os dados foram organizados em tabela que exhibe, para cada tipo de telha, para cada um dos dias de coleta, dividido nos três horários, as temperaturas dos três pontos coletados com a câmera termográfica.

FIGURA 6. PONTOS SELECIONADOS NAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS



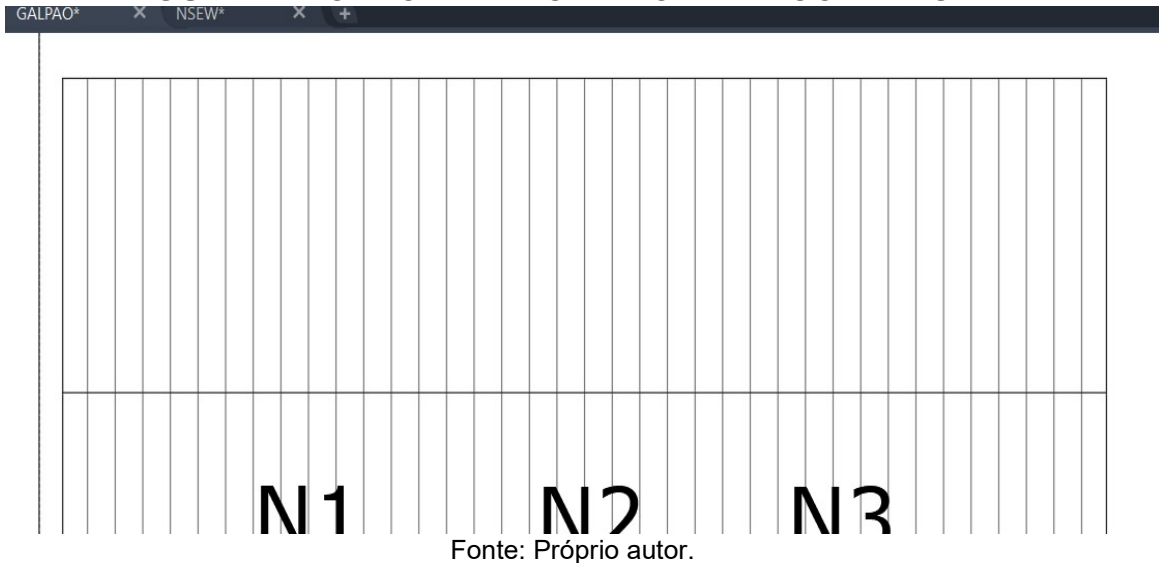
Fonte: Próprio autor.

Posteriormente, as médias dos três pontos coletados foram calculadas e uma nova tabela foi construída, organizando-se os dados e exibindo-os para cada dia, a média obtida para a determinada telha para os três horários de coleta.

Com esta tabela foram construídos os gráficos de colunas agrupadas, para que se visualizem as Temperaturas em Graus Célsius x os Dias e Horas das coletas termográficas para os três tipos de cobertura com telhas de fibrocimento, para a cobertura com telhas termoacústicas e para a cobertura com telhas de barro (cerâmicas).

Na análise com termômetro a laser de mão foram coletadas a temperatura de três pontos da cobertura (Denominados N1, N2 e N3 conforme mostra Figura 7), nos horários das 08, 12 e 16 horas para os dias 17/02/2020, 18/02/2020, 19/02/2020, 20/02/2020, 21/02/2020, 24/02/2020, 25/02/2020, 26/02/2020, 27/02/2020, 28/02/2020, 02/03/2020, 03/03/2020, 04/03/2020, 05/03/2020 e 06/03/2020. Os dados foram organizados de forma a criar-se uma tabela que exhibe, para cada tipo de telha, para cada um dos dias de coleta, dividido nos três horários, as temperaturas dos três pontos coletados com o termômetro a laser de mão.

FIGURA 7. PONTOS SELECINADOS NAS COBERTURAS



Posteriormente, as médias dos três pontos coletados foram calculadas e uma nova tabela foi construída, organizando-se os dados e exibindo-os para cada dia, a média obtida para a determinada telha para os três horários de coleta.

Com esta tabela foram construídos os gráficos de colunas agrupadas, para que se visualizem as Temperaturas em Graus Célsius x os Dias e Horas das coletas com o termômetro a laser de mão para os três tipos de cobertura com telhas de fibrocimento, para a cobertura com telhas termoacústicas e para a cobertura com telhas de barro (cerâmicas).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados da fase inicial do experimento

4.1.1. Preparação para o experimento

Anteriormente ao experimento principal, foram definidos quantos sensores e quais sensores seriam utilizados dentro dos galpões em escala reduzida do biotério da FCE/UNESP, após a definição da quantidade e dos modelos a serem utilizados, foi definido qual seria o melhor modelo do microcontrolador Arduino adequado para comportar todos os sensores, para que não houvesse problemas para a captação de dados.

Definiu-se também quais sensores disponíveis no mercado seriam utilizados como norteadores para verificar se os sensores montados necessitariam de calibração ou qualquer outro ajuste.

Posteriormente elaborou-se a programação que o Arduino receberia para coletar os dados de temperatura e umidade dos galpões em escala reduzida da FCE.

Partindo assim para os testes, verificando a existência de alguma irregularidade entre os U12-012 da marca HOBO (Figura 7), que foram os sensores que utilizados como norteadores para verificar se haveria necessidades da realização de ajustes nos sensores que seriam construídos com o Arduino.

FIGURA 8. U12-012 HOBO



Fonte: ONSET (2020)

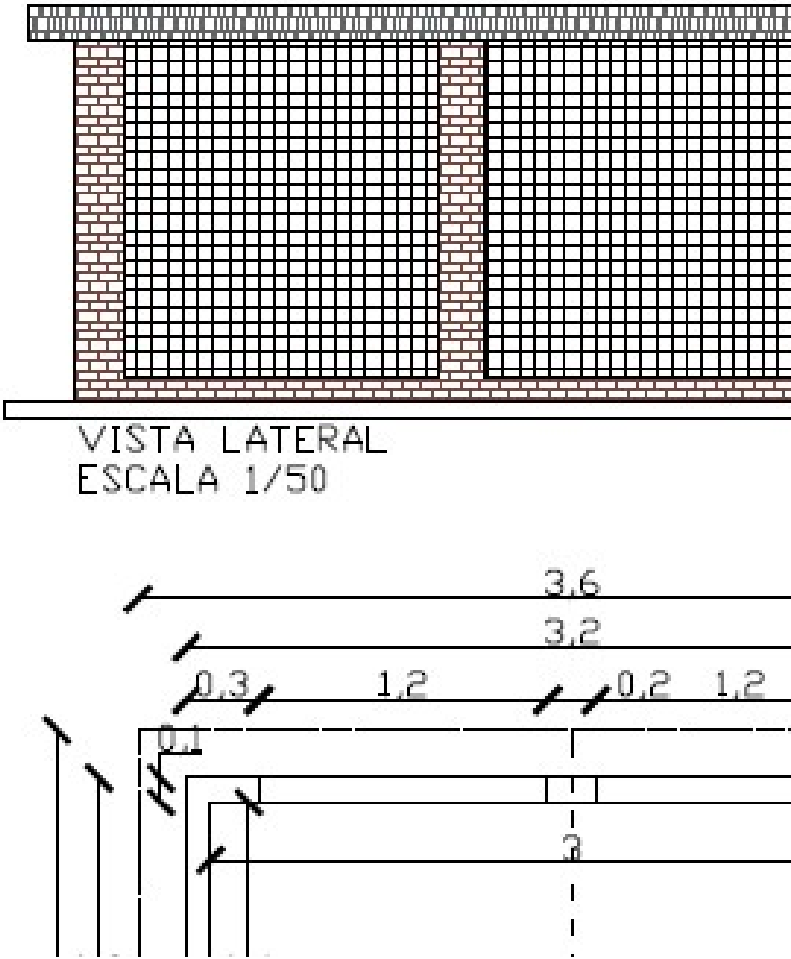
Utilizaram-se 18 sensores U12-012, que foram testados para verificar se não possuíam nenhuma avaria, onde verificou-se que 4 dos 18 U12-012 apresentavam problemas, restando apenas 14, destes 14 foram

Em seguida iniciou-se a montagem dos Arduino com os 6 sensores que seriam usados para coleta de dados, sendo eles 4 DHT22 (Figura 8), e 2 LM35 (Figura 9), onde 1 LM35 será utilizado para captação da temperatura da face inferior da telha e o outro utilizado para montagem de um sensor de Globo Negro.

[illegible]

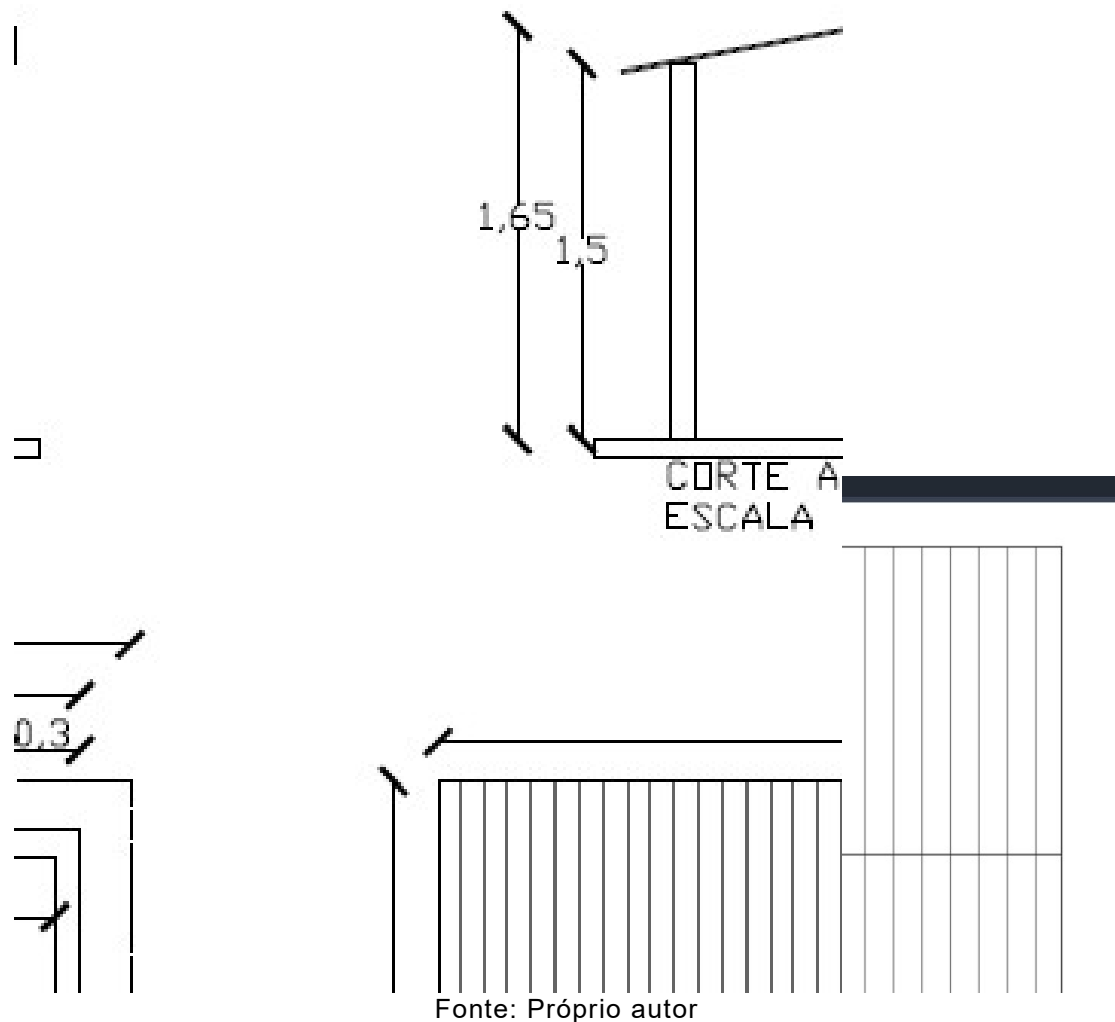
As figuras 10 e 11 apresentam o projeto dos galpões.

FIGURA 11. PROJETO DO GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA – VISTA LATERAL E PLANTA BAIXA



Fonte: Próprio autor

FIGURA 12. PROJETO DO GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA – CORTE E COBERTURA



4.1.2. Montagem dos telhados

A realização do experimento foi utilizada três dos quatro galpões em escala reduzida existentes no biotério da FCE/UNESP.

Devido ao fato de todos receberem cobertura com telha de fibrocimento houve a necessidade de realizar a troca dos telhados seguido de adaptações para suportar as novas telhas.

As adaptações consistiam na alteração das coberturas em dois galpões em escala reduzida. O primeiro recebeu a telha termoacústica e o segundo a telha de cerâmica. Neste caso foi necessário a modificação da

estrutura da cobertura do galpão para suportarem as mesmas. As Figuras 12, 13 e 14 apresentam estes galpões com as respectivas telhas já aplicadas.

FIGURA 13. GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA COM TELHA DE FIBROCIMENTO



Fonte: Próprio autor

FIGURA 14. GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA COM TELHA TERMOACÚSTICA



Fonte: Próprio autor

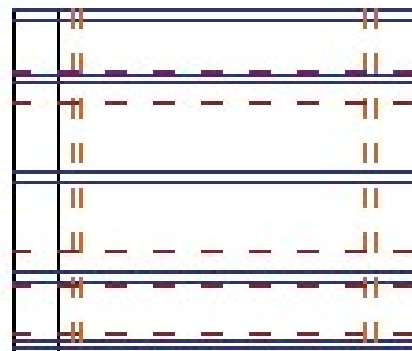
FIGURA 15. GALPÃO EM ESCALA REDUZIDA COM TELHA CERÂMICA



Fonte: Próprio autor

A estrutura existente para a montagem das telhas cerâmicas, possuía apenas as terças de madeira, foi necessário acrescentar os caibros e as ripas para a correta sustentação das telhas cerâmicas, conforme mostra a Figura 15.

FIGURA 16. DESENHO DA ESTRUTURA PARA TELHA CERÂMICA

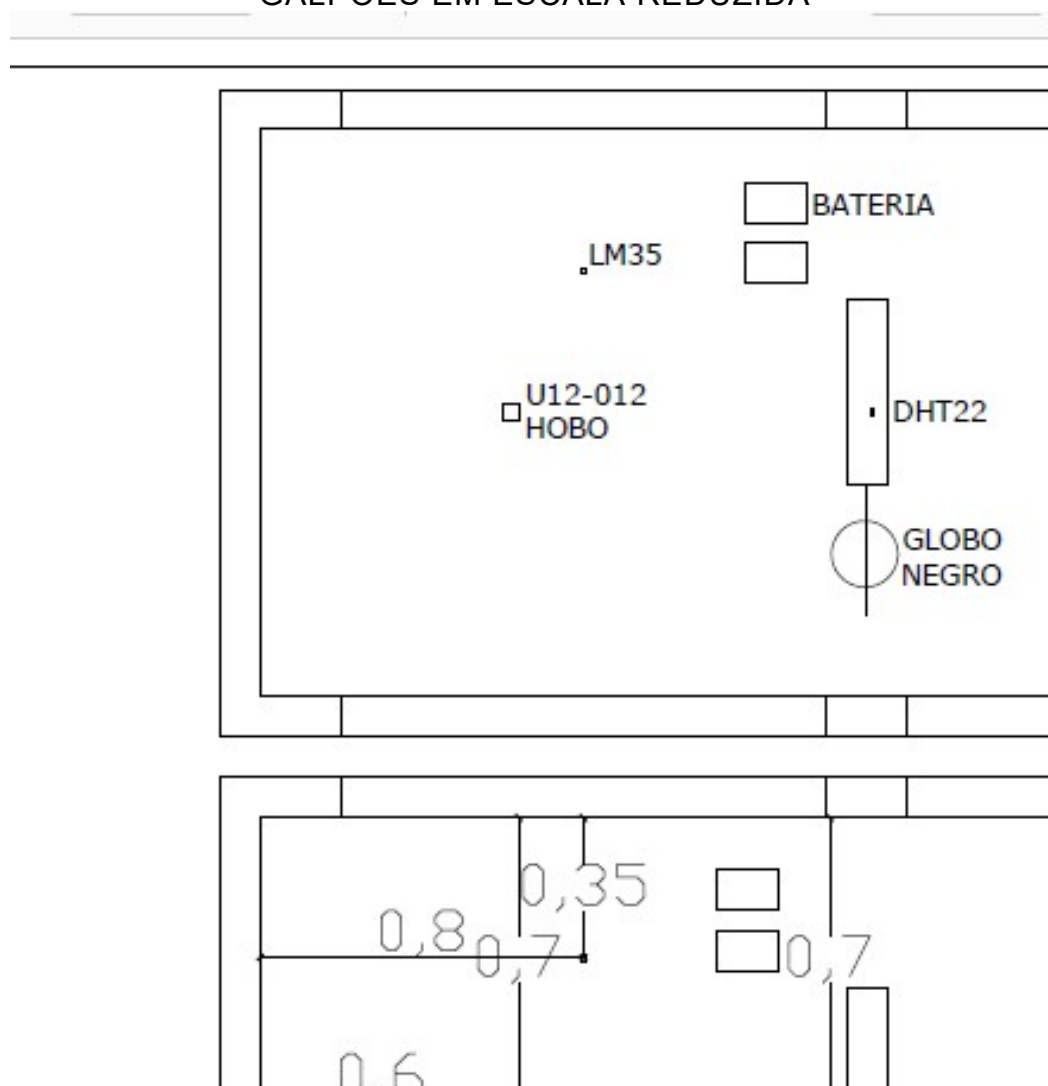


Fonte: Próprio autor

4.1.3. Projeto de distribuição dos sensores nos galpões em escala reduzida

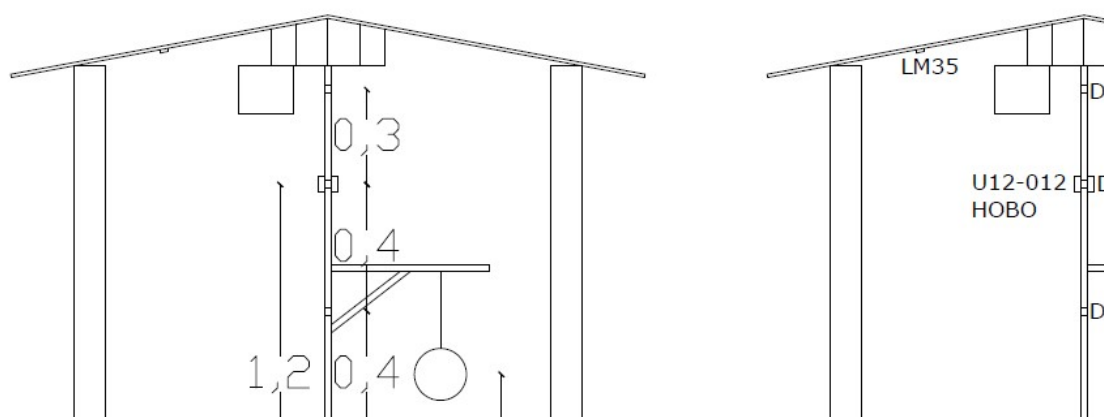
Cada galpão em escala reduzida recebeu 6 micro sensores e dois *dataloggers* HOBO para coletar temperatura e umidade de seu interior. Os sensores foram distribuídos e instalados igualmente em todos os galpões em escala reduzida, conforme exibem as Figuras 16 e 17.

FIGURA 17. VISTA SUPERIOR DA DISTRIBUIÇÃO DOS SENSORES E BATERIAS PARA ALIMENTAÇÃO DOS COLETORES DE DADOS NOS GALPÕES EM ESCALA REDUZIDA



Fonte: Próprio autor

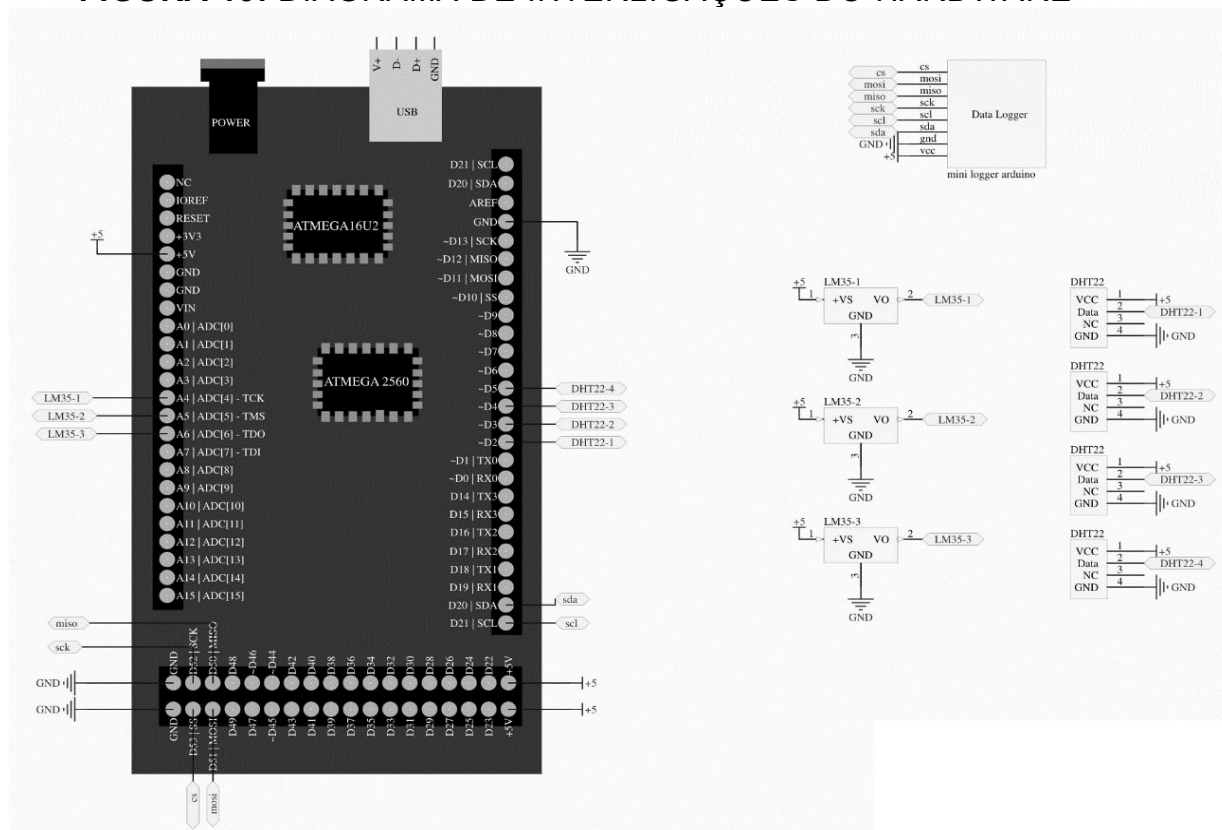
FIGURA 18. VISTA FRONTAL DA DISTRIBUIÇÃO DOS SENSORES NOS GALPÕES EM ESCALA REDUZIDA



4.1.4. Construção do *hardware* de coleta de dados

O *hardware* construído com o Arduino Mega tem a função de coletar dados de temperatura e umidade por meio dos micro sensores DHT22 e LM35, os micro sensores são interligados no Arduino Mega, fazendo com que automaticamente sejam convertidos os dados de natureza analógica (tensões elétricas) para digital, permitindo que o algoritmo do *firmware* desenvolvido que está embarcado no Arduino Mega, possa medir as temperaturas, umidades e temperatura de globo negro e, na sequência às leituras, armazenar os valores em um arquivo de texto no cartão micro SD.

FIGURA 19. DIAGRAMA DE INTERLIGAÇÕES DO HARDWARE



Fonte: Próprio autor

4.1.5. Desenvolvimento do *firmware* inicial para coleta de dados com Arduino

Foi desenvolvido um *firmware* (Apêndice III) para a leitura simultânea de variáveis de temperatura, umidade e temperatura de globo negro

com o *software* para desenvolvimento Arduino na versão 1.8.11 obtido em ARDUINO (2019), onde os dados coletados são salvos em um micro SD em arquivo de texto para depois serem transferidos para planilhas do Excel para as devidas análises.

4.1.6. Teste dos sensores

A Tabela 4 traz o resumo dos resultados obtidos da avaliação dos sensores que podem ser vistas em maiores detalhes nos Apêndices I e II.

TABELA 4. RESUMO DA ANÁLISE DOS DADOS DOS SENSORES

Sensor DHT	Medição	Stat t	t crítico bi-caudal	Correlação Pearson	R²	Tipo de Correlação	
1A	Temperatura	0,969330571	2,10092204 (Resultado igual para todos os casos estudados).	0,85500107	0,731	Positiva Forte	
	Umidade	0,235973376		0,86274979	0,7443	Positiva Forte	
1B	Temperatura	3,377089443*		0,89016683	0,7924	Positiva Forte	
	Umidade	0,128291581		0,86946974	0,756	Positiva Forte	
1C	Temperatura	4,134434882*		0,89843558	0,8072	Positiva Forte	
	Umidade	0,985332907		0,87187091	0,7602	Positiva Forte	
1D	Temperatura	1,254673812		0,89609558	0,803	Positiva Forte	
	Umidade	1,339934087		0,87361865	0,7632	Positiva Forte	
2A	Temperatura	1,156629322		0,89004524	0,7922	Positiva Forte	
	Umidade	-0,161984045		0,96893882	0,9388	Positiva Muito Forte	
2B	Temperatura	2,114704984*		0,87173509	0,7599	Positiva Forte	
	Umidade	-0,477122679		0,97178587	0,9444	Positiva Muito Forte	
2C	Temperatura	2,697424873*		0,84098999	0,7073	Positiva Forte	

	Umidade	0,714307456		0,9727272	0,9462	Positiva Muito Forte
2D	Temperatura	3,091085392*		0,85849586	0,737	Positiva Forte
	Umidade	0,970689983		0,97309345	0,9469	Positiva Muito Forte
3A	Temperatura	4,430492379*		0,936046	0,8762	Positiva Forte
	Umidade	-0,56509661		0,97122516	0,9433	Positiva Muito Forte
3B	Temperatura	1,950333055		0,92062618	0,8476	Positiva Forte
	Umidade	-0,65801445		0,97345764	0,99476	Positiva Muito Forte
3C	Temperatura	3,473421475*		0,89388748	0,799	Positiva Forte
	Umidade	0,964795124		0,97632027	0,9532	Positiva Muito Forte
3D	Temperatura	2,360405076*		0,8781448	0,7711	Positiva Forte
	Umidade	-0,808568428		0,97624387	0,9531	Positiva Muito Forte

Fonte: Próprio autor

Como indicado na Tabela 4 (em negrito), a escolha dos sensores para a avaliação, recai sobre aqueles que apresentaram os melhores indicadores de correlação e onde se pôde verificar com confiança de 95%, que as médias são iguais, onde o teste t crítico bi-caudal foi menor que o t estatístico e conforme confirmação da correlação de Pearson.

Assim, os sensores elencados para a avaliação foram:

Para o galpão em escala reduzida número 1, foi utilizado o sensor 1C para as leituras de temperatura do ambiente interno e para as leituras das umidades foi utilizado o sensor 1D.

Neste caso, a escolha se deu por se verificar que as médias são iguais, onde o teste t crítico bi-caudal foi menor que o t estatístico e conforme confirmação da correlação de Pearson forte.

Para o galpão em escala reduzida número 2, foi utilizado o sensor 2C para as leituras de temperatura do ambiente interno e para as leituras das umidades foi utilizado o sensor 2D.

Aqui o mesmo critério levou à decisão devida a também se verificar que as médias são iguais, onde o teste t crítico bi-caudal foi menor que o t estatístico e conforme confirmação da correlação de Pearson forte (Mesmo não sendo a maior correlação, mas com valores muito próximos).

Finalmente o galpão em escala reduzida número 3, foi utilizado o sensor 3A para as leituras de temperatura do ambiente interno e para as leituras das umidades foi utilizado o sensor 3D.

Aqui a escolha se deu devido ao fato de também se verificar que as médias são iguais, onde o teste t crítico bi-caudal foi menor que o t estatístico e conforme confirmação da correlação de Pearson forte.

De maneira geral, por meio dos gráficos gerados, foi possível observar que, todos os sensores demandam um certo número de leituras para a sua acomodação e entrar em regime de leitura efetiva, assim, quando do experimento principal, a coleta de dados efetiva iniciou após um ciclo inicial de pelo menos 100 leituras, onde estes dados iniciais foram descartados.

Observa-se também, por meio dos dados do Apêndice I, que todos os sensores DHT22 avaliados, por apresentarem correlação positiva forte ou muito forte com a faixa de dispersão dos pontos pequena e, podem ser considerados geradores de leituras equivalentes aos *dataloggers* HOBO utilizados nos testes.

4.2. Experimento principal

Para ser possível realizar a coleta da temperatura e umidade do interior dos galpões em escala reduzida, instalou-se um suporte para fixar os sensores e o *hardware* de coleta de dados no interior dos galpões, conforme mostram as Figuras 19, 20 e 21.

FIGURA 20. INSTALAÇÃO DOS SENSORES DENTRO DO GALPÃO COM TELHA DE FIBROCIMENTO



Fonte: Próprio autor

FIGURA 21. INSTALAÇÃO DOS SENSORES DENTRO DO GALPÃO COM TELHA TERMOACÚSTICA



Fonte: Próprio autor

FIGURA 22. INSTALAÇÃO DOS SENSORES DENTRO DO GALPÃO COM TELHA CERÂMICA



Fonte: Próprio autor

4.2.1. Cálculo dos indicadores de conforto térmico

Os indicadores de ITGU, CTR, TRM, ITU e TE foram calculados, segundo indicações de Buffington et al. (1981), Esmay (1969), Bond e Kelly (1955), Thom (1959) e Missenard (1937), para cada um dos modelos reduzidos com diferentes coberturas nos horários das 08, 12 e 16 horas para os dias 06/03/2020, 07/03/2020, 08/03/2020, 09/03/2020, 10/03/2020, 11/03/2020, 12/03/2020, 13/03/2020, 15/03/2020, 16/03/2020, 17/03/2020, 18/03/2020, 19/03/2020, 20/03/2020, 21/03/2020 e 22/03/2020. Para os cálculos, foram utilizados os dados coletados pelos sensores eletrônicos e armazenados nos módulos Arduino.

Baseando-se nas definições de termoneutralidade e estresse apresentadas por Teixeira (1983), Armstrong (1994), Barbosa Filho (2004), Vale (2010), UBA (2008), ALVES (2006), BENTO (2010), SOUZA E NERY (2012) e ANDRADE (2017), foram elaboradas faixas de classificação dos resultados dos índices ITU, ITGU e TE, conforme é apresentado nas Tabelas 5, 6 e 7.

TABELA 5. FAIXAS DE CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO DE ACORDO COM O ITU

Estresse severo causado pelo frio – Perigo	< 59
Estresse ameno causado pelo frio – Alerta	59 - 67
Termoneutralidade – Conforto	67,01 - 77
Estresse ameno causado pelo calor – Alerta	77,01 - 89
Estresse severo causado pelo calor – Perigo	> 89

Fonte: Adaptado de TEIXEIRA (1983), ARMSTRONG (1994), BARBOSA FILHO (2004), VALE (2010) e UBA (2008).

TABELA 6. FAIXAS DE CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO DE ACORDO COM O ITGU

Estresse ameno causado pelo frio – Alerta	67
Termoneutralidade – Conforto	67,01 - 77
Estresse ameno causado pelo calor – Alerta	77,01 - 88
Estresse severo causado pelo calor – Perigo	> 88

Fonte: Adaptado de TEIXEIRA (1983), ARMSTRONG (1994), BARBOSA FILHO (2004), VALE (2010) e UBA (2008).

TABELA 7. FAIXAS DE CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO DE ACORDO COM O TE

Estresse severo causado pelo frio – Perigo	< 21°C
Estresse ameno causado pelo frio – Alerta	21 - 23°C
Termoneutralidade – Conforto	24 – 28°C
Estresse ameno causado pelo calor – Alerta	29 - 31°C
Estresse severo causado pelo calor – Perigo	> 31°C

Fonte: Adaptado de ALVES (2006), BENTO (2010), SOUZA E NERY (2012) e ANDRADE (2017).

Os resultados para os valores obtidos de ITGU são apresentados na Tabela 8:

¹**TABELA 8. CÁLCULO DO INDICADOR DE CONFORTO TÉRMICO ITGU**

DATA	CASA 01 – TELHA DE FIBROCIMENTO			CASA 02 – TELHA TERMOACÚSTICA			CASA 03 – TELHA CERÂMICA		
	8:00	12:00	16:00	8:00	12:00	16:00	8:00	12:00	16:00
06/03	69,58	80,89	80,65	70,13	79,32	79,96	70,01	78,24	79,06
07/03	68,71	80,64	80,66	69,25	79,35	79,67	69,09	77,96	78,08
08/03	68,05	80,88	81,89	69,06	78,82	80,63	68,45	77,91	79,05
09/03	69,77	81,85	81,00	70,25	80,43	80,35	70,13	79,23	78,36
10/03	71,85	83,48	85,44	72,33	83,20	84,69	71,73	81,14	81,77
11/03	73,07	82,75	83,88	73,59	83,02	84,13	73,42	80,63	81,65
12/03	74,13	84,54	85,48	74,09	84,45	85,71	73,93	81,71	82,11
13/03	72,93	84,60	85,48	73,34	84,24	85,15	72,68	81,71	82,09
15/03	82,92	85,47	85,72	74,79	83,72	86,73	74,23	82,09	83,67
16/03	85,18	84,67	84,13	76,37	84,01	84,48	75,18	81,38	81,55
17/03	84,20	85,66	85,51	74,58	84,60	86,05	74,45	81,77	83,18
18/03	85,58	85,93	86,21	80,36	81,20	84,70	76,63	80,32	82,93
19/03	84,80	86,00	83,91	75,49	83,24	76,51	75,34	81,68	74,94
20/03	86,11	85,92	85,49	74,31	78,04	80,74	73,78	77,61	79,64

¹ Estresse severo causado pelo frio – Perigo; Estresse ameno causado pelo frio – Alerta; Termoneutralidades – Conforto; Estresse ameno causado pelo calor – Alerta; Estresse severo causado pelo calor – Alerta.

21/03	86,71	86,44	85,73	76,31	82,99	84,61	74,55	79,41	80,14
22/03	80,49	83,81	81,57	75,26	86,51	86,46	71,65	79,11	78,62

Fonte: Próprio autor

De acordo com os resultados do ITGU obtidos na Tabela 8, pode-se observar que apenas no período das 8h00 existe um ambiente confortável para as poedeiras em todas as Casas, porém isso não ocorre na Casa 01 do dia 15 – 22/03 e na Casa 02 no dia 18/03, já na Casa 03 todo o período das 8h00 é confortável, e os demais períodos em todas as Casas se encontram em alerta devido ao Estresse ameno causado pelo calor.

Os resultados para os valores obtidos de CTR são apresentados na Tabela 9:

TABELA 9. CÁLCULO DO INDICADOR DE CONFORTO TÉRMICO CTR
DATA CASA 01 – TELHA DE FIBROCIMENTO CASA 02 – TELHA TERMOACÚSTICA CASA 03 – TELHA CERÂMICA

	8:00	12:00	16:00	8:00	12:00	16:00	8:00	12:00	16:00
06/03	425,50	439,31	468,44	418,61	447,34	466,13	421,39	488,46	485,69
07/03	416,88	439,12	466,27	412,24	463,13	477,80	412,16	499,65	495,32
08/03	401,91	431,34	470,62	410,54	441,37	473,97	403,12	483,12	492,88
09/03	415,31	437,94	469,27	416,92	462,28	470,21	420,07	498,54	488,79
10/03	423,60	449,28	495,64	425,28	480,35	495,97	412,35	500,18	512,70
11/03	429,18	446,38	467,23	428,18	467,95	478,14	432,87	482,05	502,34
12/03	446,26	460,50	474,65	428,44	488,74	489,65	433,96	490,62	493,91
13/03	439,43	470,26	497,88	436,23	495,79	512,47	426,28	521,21	520,76
15/03	440,98	470,36	472,20	437,24	481,18	498,44	431,99	496,50	516,09
16/03	443,07	453,37	477,07	447,71	491,63	491,32	435,12	486,68	490,50
17/03	443,22	443,54	493,25	439,31	493,99	509,71	443,04	496,45	512,59
18/03	456,13	455,37	474,88	527,13	456,78	491,70	456,34	470,99	501,41
19/03	437,26	473,88	410,85	439,77	482,14	405,30	442,19	494,94	397,17
20/03	435,76	442,46	460,42	429,60	450,54	469,12	433,96	458,06	483,08
21/03	438,86	451,77	463,06	462,09	520,95	566,98	435,95	465,99	482,68
22/03	413,28	433,96	454,22	533,64	658,70	684,77	439,52	491,70	485,79

Fonte: Próprio autor

As Casas 02 e 03 tiveram um valor de CTR maior que a Casa 01 em quase todo o período como pode-se ver na Tabela 9, tendo a Casa 01 um valor de CTR maior que os das Casas 02 e 03 apenas nos dias 6, 7, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 20 e 21 às 8h00 e nos dias 6 e 19 às 16h00, porém a diferença existente é mínima chegando ao máximo de 10% pra mais ou para menos em alguns dias, por outro lado a Casa 02 no dia 21 às 12h00 e às 16h00 e no dia 22 às 8h00, 12h00 e 16h00 teve um valor de CTR muito acima da Casa 01 e 03, como pode-se ver destacado em rosa na Tabela 9, sendo de 20 a 30% a diferença entre o CTR das demais casas.

Os resultados para os valores obtidos de TRM são apresentados na Tabela 10:

TABELA 10. CÁLCULO DO INDICADOR DE CONFORTO TÉRMICO
TRM

DATA	CASA 01 – TELHA DE FIBROCIMENTO			CASA 02 – TELHA TERMOACÚSTICA			CASA 03 – TELHA CERÂMICA		
	8:00	12:00	16:00	8:00	12:00	16:00	8:00	12:00	16:00
06/03	294,33	296,69	301,49	293,13	298,03	301,11	293,61	304,66	304,22
07/03	292,82	296,65	301,14	292,01	300,63	302,98	291,99	306,39	305,72
08/03	290,16	295,33	301,84	291,71	297,03	302,37	290,38	303,82	305,34
09/03	292,55	296,45	301,62	292,83	300,49	301,77	293,38	306,22	304,71
10/03	294,00	298,35	305,77	294,29	303,38	305,82	292,03	306,47	308,37
11/03	294,96	297,87	301,29	294,79	301,41	303,03	295,59	303,65	306,80
12/03	297,85	300,20	302,48	294,83	304,70	304,84	295,78	304,99	305,50
13/03	296,71	301,78	306,12	296,16	305,79	308,33	294,46	309,64	309,57
15/03	296,97	301,79	302,09	296,34	303,52	306,20	295,44	305,90	308,88
16/03	297,32	299,03	302,86	298,09	305,15	305,10	295,98	304,38	304,97
17/03	297,34	297,40	305,40	296,69	305,52	307,92	297,31	305,89	308,35
18/03	299,49	299,36	302,52	310,52	299,59	305,16	299,52	301,90	306,66
19/03	296,34	302,36	291,76	296,76	303,67	290,77	297,17	305,66	289,30
20/03	296,08	297,22	300,19	295,03	298,56	301,60	295,78	299,80	303,82
21/03	296,61	298,77	300,62	300,46	309,60	316,22	296,12	301,09	303,75
22/03	292,19	295,78	299,17	311,47	328,30	331,51	296,72	305,16	304,24

Os resultados obtidos do TRM foram utilizados para realizar o cálculo do CTR, por isso em ambos os casos as Casas 02 e 03 tiveram os maiores valores desses índices, já que um utiliza o outro, tendo um destaque maior para a Casa 02 que no dia 21 às 12h00 e às 16h00 e no dia 22 às 8h00, 12h00 e 16h00 teve um valor de TRM maior que o das demais casas conforme é destacado em rosa na Tabela 10, o mesmo caso ocorre para o CTR na Tabela 9, porém o valor da diferença do TRM da Casa 02 nos dias e horas destacados em rosa, não é igual ou se equipara a diferença apresentada na Tabela 9 do CTR que se encontra destacado em rosa também.

Os resultados para os valores obtidos de ITU são apresentados na Tabela 11:

²TABELA 11. CÁLCULO DO INDICADOR DE CONFORTO TÉRMICO ITU

DATA	CASA 01 – TELHA DE FIBROCIMENTO			CASA 02 – TELHA TERMOACÚSTICA			CASA 03 – TELHA CERÂMICA		
------	---------------------------------	--	--	-------------------------------	--	--	--------------------------	--	--

	8:00	12:00	16:00	8:00	12:00	16:00	8:00	12:00	16:00
06/03	69,74	82,09	81,00	74,13	90,11	91,50	70,40	77,87	78,74
07/03	69,03	81,59	80,81	73,38	90,25	92,66	69,64	77,10	77,26
08/03	68,73	82,15	82,05	72,71	89,22	93,08	69,12	77,74	78,38
09/03	70,63	83,16	81,28	74,67	91,54	93,60	70,78	78,55	77,78
10/03	72,80	84,99	84,88	77,03	94,97	97,96	73,10	80,74	80,65
11/03	74,18	83,83	84,06	79,00	95,31	97,77	74,49	80,78	81,00
12/03	74,81	85,51	85,75	79,88	96,06	99,42	75,05	81,93	81,88
13/03	73,59	84,81	84,76	79,44	98,11	100,39	73,84	80,13	80,35
15/03	75,69	84,66	86,20	81,31	95,86	101,02	76,09	82,07	82,78
16/03	76,80	84,67	84,10	82,08	95,36	97,62	76,92	81,88	81,48
17/03	75,18	85,59	85,44	80,11	95,90	99,58	75,68	81,88	82,34
18/03	78,25	82,78	85,39	84,21	90,77	96,61	77,79	81,50	82,95

² Estresse severo causado pelo frio – Perigo; Estresse ameno causado pelo frio – Alerta; Termoneutralidades – Conforto; Estresse ameno causado pelo calor – Alerta; Estresse severo causado pelo calor – Alerta.

19/03	76,14	83,70	76,40	81,39	93,78	84,39	77,17	82,07	77,82
20/03	74,78	78,89	82,30	78,81	84,46	89,36	75,29	79,21	80,25
21/03	75,61	82,83	82,41	79,51	89,92	91,12	76,40	80,78	80,85
22/03	71,06	82,42	80,97	75,80	91,24	92,40	71,75	78,98	78,31

Fonte: Próprio autor

Com os resultados do ITU obtidos na Tabela 11 pode-se observar uma situação bem diferente ao do ITGU da Tabela 8, pois apenas um dia às 8h00 da Casa 01 Temos Estresse ameno causado por calor fazendo com que exista alerta e na Casa 03 temos apenas o dia 18 e 19 com um ambiente de Estresse ameno causado pelo calor devendo ficar em alerta, enquanto que na Casa 02 do dia 10 – 13/03 e do dia 15 – 21/03 temos Estresse ameno causado pelo calor, existindo alerta em um período muito maior que a Casa 01 e Casa 03, além de que apenas nos dias 20/03 às 12h00 e 19 e 20/03 às 16h00 o ambiente interno se encontrar em Estresse ameno causado pelo calor, estando nos demais dias com um ambiente de Estresse severo causado pelo calor, existindo assim perigo.

Os resultados para os valores obtidos de TE são apresentados na Tabela 12:

³TABELA 12. CÁLCULO DO INDICADOR DE CONFORTO TÉRMICO TE
DATA CASA 01 – TELHA CASA 02 – TELHA CASA 03 – TELHA
DE TERMOACÚSTICA CERÂMICA
FIBROCIMENTO

	8:00	12:00	16:00	8:00	12:00	16:00	8:00	12:00	16:00
06/03	18,76	30,03	30,42	19,43	27,85	28,92	18,86	26,53	27,97
07/03	18,71	31,27	32,35	19,29	28,27	30,44	18,86	27,21	29,01
08/03	18,06	30,14	32,46	18,74	27,33	30,07	17,99	26,02	28,59
09/03	19,20	31,64	32,27	19,63	28,59	30,56	18,97	27,34	29,17
10/03	20,01	32,46	33,78	20,46	29,98	32,17	19,85	27,85	29,91
11/03	20,80	31,46	32,77	21,32	30,35	32,12	20,64	27,97	29,45

³ Estresse severo causado pelo frio – Perigo; Estresse ameno causado pelo frio – Alerta; Termoneutralidades – Conforto; Estresse ameno causado pelo calor – Alerta; Estresse severo causado pelo calor – Alerta.

12/03	21,23	31,36	33,51	21,80	30,42	32,64	21,11	27,82	29,44
13/03	21,44	34,66	36,08	22,14	32,60	34,35	21,48	30,45	32,04
15/03	21,52	31,06	34,29	22,44	30,50	33,59	21,48	28,34	30,43
16/03	21,37	30,92	32,18	22,35	29,94	31,75	21,19	27,28	29,07
17/03	20,55	31,61	33,38	21,52	30,18	32,86	20,60	27,57	29,79
18/03	22,59	27,24	31,00	23,48	27,04	30,53	22,10	25,56	28,49
19/03	20,80	28,81	21,28	21,86	28,78	23,55	21,05	26,60	21,47
20/03	19,35	22,55	26,89	20,11	23,03	26,17	19,57	22,26	24,58
21/03	19,68	26,63	27,13	20,48	26,22	27,27	19,90	24,45	25,29
22/03	18,77	28,43	29,72	19,79	27,83	29,35	18,86	25,81	27,32

Fonte: Próprio autor

Como pode-se ver na Tabela 12 a TE de todas as Casas tiveram dias com horários em que houve Perigo devido ao frio, Alerta devido ao frio, Conforto, Alerta devido ao calor e Perigo devido ao calor, ficando claro que a Casa 01 foi a que teve maior dias em que houve Perigo devido ao frio e ao Calor, tendo a menor quantidade de dias de conforto, por outro lado a Casa 02 ficou em um equilíbrio entre todas as classificações não pendendo para nenhuma, pois a diferença foi mínima, já a Casa 03 pode-se ver que houve o maior número de dias com conforto, tendo apenas 1 dia de Perigo devido ao calor.

4.2.2. Resultado da temperatura de superfície coletada com câmera termográfica

Os resultados obtidos para a coleta das temperaturas obtidas com a câmera termográfica, para o galpão com as telhas de Fibrocimento foram organizados inicialmente como exibe a Tabela 13.

Durante a organização dos dados, os resultados obtidos no dia 26/02 foram excluídos devido às chuvas.

TABELA 13. DADOS DA COLETA DE TEMPERATURA COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA TELHAS DE FIBROCIMENTO

		PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
08H00	17/fev	33,8	33,8	34

	18/fev	31,7	38,8	30,7
	19/fev	25,9	26,3	26,4
	20/fev	25,8	26,2	25,6
	21/fev	25,4	24,9	25,5
	24/fev	22,1	22,2	22,5
	25/fev	25	24,8	25,3
	27/fev	19,5	19,9	19,7
	28/fev	33,4	32,6	32,6
	02/mar	24,4	24,3	23,7
	03/mar	31,7	31,2	34,5
	04/mar	34,3	33	33,1
	05/mar	28,5	27	28,6
	06/mar	22	21,4	22,4
12H00	17/fev	58,4	60,4	65,7
	18/fev	58,8	58,9	59,8
	19/fev	49,1	52	51,3
	20/fev	46,7	46,1	46,5
	21/fev	28,1	28,2	28
	24/fev	36,6	36,2	35,1
	25/fev	56,2	57,2	57,4
	27/fev	39,5	39,9	40,1
	28/fev	47,4	48,4	48,1
	02/mar	48,2	49,4	48,2
	03/mar	45	45,9	45,3
	04/mar	55,6	54,5	54,3
	05/mar	54,7	55,9	54,7
	06/mar	49,7	50,2	48,6
16H00	17/fev	34,3	34,2	33,3
	18/fev	62,9	60,8	63,1
	19/fev	55	56,3	56,4
	20/fev	48	49,4	49,2
	21/fev	40,8	40,8	40,7
	24/fev	39,2	40,2	41
	25/fev	26	25,9	26
	27/fev	30,6	31,2	30,8
	28/fev	49,6	50,7	50,1
	02/mar	44,6	44,2	44,2
	03/mar	38,2	39,7	37
	04/mar	40,7	41,4	40,9
	05/mar	48,8	48,5	48,4
	06/mar	47,5	48,9	49,7

Fonte: Próprio autor

Na sequência, foram calculadas as médias para os três pontos de coleta e, foi construída a Tabela 14:

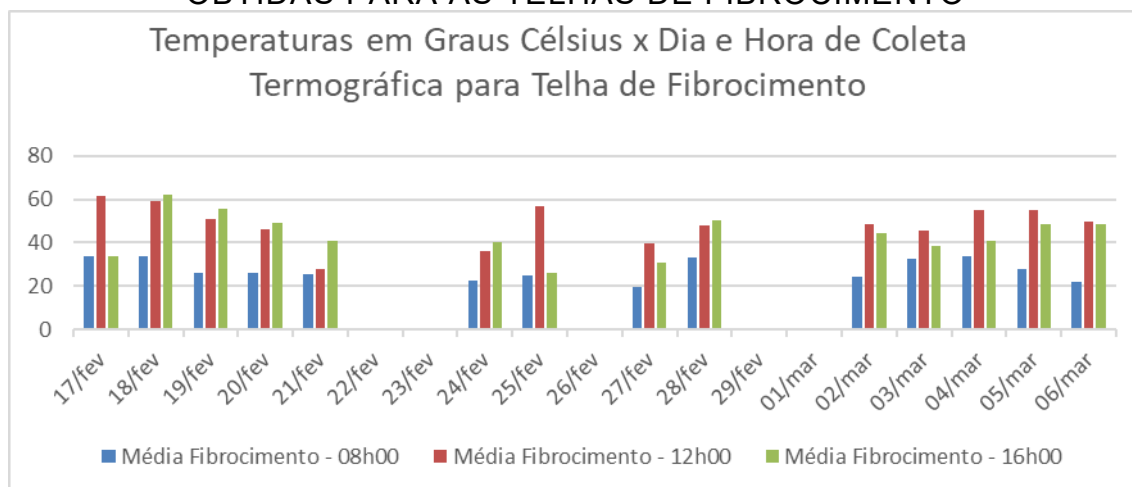
TABELA 14. MÉDIAS DOS DADOS COLETADOS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA TELHAS DE FIBROCIMENTO

DIA	MÉDIA - FIBROCIMENTO 08H00	MÉDIA - FIBROCIMENTO 12H00	MÉDIA - FIBROCIMENTO 16H00	DESVIO PADRÃO - FIBROCIMENTO
17/FEV	33,86	61,50	33,93	15,94
18/FEV	33,73	59,16	62,26	15,65
19/FEV	26,20	50,80	55,90	15,88
20/FEV	25,86	46,43	48,86	12,64
21/FEV	25,26	28,10	40,76	8,25
24/FEV	22,26	35,96	40,13	9,35
25/FEV	25,03	56,93	25,96	18,15
27/FEV	19,70	39,83	30,86	10,08
28/FEV	32,86	47,96	50,13	9,41
02/MAR	24,13	48,60	44,33	13,07
03/MAR	32,46	45,40	38,30	6,48
04/MAR	33,46	54,80	41,00	10,82
05/MAR	28,03	55,10	48,56	14,12
06/MAR	21,93	49,50	48,70	15,69

Fonte: Próprio autor

De posse desta Tabela 14, foi construído o gráfico de colunas agrupadas, para que se visualizem as Temperaturas em Graus Célsius x os Dias e Horas das Coletas Termográficas para as telhas de Fibrocimento (Gráfico 3).

GRÁFICO 3. COLUNAS AGRUPADAS PARA AS TEMPERATURAS OBTIDAS PARA AS TELHAS DE FIBROCIMENTO



Fonte: Próprio autor

Neste Gráfico 3 é possível observar que as temperaturas mais elevadas identificadas nas coletas termográficas na face superior das telhas de Fibrocimento, aconteceram no período das 12 e 16 horas nos dias 17 de fevereiro de 2020 (61,5 graus Celsius às 12h00) e 18 de fevereiro de 2020 (59,16 graus Celsius às 12h00 e 62,26 graus Celsius às 16h00).

Da mesma forma, é possível verificar que as temperaturas mais baixas identificadas nas coletas termográficas na face superior das telhas de Fibrocimento, aconteceram no período das 8 horas nos dias 27 de fevereiro de 2020 (19,7 graus Celsius) e 6 de março de 2020 (21,93 graus Celsius).

As temperaturas mais baixas verificadas durante o período de coleta são em média 65,85% menor que as temperaturas mais altas coletadas durante o mesmo período.

Da mesma forma, os resultados obtidos para a coleta das temperaturas com a câmera termográfica, para o galpão com as telhas Termoacústicas foram organizados inicialmente como exibe a Tabela 15.

Durante a organização dos dados, os resultados obtidos no dia 26/02 foram excluídos devido a chuvas.

TABELA 15. DADOS DA COLETA DE TEMPERATURAS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA TELHAS TERMOACÚSTICAS

		PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
08H00	17/fev	10,50	10,20	11,50
	18/fev	10,10	11,20	10,50
	19/fev	18,70	18,60	18,60
	20/fev	16,90	18,00	16,60
	21/fev	19,50	20,60	20,60
	24/fev	14,10	15,30	16,00
	25/fev	20,80	19,10	20,40
	27/fev	18,70	18,90	18,70
	28/fev	-4,40	-4,50	-3,30
	02/mar	10,40	06,10	02,20
12H00	03/mar	01,20	01,10	01,30
	04/mar	-3,40	-3,60	-2,60
	05/mar	-1,90	-0,90	-1,40
	06/mar	-1,60	-2,40	-1,10
	17/fev	32,30	34,90	34,50
	18/fev	23,30	23,10	24,60
	19/fev	25,80	26,50	27,10
	20/fev	22,20	21,80	22,80

	21/fev	19,70	21,90	20,60
	24/fev	25,30	25,70	25,30
	25/fev	23,40	24,00	24,40
	27/fev	25,60	25,60	25,50
	28/fev	07,20	05,60	07,40
	02/mar	11,40	11,70	11,70
	03/mar	22,30	23,30	23,50
	04/mar	11,40	12,10	11,70
	05/mar	13,60	13,70	13,20
	06/mar	09,80	09,30	10,40
16H00	17/fev	25,00	25,80	24,10
	18/fev	22,40	23,30	23,40
	19/fev	22,50	20,60	23,70
	20/fev	19,20	18,80	19,60
	21/fev	18,00	19,10	17,60
	24/fev	23,50	24,10	20,50
	25/fev	17,30	17,20	18,30
	27/fev	06,80	04,60	07,30
	28/fev	03,50	02,20	04,00
	02/mar	08,80	09,50	10,90
	03/mar	06,20	05,30	06,70
	04/mar	04,10	04,50	04,10
	05/mar	21,70	20,50	21,50
	06/mar	08,20	07,80	08,90

Fonte: Próprio autor

Na sequência, foram calculadas as médias para os três pontos de coleta e, foi construída a Tabela 16:

TABELA 16. MÉDIAS DOS DADOS COLETADOS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA TELHAS TERMOACÚSTICAS

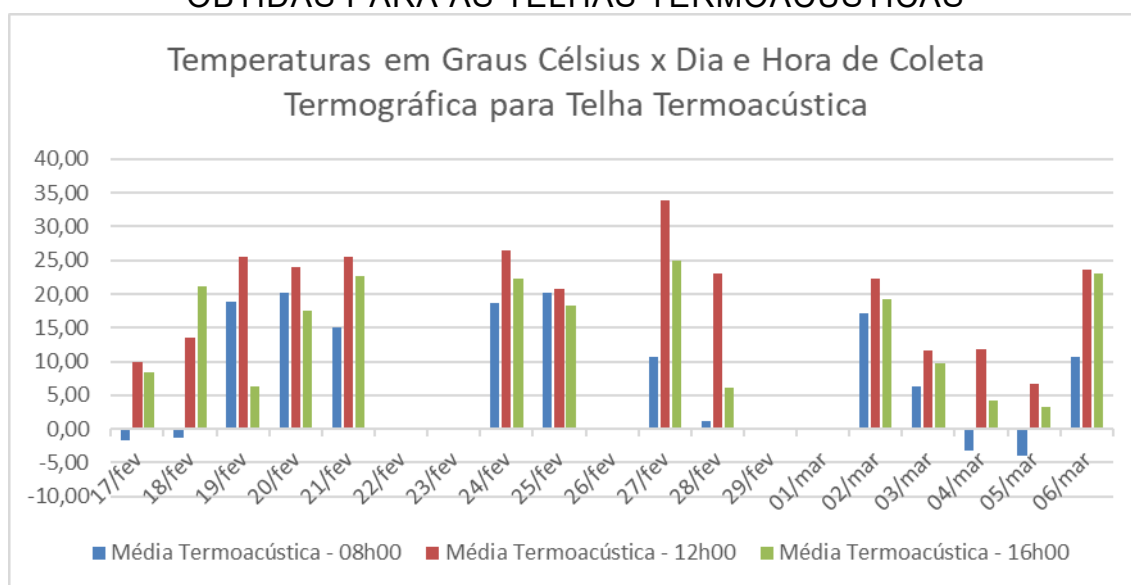
DIA	MÉDIA - TERMOACÚSTICA 08H00	MÉDIA - TERMOACÚSTICA 12H00	MÉDIA - TERMOACÚSTICA 16H00	DESVIO PADRÃO TERMOACÚSTICA
17/FEV	10,73	33,90	24,97	11,69
18/FEV	10,60	23,67	23,03	7,37
19/FEV	18,63	26,47	22,27	3,92
20/FEV	17,17	22,27	19,20	2,57
21/FEV	20,23	20,73	18,23	1,32
24/FEV	15,13	25,43	22,70	5,34
25/FEV	20,10	23,93	17,60	3,19
27/FEV	18,77	25,57	06,23	9,81
28/FEV	-4,07	06,73	03,23	5,51
02/MAR	06,23	11,60	09,73	2,73
03/MAR	01,20	23,03	06,07	11,46

04/MAR	-3,20	11,73	4,23	7,47
05/MAR	-1,40	13,50	21,23	11,50
06/MAR	-1,70	09,83	08,30	8,15

Fonte: Próprio autor

De posse desta Tabela 16, foi construído o gráfico de colunas agrupadas, para que se visualizem as Temperaturas em Graus Célsius x os Dias e Horas das Coletas Termográficas para as telhas Termoacústicas (Gráfico 4).

GRÁFICO 4. COLUNAS AGRUPADAS PARA AS TEMPERATURAS OBTIDAS PARA AS TELHAS TERMOACÚSTICAS



Fonte: Próprio autor

As temperaturas mais elevadas identificadas nas coletas termográficas na face superior das telhas Termoacústicas (Gráfico 4), ocorreram no período das 12 horas nos dias 24 de fevereiro de 2020 (33,90 graus Celsius) e 27 de fevereiro de 2020 (26,47 graus Celsius).

Da mesma forma, é possível verificar que as temperaturas mais baixas identificadas nas coletas termográficas na face superior das telhas Termoacústicas, aconteceram no período das 8 horas nos dias 04 de março de 2020 (-04,07 graus Celsius) e 05 de março de 2020 (-03,20 graus Celsius), desconsiderando os dois dias que se obteve um valor negativo de temperatura os dias com menor temperatura é 28 de fevereiro 2020 às 08h00 (01,20 graus Celsius) e 05 de março às 16h00 (03,23 graus Celsius).

As temperaturas mais baixas verificadas durante o período de coleta são em média 102,40% menor que as temperaturas mais altas coletadas durante o mesmo período.

Da mesma forma, os resultados obtidos para a coleta das temperaturas com a câmera termográfica, para o galpão com as telhas Cerâmicas foram organizados inicialmente como exibe a Tabela 17.

Durante a organização dos dados, os resultados obtidos no dia 26/02 foram excluídos devido a chuvas.

TABELA 17. DADOS DA COLETA DE TEMPERATURAS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA TELHAS CERÂMICAS

		PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
08H00	17/fev	33,00	33,30	33,50
	18/fev	26,90	28,50	28,10
	19/fev	26,50	26,50	27,10
	20/fev	26,80	26,80	26,60
	21/fev	27,00	27,10	26,10
	24/fev	23,40	24,00	23,00
	25/fev	26,70	27,10	26,80
	27/fev	21,60	21,30	21,70
	28/fev	26,80	25,70	27,70
	02/mar	21,90	22,20	23,00
	03/mar	26,50	25,20	26,70
	04/mar	27,10	25,70	29,30
	05/mar	25,00	25,30	25,70
	06/mar	23,50	23,70	24,20
12H00	17/fev	49,40	50,00	49,50
	18/fev	52,20	52,30	52,60
	19/fev	47,20	48,80	47,30
	20/fev	40,10	40,30	40,30
	21/fev	29,00	28,80	29,10
	24/fev	33,00	32,30	33,00
	25/fev	49,20	49,60	50,50
	27/fev	37,30	36,50	37,60
	28/fev	45,90	46,60	45,50
	02/mar	46,40	47,30	48,10
	03/mar	44,40	44,20	44,20
	04/mar	47,80	48,60	47,60
	05/mar	51,30	50,70	50,90
	06/mar	48,20	48,20	48,10
16H00	17/fev	33,60	34,50	33,90
	18/fev	48,80	53,40	51,10

	19/fev	48,50	47,10	46,50
	20/fev	43,50	42,20	42,30
	21/fev	37,80	37,10	38,10
	24/fev	39,60	38,10	38,00
	25/fev	25,90	26,10	26,00
	27/fev	32,10	31,30	31,20
	28/fev	38,00	39,60	40,80
	02/mar	41,50	42,50	41,90
	03/mar	36,90	38,50	36,10
	04/mar	34,30	34,90	34,10
	05/mar	40,30	40,80	40,20
	06/mar	40,60	39,90	39,10

Fonte: Próprio autor

Na sequência, foram calculadas as médias para os três pontos de coleta e, foi construída a Tabela 18:

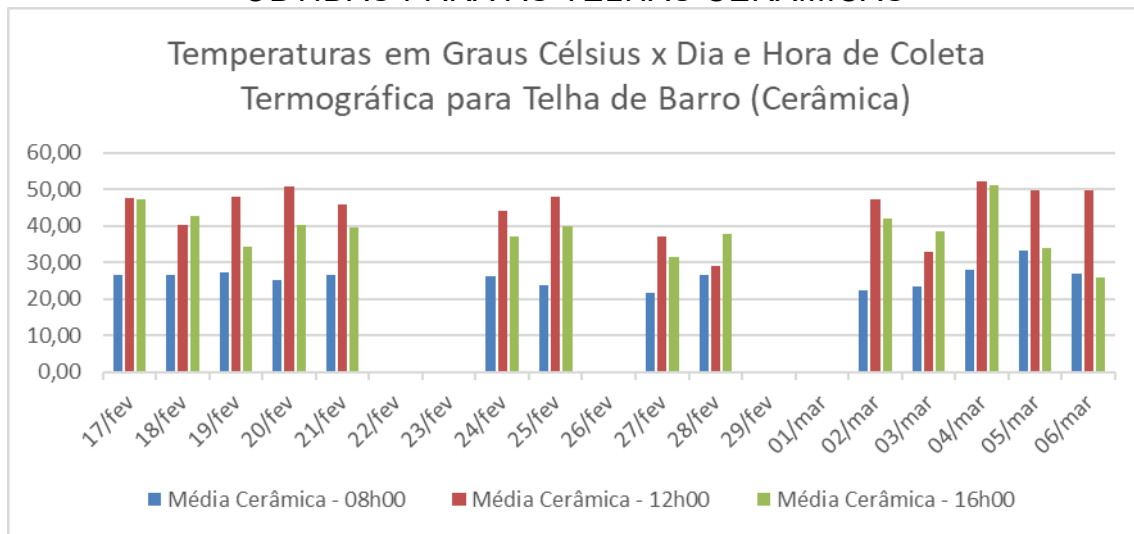
TABELA 18. MÉDIAS DOS DADOS COLETADOS COM A CÂMERA TERMOGRÁFICA PARA TELHAS CERÂMICAS

DIA	MÉDIA - CERÂMICAS 08H00	MÉDIA - CERÂMICAS 12H00	MÉDIA - CERÂMICAS 16H00	DESVIO PADRÃO - CERÂMICAS
17/FEV	33,27	49,63	34,00	9,24
18/FEV	27,83	52,37	51,10	13,82
19/FEV	26,70	47,77	47,37	12,05
20/FEV	26,73	40,23	42,67	8,59
21/FEV	26,73	28,97	37,67	5,78
24/FEV	23,47	32,77	38,57	7,62
25/FEV	26,87	49,77	26,00	13,48
27/FEV	21,53	37,13	31,53	7,90
28/FEV	26,73	46,00	39,47	9,80
02/MAR	22,37	47,27	41,97	13,12
03/MAR	26,13	44,27	37,17	9,14
04/MAR	27,37	48,00	34,43	10,48
05/MAR	25,33	50,97	40,43	12,89
06/MAR	23,80	48,17	39,87	12,39

Fonte: Próprio autor.

De posse desta Tabela 18, foi construído o gráfico de colunas agrupadas, para que se visualizem as Temperaturas em Graus Célsius x os Dias e Horas das Coletas Termográficas para as telhas Cerâmicas (Gráfico 5).

GRÁFICO 5. COLUNAS AGRUPADAS PARA AS TEMPERATURAS OBTIDAS PARA AS TELHAS CERÂMICAS



Fonte: Próprio autor

Neste Gráfico 5 é possível observar que as temperaturas mais elevadas identificadas nas coletas termográficas na face superior das telhas Cerâmicas, aconteceram no período das 12 horas nos dias 20 de fevereiro de 2020 (50,97 graus Celsius) e 04 de março de 2020 (52,37 graus Celsius).

Da mesma forma, é possível verificar que as temperaturas mais baixas identificadas nas coletas termográficas na face superior das telhas Cerâmicas, aconteceram no período das 8 horas nos dias 27 de fevereiro de 2020 (21,53 graus Celsius) e 02 de março de 2020 (22,37 graus Celsius).

As temperaturas mais baixas verificadas durante o período de coleta são em média 57,51% menor que as temperaturas mais altas coletadas durante o mesmo período.

Após a coleta destes dados, notou-se a importância destas datas para a análise a ser realizada nesta pesquisa com base na análise termográfica, ou seja, as datas em que ocorreram as máximas e as mínimas temperaturas, sendo assim selecionamos algumas datas que coincidem com a coleta da temperatura da face inferior com os sensores LM35, para que possamos averiguar se a temperatura inferior está relacionada com a maior ou menor irradiação solar sobre os galpões do experimento.

A Tabela 19 exibem o resumo das coletas realizadas com a câmera termográfica para as temperaturas máximas e mínimas na face superior das telhas nestas datas e os valores obtidos das temperaturas na face inferior das

telhas nas mesmas datas e horários com o uso dos sensores LM 35 por coleta via coletor de dados Arduino:

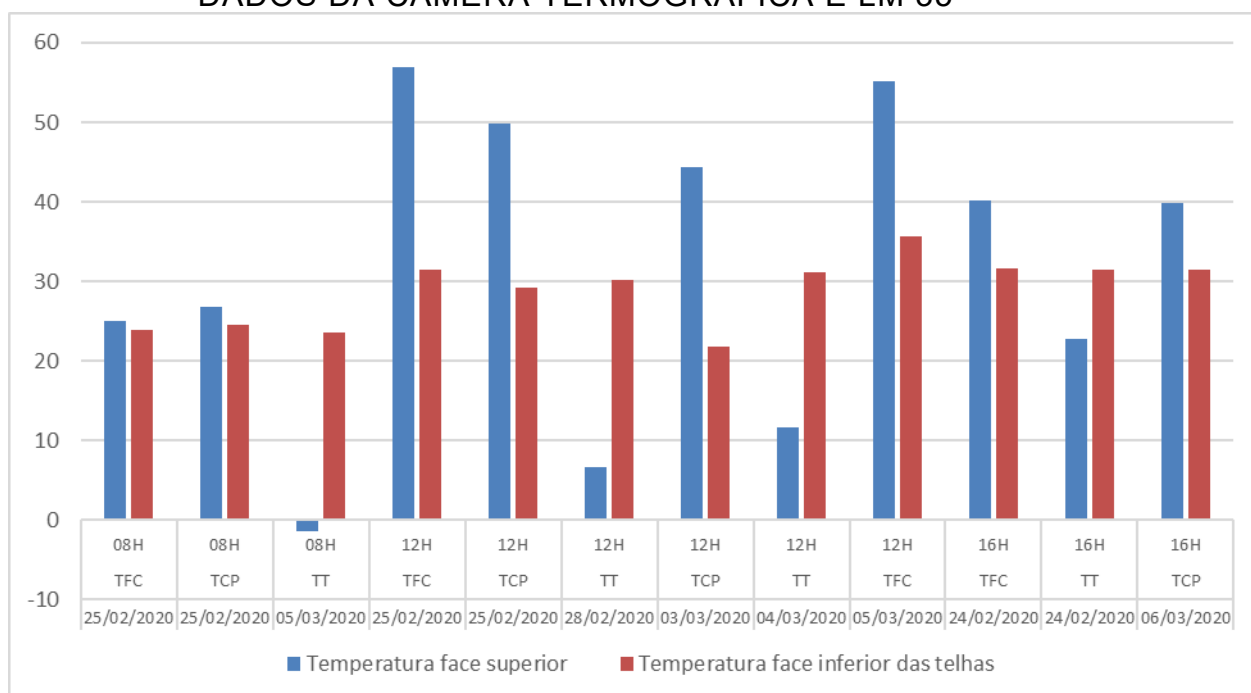
TABELA 19. DATAS CRÍTICAS E TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS NAS FACES SUPERIOR E INFERIOR DAS TELHAS

DATA	TIPO TELHA	HORA	TEMPERATURA FACE SUPERIOR DAS TELHAS (CÂMERA TERMOGRÁFICA)	TEMPERATURA FACE INFERIOR DAS TELHAS (LM 35)	DIFERENÇA ENTRE AS TEMPERATURAS SUPERIOR E INFERIOR.
24/02/2020	Fibrocimento	16H	40,13	31,63	08,50
24/02/2020	Termoacústica	16H	22,7	31,42	-08,72
25/02/2020	Fibrocimento	08H	25,03	23,83	01,20
25/02/2020	Fibrocimento	12H	56,93	31,53	25,40
25/02/2020	Cerâmica	08H	26,86	24,54	02,32
25/02/2020	Cerâmica	12H	49,76	29,25	20,51
28/02/2020	Termoacústica	12H	06,73	30,22	-23,49
03/03/2020	Cerâmica	12H	44,36	21,85	22,51
04/03/2020	Termoacústica	12H	11,73	31,22	-19,49
05/03/2020	Fibrocimento	12H	55,10	35,63	19,47
05/03/2020	Termoacústica	08H	-01,40	23,62	-22,22
06/03/2020	Cerâmica	16H	39,86	31,54	08,32

Fonte: Próprio autor

Com os resultados obtidos da Tabela 19, é possível observar que os gradientes obtidos apontam para valores maiores para as telhas do tipo fibrocimento, pode-se ainda observar que o levantamento da temperatura da superfície com a câmera termográfica não é eficiente para telhas termoacústicas devido a sua refletância.

GRÁFICO 6. COMPARAÇÃO ENTRE AS TRÊS COBERTURAS COM DADOS DA CÂMERA TERMAGRÁFICA E LM 35



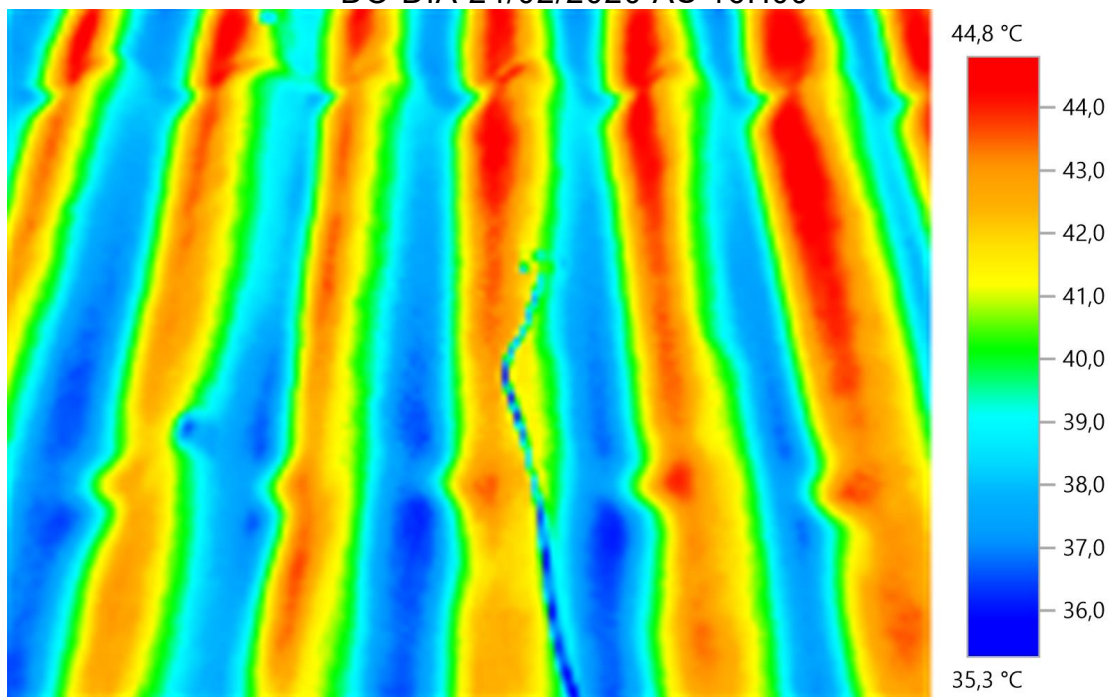
Fonte: Próprio autor.

Pode-se observar no Gráfico 6 que em quase todos os casos a temperatura inferior é menor que a temperatura superior do telhado, apenas no caso das telhas termoacústicas que a temperatura inferior é maior que a superior, pois devido a sua refletância a câmera termográfica não conseguiu captar a temperatura.

Logo abaixo as Figuras 22 a 33 apresentam as imagens termográficas com escala cromática da temperatura para as três coberturas conforme informado as datas críticas de temperaturas na Tabela 19.

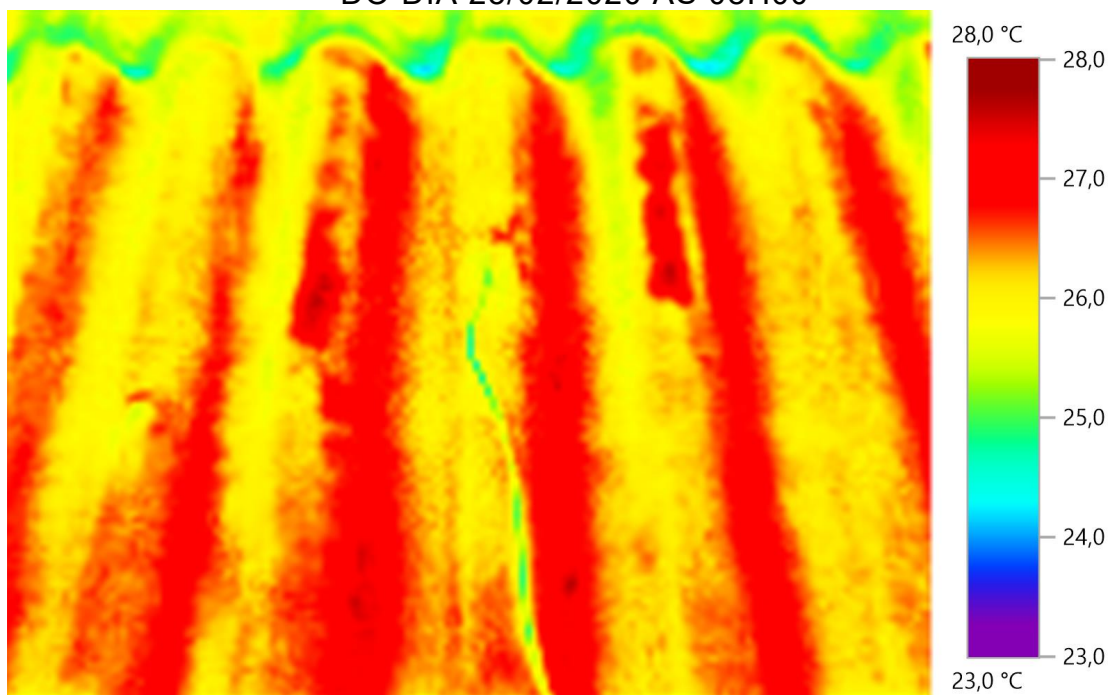
As Figuras 22 a 25 demonstram as imagens termográfica geradas na coleta nos dias 24/02/2020 às 16h00, 25/02/2020 às 08h00, 25/02/2020 às 12h00 e 05/03/2020 às 12h00 para as telhas de fibrocimento que foram utilizadas na Tabela 19.

FIGURA 23. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA DE FIBROCIMENTO
DO DIA 24/02/2020 ÀS 16H00



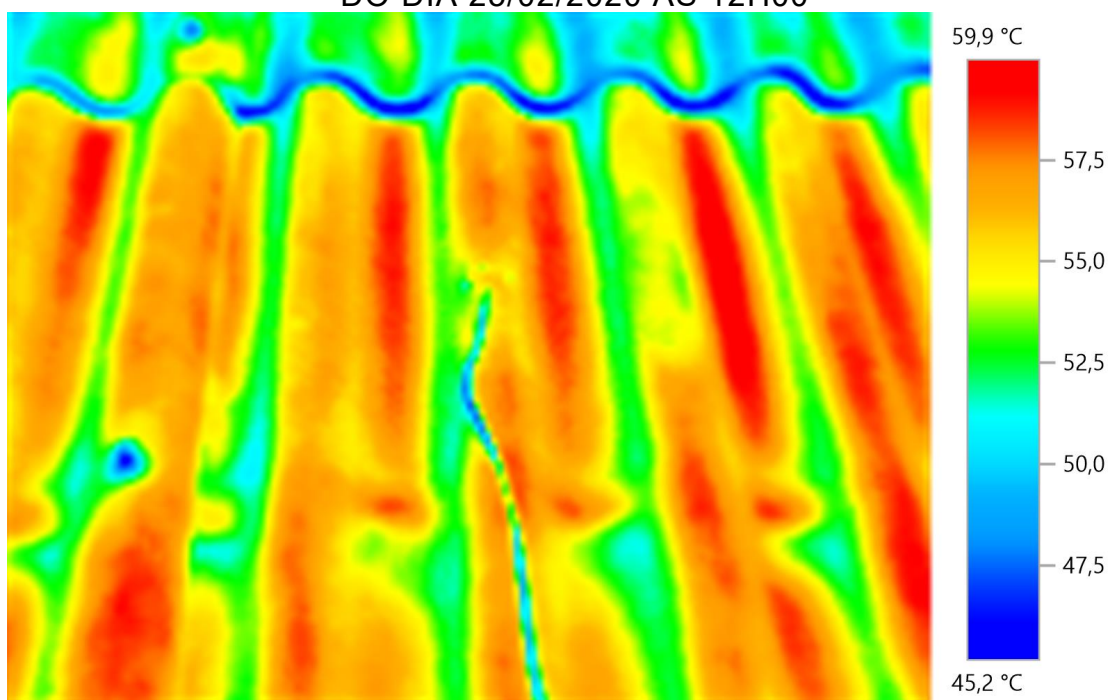
Fonte: Próprio autor.

FIGURA 24. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA DE FIBROCIMENTO
DO DIA 25/02/2020 ÀS 08H00



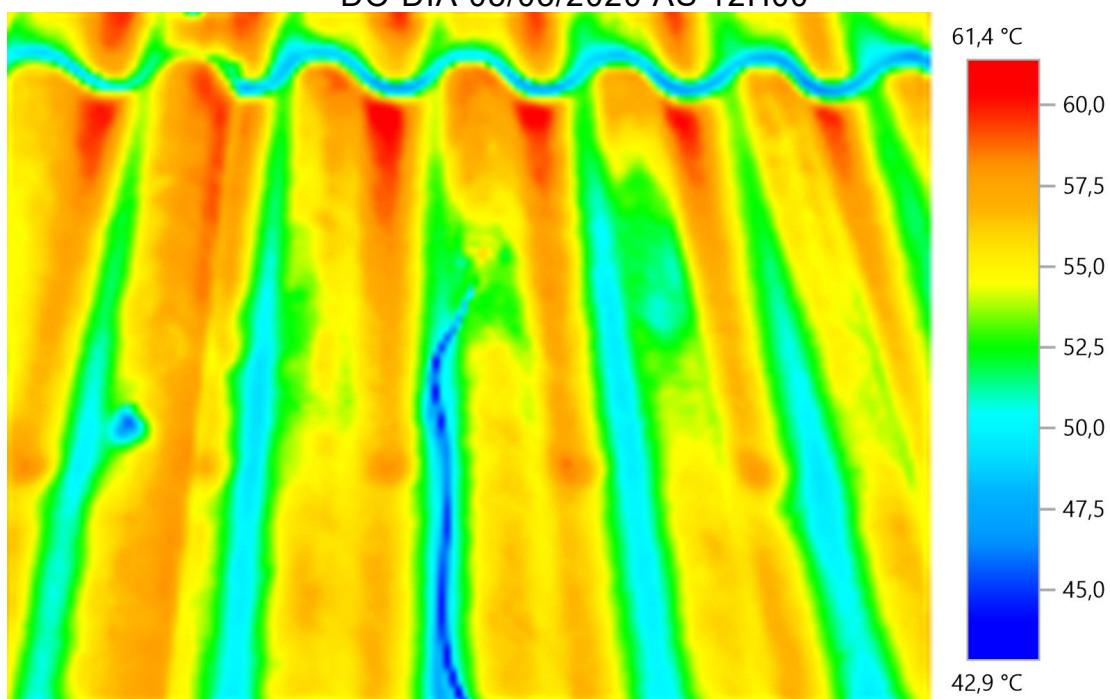
Fonte: Próprio autor.

FIGURA 25. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA DE FIBROCIMENTO DO DIA 25/02/2020 ÀS 12H00



Fonte: Próprio autor.

FIGURA 26. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA DE FIBROCIMENTO DO DIA 05/03/2020 ÀS 12H00

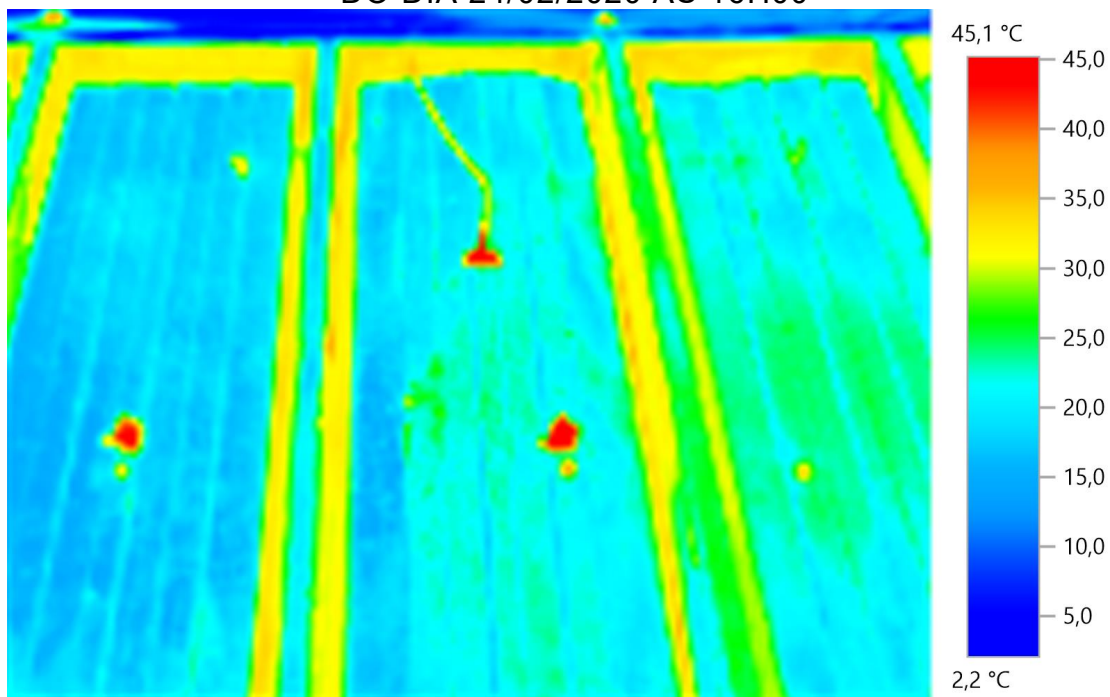


Fonte: Próprio autor.

As Figuras 26 a 29 demonstram as imagens termográfica geradas na coleta nos dias 24/02/2020 às 16h00, 28/02/2020 às 12h00, 04/03/2020 às

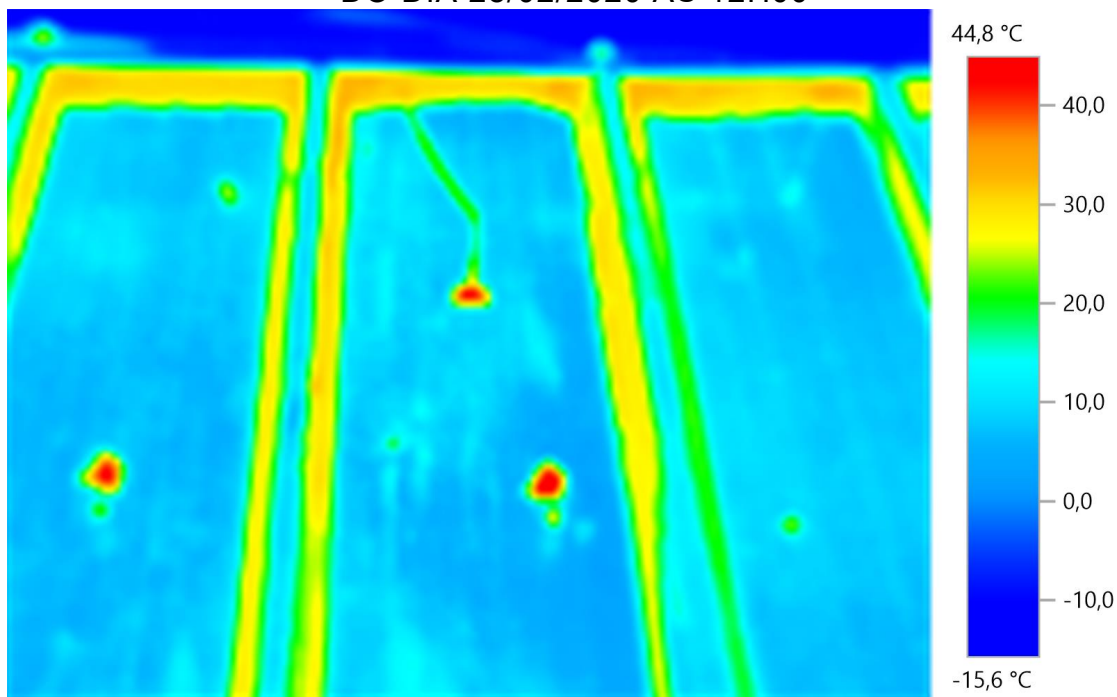
12h00 e 05/03/2020 às 08h00 para telhas termoacústicas que foram utilizadas na Tabela 19.

FIGURA 27. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA TERMOACÚSTICA DO DIA 24/02/2020 ÀS 16H00



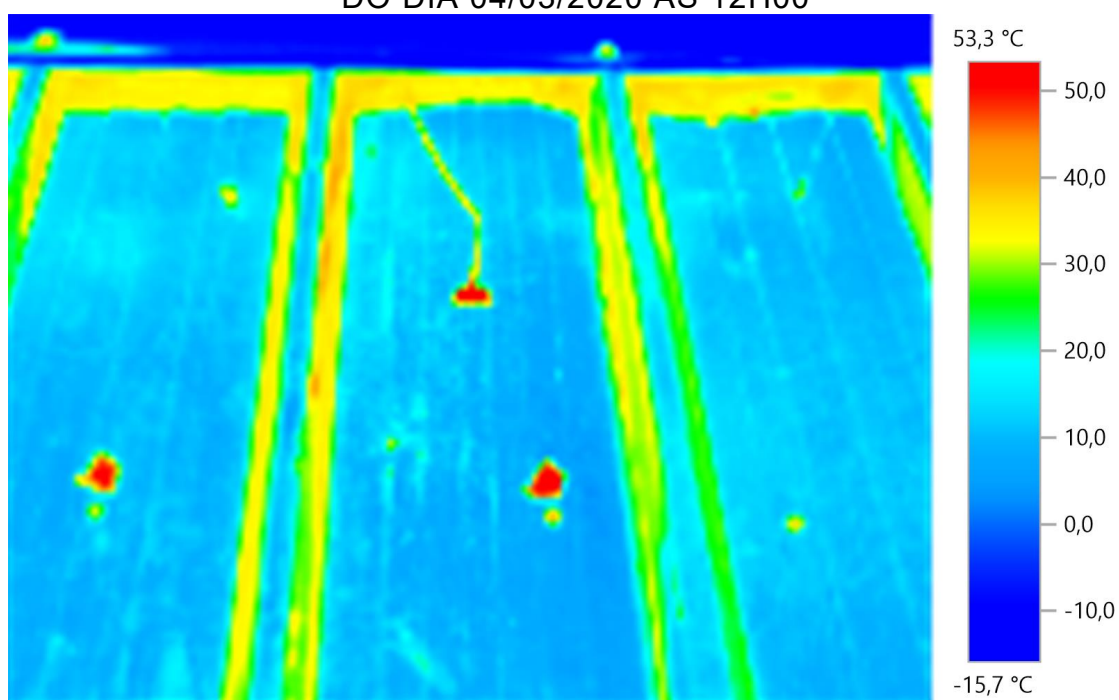
Fonte: Próprio autor.

FIGURA 28. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA TERMOACÚSTICA DO DIA 28/02/2020 ÀS 12H00



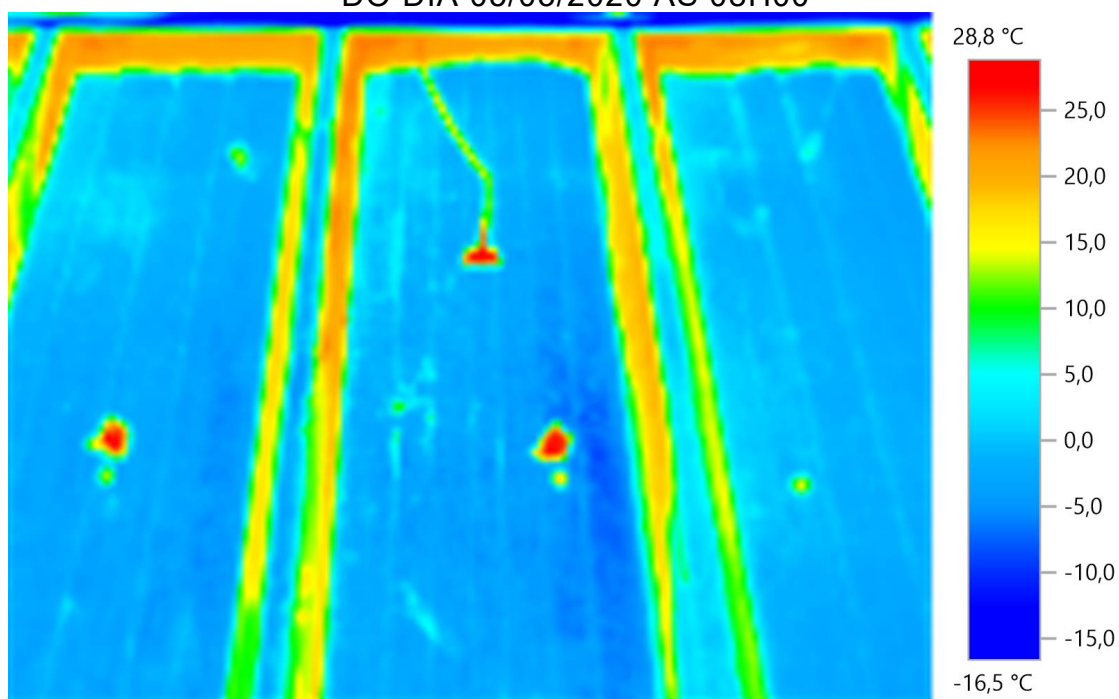
Fonte: Próprio autor.

**FIGURA 29. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA TERMOACÚSTICA
DO DIA 04/03/2020 ÀS 12H00**



Fonte: Próprio autor.

**FIGURA 30. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA TERMOACÚSTICA
DO DIA 05/03/2020 ÀS 08H00**

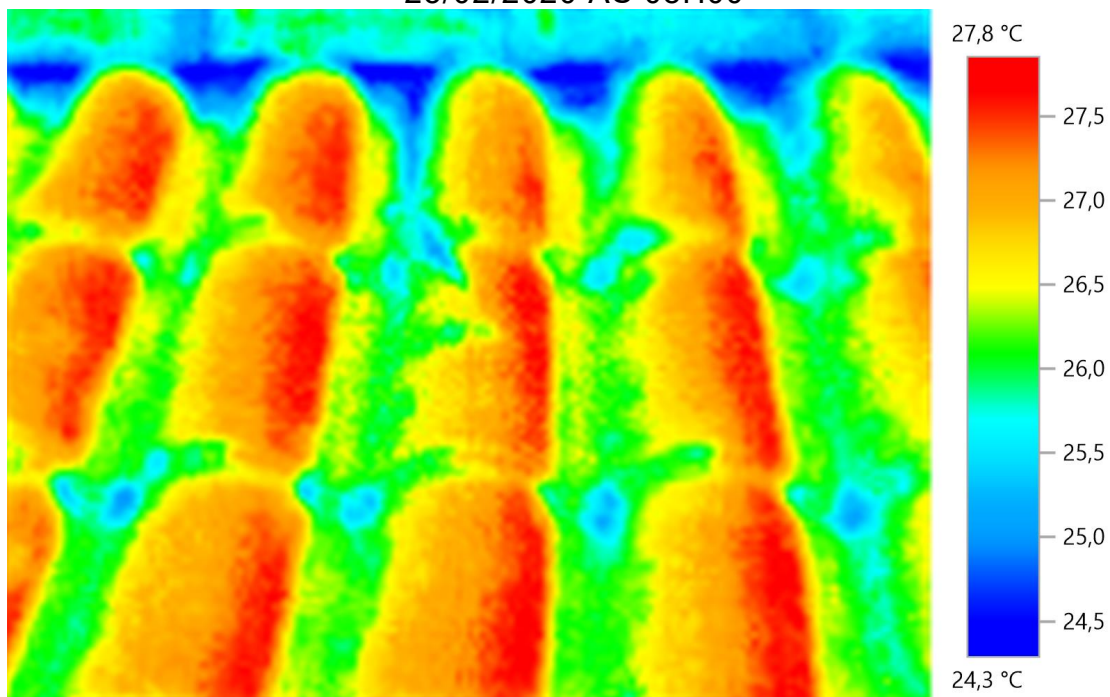


Fonte: Próprio autor.

As Figuras 30 a 33 demonstram as imagens termográfica geradas na coleta nos dias 25/02/2020 às 08h00, 25/02/2020 às 12h00, 03/03/2020 às

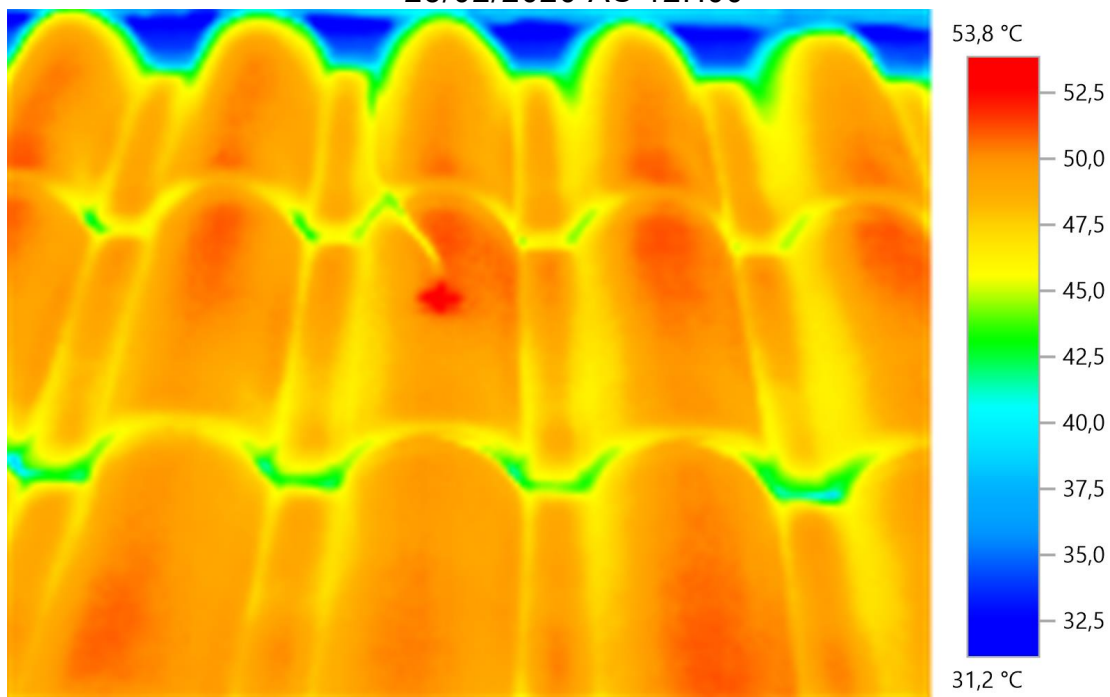
12h00 e 06/03/2020 às 16h00 para telhas cerâmicas que foram utilizadas na Tabela 19.

FIGURA 31. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA CERÂMICA DO DIA 25/02/2020 ÀS 08H00



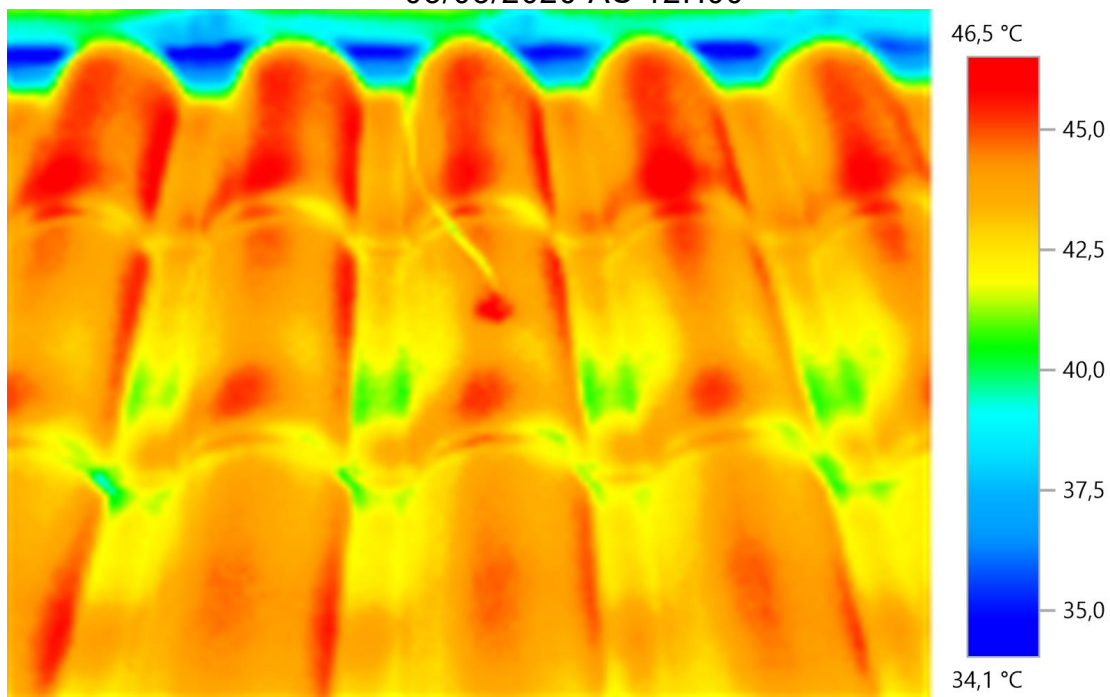
Fonte: Próprio autor.

FIGURA 32. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA CERÂMICA DO DIA 25/02/2020 ÀS 12H00



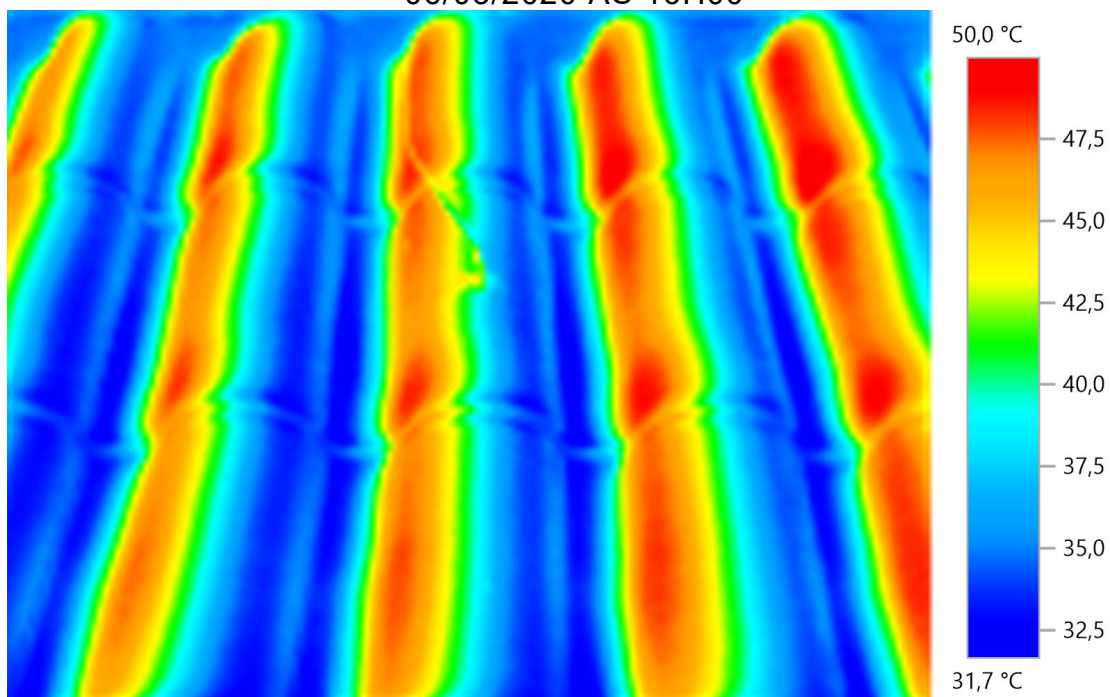
Fonte: Próprio autor.

FIGURA 33. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA CERÂMICA DO DIA
03/03/2020 ÀS 12H00



Fonte: Próprio autor.

FIGURA 34. IMAGEM TERMOGRAFICA DA TELHA CERÂMICA DO DIA
06/03/2020 ÀS 16H00



Fonte: Próprio autor.

4.2.3. Resultado da temperatura de superfície coletada com termômetro a laser de mão

Os resultados obtidos para a coleta Manual das temperaturas com termômetro a laser de mão, para o galpão com as telhas de Fibrocimento foram organizados inicialmente como exibe a Tabela 20.

Durante a organização dos dados, os resultados obtidos no dia 26/02 foram excluídos devido às chuvas.

TABELA 20. DADOS DA COLETA MANUAL DE TEMPERATURAS COM TERMÔMETRO A LASER DE MÃO PARA TELHAS DE FIBROCIMENTO

		PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
08H00	17/fev	25,8	25,9	26
	18/fev	25,6	25,1	24,9
	19/fev	27,8	27,1	27
	20/fev	26,1	25,7	25,5
	21/fev	25,6	25,7	25,9
	24/fev	22,2	22,7	22,7
	25/fev	25,3	25,4	25,5
	27/fev	20,5	20,4	20,8
	28/fev	17,8	17,9	18,2
	02/mar	21,3	21,2	21,3
	03/mar	20,7	20,7	20,7
	04/mar	17,1	17,3	17,3
	05/mar	19,7	20,1	20,3
	06/mar	18,4	19,1	18,7
12H00	17/fev	53,7	54	53,9
	18/fev	52,8	51,2	49,9
	19/fev	52,5	53,2	50,6
	20/fev	36,5	36,4	35,7
	21/fev	26	25,8	25,9
	24/fev	34,8	35,3	35,2
	25/fev	56,2	56,2	54,6
	27/fev	36,1	36,1	36,1
	28/fev	42,5	42,6	42,9
	02/mar	45,9	45,5	45,5
	03/mar	45,6	45,7	45,6
	04/mar	55,5	55,7	54,7
	05/mar	56,7	55,2	55,2
	06/mar	52,2	51,8	51
16H00	17/fev	33,4	33,1	33,3
	18/fev	51	51	51
	19/fev	48,1	49,6	48,6

	20/fev	45,9	45,6	46,6
	21/fev	36,8	36,2	36,4
	24/fev	43,7	42,2	43,1
	25/fev	25,5	25,5	25,5
	27/fev	31	30,1	30,1
	28/fev	38,9	39	38,9
	02/mar	35,3	34,9	35,3
	03/mar	34,5	34,5	34,3
	04/mar	34,2	34	34
	05/mar	40,2	40,1	39
	06/mar	38,4	39,7	40,2

Fonte: Próprio autor

Na sequência, foram calculadas as médias para os três pontos de coleta e, foi construída a Tabela 21:

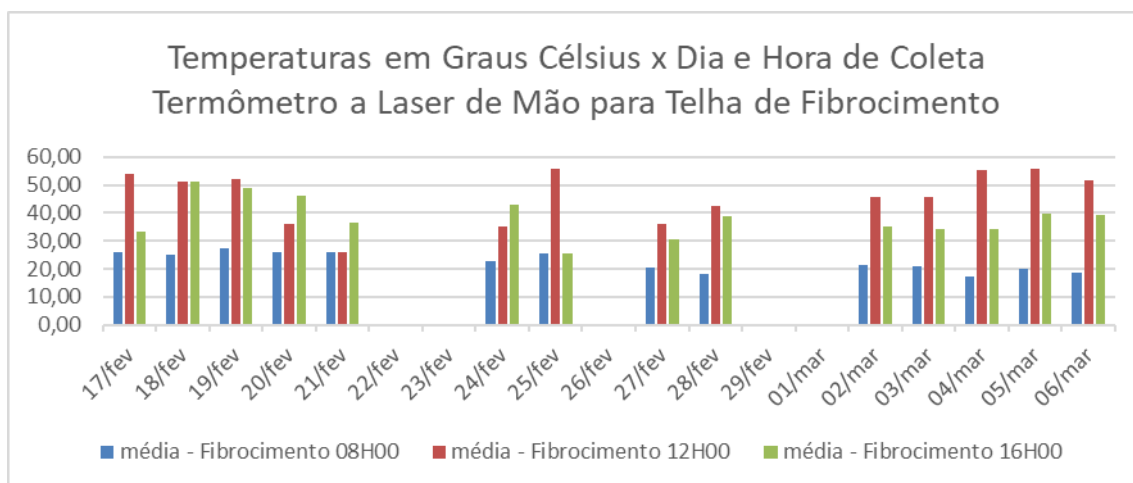
TABELA 21. MÉDIAS DOS DADOS COLETADOS COM TERMÔMETRO A LASER DE MÃO PARA TELHAS DE FIBROCIMENTO

DIA	MÉDIA - FIBROCIMENTO 08H00	MÉDIA - FIBROCIMENTO 12H00	MÉDIA - FIBROCIMENTO 16H00	DESVIO PADRÃO - FIBROCIMENTO
17/FEV	25,90	53,87	33,27	14,50
18/FEV	25,20	51,30	51,00	14,98
19/FEV	27,30	52,10	48,77	13,46
20/FEV	25,77	36,20	46,03	10,13
21/FEV	25,73	25,90	36,47	6,15
24/FEV	22,53	35,10	43,00	10,32
25/FEV	25,40	55,67	25,50	17,45
27/FEV	20,57	36,10	30,40	7,86
28/FEV	17,97	42,67	38,93	13,31
02/MAR	21,27	45,63	35,17	12,22
03/MAR	20,70	45,63	34,43	12,49
04/MAR	17,23	55,30	34,07	19,08
05/MAR	20,03	55,70	39,77	17,87
06/MAR	18,73	51,67	39,43	16,65

Fonte: Próprio autor

De posse desta Tabela 21, foi construído o gráfico de colunas agrupadas, para que se visualizem as Temperaturas em Graus Célsius x Dia e Hora de Coleta Termômetro a Laser de Mão para Telha de Fibrocimento (Gráfico 6).

GRÁFICO 7. COLUNAS AGRUPADAS PARA AS TEMPERATURAS OBTIDAS PARA AS TELHAS DE FIBROCIMENTO



Neste Gráfico 7 é possível observar que as temperaturas mais elevadas identificadas nas coletas com o termômetro a laser de mão na face superior das telhas de Fibrocimento, aconteceram no período das 12 horas nos dias 25 de fevereiro de 2020 (55,67 graus Celsius) e 05 de março de 2020 (55,7 graus Celsius).

Da mesma forma, é possível verificar que as temperaturas mais baixas identificadas nas coletas com o termômetro a laser de mão na face superior das telhas de Fibrocimento, aconteceram no período das 8 horas nos dias 4 de março de 2020 (17,23 graus Celsius) e 6 de março de 2020 (18,73 graus Celsius).

As temperaturas mais baixas verificadas durante o período de coleta são em média 67,71% menor que as temperaturas mais altas coletadas durante o mesmo período.

Da mesma forma, os resultados obtidos para a coleta Manual das temperaturas com termômetro a laser de mão, para o galpão com as telhas Termoacústicas foram organizados inicialmente como exhibe a Tabela 22.

Durante a organização dos dados, os resultados obtidos no dia 26/02 foram excluídos devido a chuvas.

TABELA 22. DADOS DA COLETA MANUAL DE TEMPERATURAS COM TERMÔMETRO A LASER DE MÃO PARA TELHAS TERMOACÚSTICAS

PONTO	PONTO	PONTO
-------	-------	-------

		1	2	3
08H00	17/fev	12,3	12,2	12,2
	18/fev	23,6	24,7	24
	19/fev	25,5	25,6	25,4
	20/fev	23,5	21	23,3
	21/fev	25,3	25,8	25,7
	24/fev	24,4	25,7	25,5
	25/fev	25,7	25,3	25,9
	27/fev	22	22,1	22,3
	28/fev	23,1	23,1	23,8
	02/mar	24,4	24,2	23,8
	03/mar	22,1	23,5	23,5
	04/mar	23,1	23,4	22,9
	05/mar	26,3	27,3	27,5
	06/mar	22,3	24,1	23,1
12H00	17/fev	30,5	31,6	35,2
	18/fev	28,6	25,8	25,9
	19/fev	40,5	41,9	42,9
	20/fev	31,1	32,4	32,2
	21/fev	25,1	25,2	25,3
	24/fev	28,8	28,7	29
	25/fev	34,4	34,7	34,6
	27/fev	29,4	30,1	30,3
	28/fev	38,1	38,7	38,3
	02/mar	32,5	32,9	32,9
	03/mar	31,2	33,2	32,8
	04/mar	34,2	35,6	35,5
	05/mar	34,7	36,7	35,5
	06/mar	34,6	36,1	35,3
16H00	17/fev	26,1	26,3	26,7
	18/fev	20,1	20,4	20,9
	19/fev	34	35,1	35
	20/fev	33,6	35,6	35
	21/fev	30,8	32,8	32,1
	24/fev	34	34	33,5
	25/fev	25,7	25,7	25,7
	27/fev	26,3	26,4	26,5
	28/fev	31,9	32,6	32,6
	02/mar	31,1	31,1	31,7
	03/mar	28,6	28,8	28,6
	04/mar	29,8	30,3	30,5
	05/mar	33,4	33,3	33,2
	06/mar	32,7	32,7	32,4

Fonte: Próprio autor

Na sequência, foram calculadas as médias para os três pontos de coleta e, foi construída a Tabela 23:

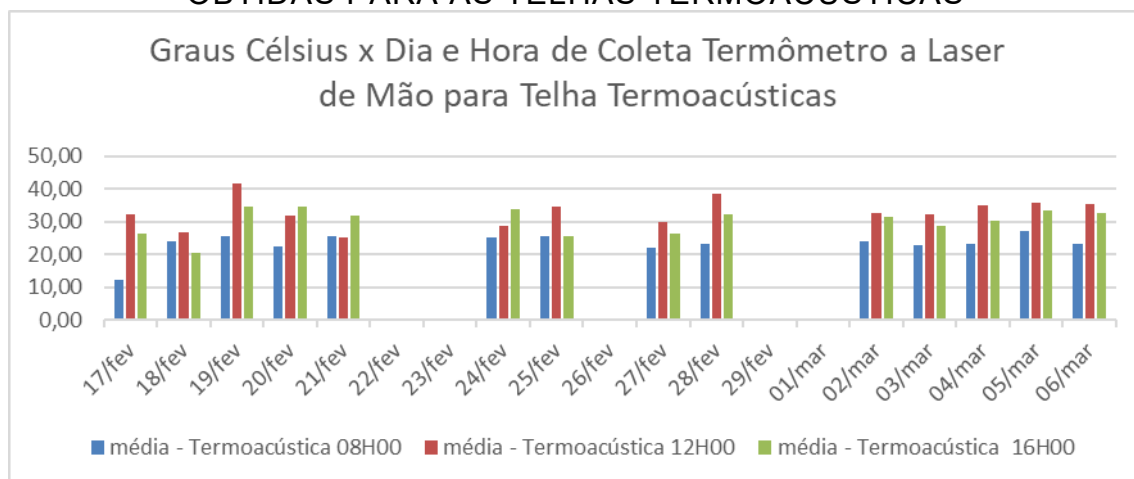
TABELA 23. MÉDIAS DOS DADOS COLETADOS COM TERMÔMETRO A LASER DE MÃO PARA TELHAS TERMOACÚSTICAS

DIA	MÉDIA - TERMOACÚSTICA 08H00	MÉDIA - TERMOACÚSTICA 12H00	MÉDIA - TERMOACÚSTICA 16H00	DESVIO PADRÃO - TERMOACÚSTICA
17/FEV	12,23	32,43	26,37	10,37
18/FEV	24,10	26,77	20,47	3,16
19/FEV	25,50	41,77	34,70	8,16
20/FEV	22,60	31,90	34,73	6,35
21/FEV	25,60	25,20	31,90	3,76
24/FEV	25,20	28,83	33,83	4,33
25/FEV	25,63	34,57	25,70	5,14
27/FEV	22,13	29,93	26,40	3,91
28/FEV	23,33	38,37	32,37	7,57
02/MAR	24,13	32,77	31,30	4,62
03/MAR	23,03	32,40	28,67	4,72
04/MAR	23,13	35,10	30,20	6,02
05/MAR	27,03	35,63	33,30	4,45
06/MAR	23,17	35,33	32,60	6,38

Fonte: Próprio autor

De posse desta Tabela 23, foi construído o gráfico de colunas agrupadas, para que se visualizem as Temperaturas em Graus Célsius x Dia e Hora de Coleta Termômetro a Laser de Mão para Telha Termoacústica (Gráfico 8).

GRÁFICO 8. COLUNAS AGRUPADAS PARA AS TEMPERATURAS OBTIDAS PARA AS TELHAS TERMOACÚSTICAS



Fonte: Próprio autor

Neste Gráfico 8 é possível observar que as temperaturas mais elevadas identificadas nas coletas com o termômetro a laser de mão na face superior das telhas Termoacústicas, aconteceram no período das 12 horas nos dias 19 de fevereiro de 2020 (41,77 graus Celsius) e 28 de fevereiro de 2020 (38,37 graus Celsius).

Da mesma forma, é possível verificar que as temperaturas mais baixas identificadas nas com o termômetro a laser de mão na face superior das telhas Termoacústicas, aconteceram no período das 8 horas nos dias 17 de fevereiro de 2020 (12,23 graus Celsius) e 20 de fevereiro de 2020 (22,6 graus Celsius).

As temperaturas mais baixas verificadas durante o período de coleta são em média 56,46% menor que as temperaturas mais altas coletadas durante o mesmo período.

Da mesma forma, os resultados obtidos para a coleta Manual das temperaturas com termômetro a laser de mão, para o galpão com as telhas Cerâmicas foram organizados inicialmente como exibe a Tabela 24.

Durante a organização dos dados, os resultados obtidos no dia 26/02 foram excluídos devido a chuvas.

TABELA 24. DADOS DA COLETA MANUAL DE TEMPERATURAS COM TERMÔMETRO A LASER DE MÃO PARA TELHAS CERÂMICAS

		PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
08H00	17/fev	26,1	26	26,2
	18/fev	22	21,9	21,1
	19/fev	25,9	25,9	25,9
	20/fev	26	26	25,6
	21/fev	25,8	25,7	25,4
	24/fev	22,4	23,2	22,2
	25/fev	25,9	26,6	26,9
	27/fev	22	21,4	21
	28/fev	18	18,5	17,2
	02/mar	21,3	21,4	21,3
	03/mar	17,9	18,8	18,1
	04/mar	15,8	16,2	16
	05/mar	21,1	21	20,7
	06/mar	17,9	17,9	17,6

12H00	17/fev	43,3	42,7	42,4
	18/fev	47,6	49,4	47
	19/fev	45,9	47,3	46,3
	20/fev	35,2	35,1	36,3
	21/fev	26,7	26,5	27,2
	24/fev	31,1	31	31,9
	25/fev	44	43,5	45,3
	27/fev	33,1	34,7	34,1
	28/fev	42,5	41,3	41,9
	02/mar	39,9	39,8	41,1
	03/mar	42,4	42,7	41,2
	04/mar	44,2	45,2	44,6
	05/mar	47,1	46,8	47,4
	06/mar	44,8	44,8	45
16H00	17/fev	32,5	32,5	32,4
	18/fev	37,2	37,1	35,9
	19/fev	38,1	37,7	36,2
	20/fev	35,4	35,3	35,3
	21/fev	33,3	34,2	33,9
	24/fev	35,3	34,3	35,3
	25/fev	26	26	26
	27/fev	29,5	29,4	29,7
	28/fev	33,3	32,9	33,1
	02/mar	32,3	31,8	31
	03/mar	32,9	32,6	32,7
	04/mar	33	32,9	33,2
	05/mar	34,1	33,6	34,1
	06/mar	32,9	32,7	34

Fonte: Próprio autor

Na sequência, foram calculadas as médias para os três pontos de coleta e, foi construída a Tabela 25:

TABELA 25. MÉDIAS DOS DADOS COLETADOS COM TERMÔMETRO A LASER DE MÃO PARA TELHAS CERÂMICAS

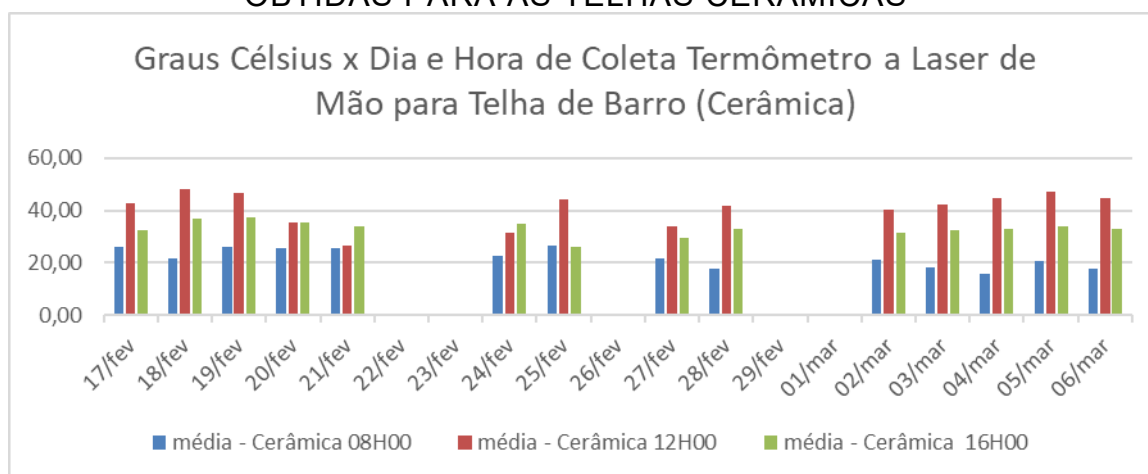
DIA	MÉDIA - CERÂMICA 08H00	MÉDIA - CERÂMICA 12H00	MÉDIA - CERÂMICA 16H00	DESVIO PADRÃO - CERÂMICA
17/FEV	26,10	42,80	32,47	8,43
18/FEV	21,67	48,00	36,73	13,21
19/FEV	25,90	46,50	37,33	10,32
20/FEV	25,87	35,53	35,33	5,52
21/FEV	25,63	26,80	33,80	4,42
24/FEV	22,60	31,33	34,97	6,36
25/FEV	26,47	44,27	26,00	10,42
27/FEV	21,47	33,97	29,53	6,34

28/FEV	17,90	41,90	33,10	12,14
02/MAR	21,33	40,27	31,70	9,48
03/MAR	18,27	42,10	32,73	12,01
04/MAR	16,00	44,67	33,03	14,42
05/MAR	20,93	47,10	33,93	13,09
06/MAR	17,80	44,87	33,20	13,58

Fonte: Próprio autor

De posse desta Tabela 25, foi construído o gráfico de colunas agrupadas, para que se visualizem as Temperaturas em Graus Célsius x Dia e Hora de Coleta Termômetro a Laser de Mão para Telha de Barro (Gráfico 8).

GRÁFICO 8. COLUNAS AGRUPADAS PARA AS TEMPERATURAS OBTIDAS PARA AS TELHAS CERÂMICAS



Fonte: Próprio autor

Neste Gráfico 8 é possível observar que as temperaturas mais elevadas identificadas nas coletas com o termômetro a laser de mão na face superior das telhas Cerâmicas, aconteceram no período das 12 horas nos dias 18 de fevereiro de 2020 (48,0 graus Celsius) e 5 de março de 2020 (47,10 graus Celsius).

Da mesma forma, é possível verificar que as temperaturas mais baixas identificadas nas coletas com o termômetro a laser de mão na face superior das telhas Cerâmicas, aconteceram no período das 8 horas nos dias 4 de março de 2020 (16,0 graus Celsius) e 6 de março de 2020 (17,8 graus Celsius).

As temperaturas mais baixas verificadas durante o período de coleta são em média 64,45% menor que as temperaturas mais altas coletadas durante o mesmo período.

A Tabela 26 exibe o resumo das coletas das temperaturas máximas e mínimas na face superior das telhas com o termômetro a laser de mão nestas datas e os valores obtidos das temperaturas na face inferior das telhas nas mesmas datas e horários com o uso dos sensores LM 35 por coleta via coletor de dados Arduino:

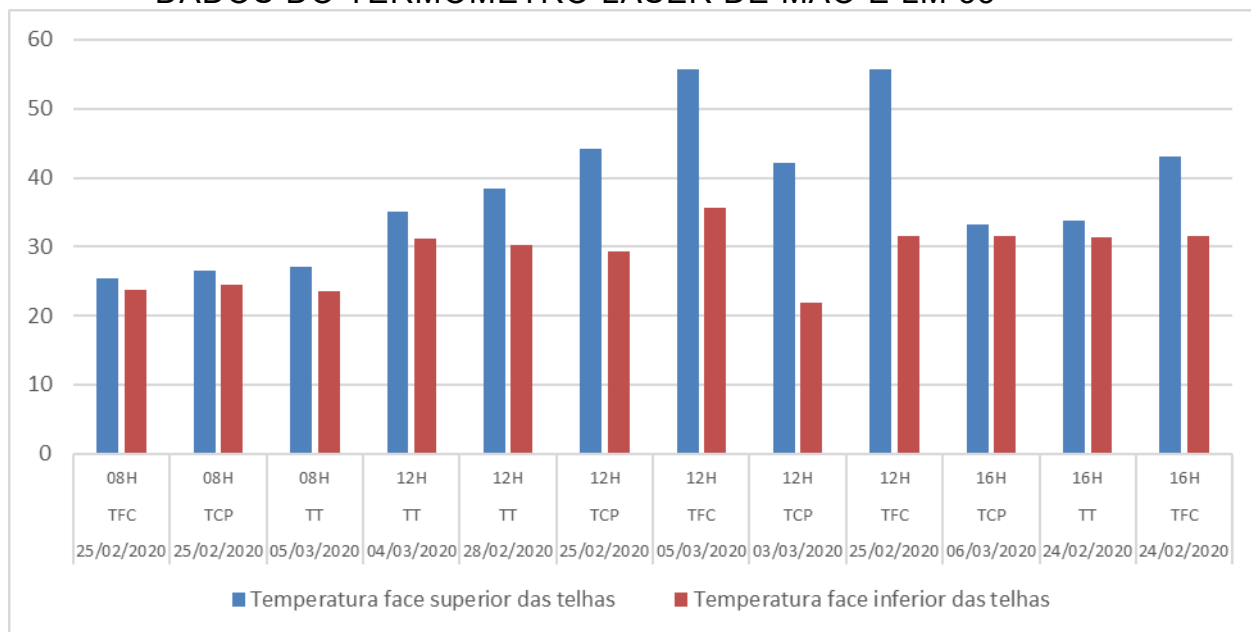
TABELA 26. DATAS CRÍTICAS E TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS NAS FACES SUPERIOR E INFERIOR DAS TELHAS

DATA	TIPO TELHA	HORA	TEMPERATURA FACE SUPERIOR DAS TELHAS (TERM. LASER)	TEMPERATURA FACE INFERIOR DAS TELHAS (LM 35)	DIFERENÇA ENTRE AS TEMPERATURAS SUPERIOR E INFERIOR.
24/02/2020	Fibrocimento	16H	43,00	31,63	11,37
24/02/2020	Termoacústica	16H	33,83	31,42	02,41
25/02/2020	Fibrocimento	08H	25,40	23,83	01,57
25/02/2020	Fibrocimento	12H	55,66	31,53	24,13
25/02/2020	Cerâmica	08H	26,46	24,54	01,92
25/02/2020	Cerâmica	12H	44,26	29,25	15,01
28/02/2020	Termoacústica	12H	38,36	30,22	08,14
03/03/2020	Cerâmica	12H	42,10	21,85	20,25
04/03/2020	Termoacústica	12H	35,10	31,22	03,88
05/03/2020	Fibrocimento	12H	55,70	35,63	20,07
05/03/2020	Termoacústica	08H	27,03	23,62	03,40
06/03/2020	Cerâmica	16H	33,20	31,54	01,66

Fonte: Próprio autor

Com os resultados obtidos da Tabela 26, é possível observar que os valores maiores são também das telhas do tipo fibrocimento, pode-se ainda observar que o levantamento da temperatura da superfície com o termômetro a laser de mão é mais eficiente que a câmera termográfica.

GRÁFICO 9. COMPARAÇÃO ENTRE AS TRÊS COBERTURAS COM DADOS DO TERMÔMETRO LASER DE MÃO E LM 35



Fonte: Próprio autor.

No Gráfico 9 pode-se ver claramente que existe uma certa diferença entre a temperatura inferior e superior de todos os telhados, não ocorrendo o mesmo erro que é presente no Gráfico 8, sendo possível verificar que a temperatura inferior e superior às 8h00 é quase igual para todos os tipos de telhado, não existindo uma diferença entre a temperatura superior e inferior, por outro lado pode-se ver que existe uma grande diferença da temperatura inferior e superior às 12h00 para as telhas de fibrocimento e Cerâmica, enquanto que a termoacústica tem uma diferença menor, às 16h00 tanto a telha termoacústica como a cerâmica apresentam uma diferença de temperatura inferior e superior pequena, mas a telha de fibrocimento apresenta uma diferença grande.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia utilizada para avaliar o desempenho dos diferentes tipos de telhas existente no mercado para serem utilizadas nos galpões de galinhas poedeiras mostrou-se satisfatória. Todavia verificou-se que o ambiente estava para todos os índices de conforto térmico analisados, sem situação de estresse por calor, porém deve-se ressaltar que em todo o momento da coleta dos dados todas as faces estavam fechadas.

De acordo com os dados do ITGU a telha cerâmica teve um desempenho médio de 2,35% menor que as temperaturas da telha termoacústica, porém ambas as telhas tiveram um desempenho melhor que a telha de fibrocimento, onde a telha cerâmica e termoacústica proporcionou conforto às 8h00 e estresse ameno causado pelo calor às 12h00 e 16h00, já a telha de fibrocimento proporcionou conforto e estresse ameno causado pelo calor às 8h00, não tendo diferença no demais horários.

Porém de acordo com os dados obtidos pelo ITU, a telha termoacústica foi a telha que teve o pior desempenho, pois foi constatado períodos com estresse severo causado pelo calor representando perigo, já a telha de fibrocimento e cerâmica foram as que obtiveram melhor resultado de acordo com o ITU, porém ainda sim a telha cerâmica teve resultado melhor que a de fibrocimento, tendo um resultado médio de 2,20% a menos no resultado.

Os resultados obtidos pelo CTR de todas as telhas são parecidos, chegando no máximo a 10% de diferença, ou seja, uma diferença pequena entre elas, porém em dois dias houve um valor de diferença significativo das telhas termoacústicas, sendo muito acima da telha de fibrocimento e cerâmica chegando essa diferença até 40%.

Os resultados da TE demonstram que entre as três coberturas a telha cerâmica é a que possui a melhor TE, com uma média de TE menor em 6,55%, seguida da telha termoacústica com uma média de TE menor em 5,70% e por fim a telha de fibrocimento com uma média de TE em 7,36% a mais.

Sendo assim de acordo com os resultados obtidos de todos os índices podemos considerar que a telha cerâmica é a telha que desempenha

melhor o seu papel para diminuir o ganho térmico e a troca de calor, ficando em segundo plano a telha termoacústica e em seguida a telha de fibrocimento.

O fato de a telha cerâmica ter tido o melhor desempenho em relação as demais telhas, pode ser devido a sua inclinação irregular (inclinação menor que 30%) e a falta de vedação total do ambiente, sendo assim deve ser levado em consideração para próximas pesquisas que utilizem o galpão em escala reduzida que se tenha uma vedação total e respeite a inclinação mínima da telha.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L. S.; CONCEIÇÃO, V.; TOMAZELLI, I. L. Análise termográfica da temperatura superficial de telhas. Campina Grande, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.11, p.1193–1198, 2011.
- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; JAENISCH, F. R. F.; PAIVA, D. P. Condições térmicas ambientais e desempenho de aves criadas em aviários com e sem o uso do forro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1014-1020, 2007.
- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2018**. São Paulo: ABPA, 2018a.
- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **O Brasil Avícola**. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/resumo>>. Acessado em: 14. Jun. 2019. 2018b.
- AKAMINE, L. A.; PASSINI, R. Índices de conforto térmico para aves em modelos reduzidos com diferentes coberturas. **Revista Espacios**, v. 38, n. 06, p.7, 2016.
- ALBINO, L.F.T.; TAVERNARI, F.C. **Produção e manejo de frangos de corte**. Viçosa: UFV, 2010. 88 p.
- ALCÂNTARA, J.B; **Qualidade físico-química de ovos comerciais: Avaliação e manutenção da qualidade**. Goiânia. 2012. Seminários aplicados 23 (Doutorado em Ciência Animal) Universidade Federal de Goiás – Escola de Veterinária e Zootecnia de Goiânia, 2012.
- ALMEIDA, E. A.; GODOI, W. M.; PASSINI, R. **Avaliação da temperatura interna e externa de coberturas alternativas utilizadas em instalações avícolas**. Disponível em: http://ppstma.unievangelica.edu.br/sncma/anais/anais/2011/2011_cl05_003.pdf. Acessado em: 15 de out. 2018.
- ALMEIDA, E. A.; PASSINI, R. THERMAL COMFORT IN REDUCED MODELS OF BROILERS' HOUSES, UNDER DIFFERENT TYPES OF ROOFING MATERIALS. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.19-27, 2013.
- ANDRADE, R. R. **Determinação da faixa de conforto térmico para galinhas poedeiras na fase inicial de criação**. 2017, 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

ANDRADE, B. F. **Padrões normativos, ensaios experimentais e análise da performance acústica de telhas sanduíche**. 2016, 107 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS.

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

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

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

BARBOSA FILHO, J. A. D. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens**. 2004, 123 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba – SP.

BARREIRA, E. S. B. M. **APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA AO ESTUDO DO COMPORTAMENTO HIGROTÉRMICO DOS EDIFÍCIOS**. 2004, 198.p. Dissertação (Mestre em Construção de Edifícios) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto – Portugal.

BENTO, F. M. H. **Efeito do ambiente biomicroclimático sobre o desempenho de aves de postura, um estudo realizado “indoor”, na região de União dos Palmares, Alagoas**. 2010, 65 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) Universidade Federal de Alagoas, Maceió – AL.

BOND, T. E.; KELLY, C. F. The globe thermometer in agricultural research. **Agricultural Engineering**, California, v.36, n.5, p.251-255, 1955.

BUFFINGTON, C. S.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. **Black globe humidity comfort index for dairy cows**. St. Joseph: Transactions of the ASAE, Paper, 77- 4517, 1981.

CALDEIRA, D. M. **Avaliação do ciclo de vida energético na fase de pré-uso e uso de telhas termoacústicas com poliestireno expandido para edificação habitacional no DF**. 2016, 165 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) Universidade de Brasília, Brasília – DF.

CAMARGO, T. F. B.; SILVA, R. L.; HIGA, M.; COUTINHO, M. R.; OLIVEIRA, J. C. D.; CONCEIÇÃO, W. A. S. Thermal comfort monitoring in aviaries by a real-time data acquisition system. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** v.23, n.9,p. 694-701, 2019.

CAMERINI, N.L.; MENDES L.B.; MOTA, J.K.M.; NASCIMENTO, J.W.B.; FURTADO, D.A. **Avaliação de instrumentos agrometeorológicos alternativos para o monitoramento da ambiência em galpões avícolas.** Engenharia na Agricultura, Viçosa - MG, v.19 n.2, p.125-131, 2011.

CARVALHO, C. C. S.; SOUZA, C. F.; TINÔCO, I. de 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. **Engenharia Agrícola**, v.31, p.438-447, 2011.

CASTILHO, V. A. R.; GARCIA, R. G.; LIMA, N. D.; NUNES, K. C.; CALDARA, F. R.; NÄÄS, I. A.; BARRETO, B.; JACOB, F. G. Bem-estar de Galinhas Poedeiras em Diferentes Densidades de Alojamento. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, p. 122-131, 2015.

CHASEA, O. A.; ALMEIDA, J. F. S.; SOUZA, J. R. B.; COSTA JUNIOR, C. T. Sensory platform architecture for IN SITU monitoring the thermal comfort in rural environments – The case study at Federal Rural University of Amazonian, Brazil. **Measurement**, v.58, p. 294–300, 2014.

CHRISCHON, D.; FONSECA, W. D.; DORNELES FILHO, L. F.; ANDRADE, B.; TAMIOSSO, L.; PAIXÃO, D. ANÁLISE DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE TELHAS SANDUÍCHE PARA APLICAÇÃO NO FECHAMENTO LATERAL DE EDIFICAÇÕES. In: **XXVIII ENCONTRO DA SOBRAC**, 2018, Porto Alegre. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2018. Disponível em: <https://proceedings.science/sobrac/papers/analise-do-desempenho-acustico-de-telhas-sanduiche-para-aplicacao-no-fechamento-lateral-de-edificacoes>. Acessado em: 2019 jun. 2019.

COSTA, E. M. S.; DOURADO, L. R. B.; MERVAL, R. R. Medidas para avaliar o conforto térmico em aves. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.6, 2018, 2012.

COUTINHO, M. D. L.; SANTOS, T. S.; GOMES, A. C. S.; SILVA, A. R.; COSTA, M. S.; MORAIS, M. D. C. O MICROCLIMA E O (DES)CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES ABERTOS NA CIDADE DE NATAL. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 10, n. 19, p. 65 - 73, 17 dez. 2014.

DEVORE, J. L. **Probabilidade e Estatística:** para Engenharia e Ciências. California Polytechnic State University, San Luis Obispo. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

DIAS, A. **Avaliação do desempenho térmico de coberturas metálicas utilizadas em edificações estruturadas em aço.** 2011, 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto/MG, 2011.

DINIZ, T. A.; CARVALHO, C. C. S.; RUAS, J. R. M.; SANTOS, H. P.; MONÇÃO, F. P. SILVA, E. A.; COSTA, M. D.; ROCHA JUNIOR, V. R. Análise termográfica aplicada na produção de calor corporal de vacas F1 HxZ manejadas em diferentes microclimas. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.72 n.2, p.545-552, 2020.

EDDY, A.L., VAN HOOOGMOED, L.M. and SNYDER, J.R. The role of thermography in the management of equine lameness. **Veterinary Journal**, v.162, p.172-181, 2001.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. 2.ed. p. 325. West Port: AVI, 1969.

FANTE, K. P.; DUBREUIL, V.; SANT'ANNA NETO, J. L. AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE METODOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO DE SITUAÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO HUMANO APLICADO AO CONTEXTO TROPICAL, PRESIDENTE PRUDENTE/BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 588-612, 2017.

FEHR, R.L.; PRIDDY, K.T.; McNEILL, S.G.; OVERHULTS, D.G. Limiting swine stress with evaporative cooling in the southeast. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, v.26, n.4, p.542-5, 1993.

FERNANDES, L. C.; KRÜGER, E. L. Temperatura Radiante média obtida via termômetro de globo: análise crítica de dados de um estudo de campo. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, v. 8, n. 1, p. 147-163, jan./jun., 2019.

FERNANDEZ, D. G.; NAVARRETE, B. L.; ALBORNOZ, A. D. C.; FUENTES, O. A. Sistema sensor inalámbrico para el estudio y control de la calidad del aire en interiors. **ver. Cub. Quim.**, v.31, n.3, sept.-dic. 2019.

FERREIRA, V.M.O.S.; FRANCISCO, N.S.; BELLONI, M.; AGUIRRE, G.M.Z.; CALDARA, F.R.; NÄÄS, I.A.; GARCIA, R.G.; ALMEIDA PAZ, I.C.L.; POLYCARPO, G.V. Infrared thermography applied to the evaluation of metabolic heat loss of chicks fed with different energy densities. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v.13, n.2, p.113-118, 2011.

FKCT. **Telhas de barro cerâmica**. Disponível em: http://www.fkct.com.br/telhas_de_barro_ceramica.html. Acessado em: 04 de nov. de 2019.

GARSON, G. D. **Statnotes**: Topics in Multivariate Analysis. Disponível em: <http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/statnote.htm>. Acessado em: 09 nov. 2020.

GOMES, R. C. C. **Predição do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) em galpões climatizados para aves de corte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola – Construção e ambiência) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2009.

GUIMARÃES, P. R. B. **Análise de Correlação e medidas de associação**. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~jomarc/correlacao.pdf>. Acessado em: 09 nov. 2020.

IBGE. **PRODUÇÃO DE OVOS DE GALINHA – POG**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9216-pesquisa-trimestral-da-producao-de-ovos-de-galinha.html?=&t=downloads>. Acessado em: 13 de Ag. 2019.

ITEAG. **Termografia: Teoria, Procedimentos e Vantagens**. Portugal, março 2010. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/15180326/termografia-iteag-instalacoes-tecnicas-especiais>. Acessado em: 09 out. 2020.

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

JÁCOME, I. M. T. D. **Diferentes sistemas de iluminação artificial usados no alojamento de poedeiras leves**. 2009. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

KAWABATA, C. Y.; CASTRO, R. C.; JUNIOR, H. V. ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE BEZERROS DA RAÇA HOLANDESA EM BEZERREIROS INDIVIDUAIS COM DIFERENTES COBERTURAS. **Rev. Eng. Agric.**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.598-607, set./dez. 2005.

LESSA, M. L. S. **CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE PARA ELEMENTOS CONSTRUTIVOS – UM ESTUDO SOBRE TELHAS “ECOLÓGICAS” EMPREGADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador – BA, 2009.

LENGEN, J. V. **MANUAL DO ARQUITETO DESCALÇO**. São Paulo: Empório do Livro, 2009.

LOPES, J. C. O. **Avicultura**. Floriano - PI, EDUFPI, UFRN, 2011.

LOGSDON, N. B. **Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997**. Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá – MT, 2002.

MALHEIROS, R.D.; MORAES, V.M.B.; BRUNO, L.D.G.; MALHEIROS, E.B.; FURLAN, R.L.; MACARI, M. Environmental temperature and cloacal and surface temperatures of broiler chicks in first week post-hatch. **Journal of Applied Poultry Science**, v.9, p.111-117, 2000.

MARTA FILHO, J. **Método quantitativo de avaliação de edificações para animais, através da análise do mapeamento dos índices de conforto térmico**. 1993. 159 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1993.

MARTINEZ, O.; ARGUELLO, C.; LEON, J.; CHERRES, P.; CUJILEMA, G. Prototype of automated irrigation system improves the yield of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in Riobamba-Ecuador using wireless network sensors-WSN and 6LoWPAN. **Maskay**, v.9, n.2, p. 25-30, jun./nov. 2019.

MEGERSA, B.; MARKEMANN, A.; ANGASSA, A.; OGUTU, J.O.; PIEPHO, H.; ZARÁTE, A. V. Impacts of climate change and variability on cattle production in southern Ethiopia: Perceptions and empirical evidence. **Agricultural Systems**, v.130, p.23–34, 2014.

METAL FORTE. **Telhas termoacústicas**. Disponível em: <http://www.metalforte.com.br/wp-content/uploads/2018/06/telhas-termoacustica.pdf>. Acessado em: 09 nov. 2020.

MIRAGLIOTTA, M. Y. **Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciadas**. Campinas: FEAGRI/UNICAMP, 2000. 222p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

MINKINA, W.; DUDZIK, S. **Infrared Thermography: Errors and Uncertainties**. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2009.

MISSENARD, A. **L'HOMME ET LE CLIMAT**. Paris: Librairie Plon, 1937. 270p.

MOLLO, M. N.; MATULOVIC, M. SANTOS, P. S. B. Supervisory System for Monitoring, Control and Estimating Thermal Comfort for Broiler and Laying Hens Production Sheds. **International Journal for Innovation Education and Research**. v. 8, n. 03, p. 316-331, 2020.

MOLLO, S. F.; PIZARRO, D. A. Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques para la crianza de camarones. Ingeniare. **Rev. chil. ing.**, v.26, p. 55-64, nov., 2018.

MOLLO, M. N.; ZANETTI, W. A. L.; OLIVEIRA, L. T. SISTEMA COLETOR DE DADOS PORTÁTIL PARA A AQUISIÇÃO DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE EM ALOJAMENTOS DE FRANGOS COBB. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.13 n.23, p. 1684-1694, 2016.

MOLLO, M. N.; GABRIEL, C. P. C.; SANTOS, V. J.; ZANETTI, W. A. L. AVALIAÇÃO DE SENSORES ELETRÔNICOS PARA USO EM INSTRUMENTOS AGROMETEOROLÓGICOS ALTERNATIVOS EM GALPÕES AVÍCOLAS. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21, p. 2527-2541, 2015.

MOORE, D. S.; McCABE, G. P.; BRUCE, A. C. **The Basic Practice of Statistics**. New York, W. H. Freeman and Company, New York, 2009.

NÄÄS, I.A.; GARCIA, R.G.; CALDARA, F.R. Infrared thermal image for assessing animal health and welfare. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.2, n.3, p.66-72, 2014.

NÄÄS, I. A.; SEVEGNANI, K. B.; MARCHETO, F. G.; ESPELHO, J. C. C.; MENEGASSI, V.; SILVA, I. J. O. Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betumem, pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.21, n.2, p.121-126, 2001.

NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M.S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v.130, p.57–69, 2010.

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

OLIVEIRA, P.M.; FARIA JÚNIOR, M.J.A.; GARCIA NETO, M. Estratégias para minimizar os efeitos de um ambiente térmico adverso para frangos de corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.68, n.3, p.739-747, 2016.

OLIVEIRA, F. G.; GODOI, W. M.; PASSINI, R. ENVIRONMENT IN POULTRY PRODUCTION COVERED WITH THERMAL AND ALUMINUM ROOFING TILES. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.206-214, 2015.

OLIVEIRA, T. M. D. **Análise de Sistemas de Energia e Máquinas Elétricas com recurso a termografia**. 2012. 170.p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto – Portugal.

OSORIO, R. H.; TINOCO, I. F. F.; OSORIO, J. A. S.; MENDES, L. B.; ROCHA, K. S. O.; GUERRA, L. M. G. Thermal environment in two broiler barns during the first three weeks of age. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n.3, p.256–262, 2016.

PADILHA, J.A.S.; TOLÊDO FILHO, R.D.; LIMA, P.R.L.; JOSEPH, K.; LEAL, A.F. Argamassa leve reforçada com polpa de sisal: compósito de baixa condutividade térmica para uso em edificações rurais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.21, n.1, p.1-11, 2001.

PEREIRA, D. F. et al. Estimating mortality in laying hens as the environmental temperature increases. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 12, n. 4, p. 265-271, 2010.

PEREIRA, E. **Ferramentas da Qualidade**: Diagrama de Dispersão. IFSul – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, 2016. Disponível em: <http://static.sapucaia.ifsul.edu.br/professores/eveline/EST.%20QUAL.%20-%20T%C3%89C.%20PL%C3%81ST/2%C2%B0Sem/7%20Diagrama%20de%20Dispers%C3%A3o.pdf>. Acessado em: 15 out. 2020.

PHILLIPS, P.K.; HEATH, J.E. An infrared thermographic study of surface temperature in the euthermic woodchucks (*Marmotamonax*). **Comparative Biochemistry and Pyshiology**, v.129, p.557-562, 2001.

PIAZENTION, J. C.; CREMASCO, C. P.; ZANETTI, W. A. L.; MOLLO, M. N. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE CONFORTO TÉRMICO PARA COMPARAÇÃO DA PERFORMANCE DE GALPÕES DE PRODUÇÃO DE OVOS. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14, n.25, p. 221-231, 2017.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção**. Porto Alegre: Globo, 1979.

PONCIANO, P. F.; JUNIOR, T. Y.; FERRAZ, G. A. E. S.; SCALON, J. D.; SCHIASSI, L. SPATIAL VARIABILITY OF AIR DRY BULB TEMPERATURE AND BLACK GLOBE HUMIDITY INDEX IN A BROILER HOUSE DURING THE HEATING PHASE. **Eng. Agríc. Jaboticabal**, v.33, n.3, p. 432-444, 2013.

POWERS, W.; LIU, Z.; VADDELLA, V. Climate Vulnerabilities of the Poultry Industry. **Earth Systems and Environmental Sciences**, v.2, p.73–76, 2013.

QUARTO QUENTE. **Como fixar ou parafusar telhas termoacústica**. Disponível em: <https://quartoquente.wordpress.com/2013/09/24/como-fixar-ou-parafusar-telhas-termoacustica/>. Acessado em: 04 de nov. de 2019.

RÊGO, I.O.P.; CANÇADO, S.V; FIGUEIREDO, T.C.; MENEZ ES, L.D.M.; OLIVEIRA, D.D.; LIMA, A.L.; CALDEIRA, L.G.M.; ESSER, L.R. Influência do período de armazenamento na qualidade do ovo integral pasteurizado refrigerado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n.3, p.735-742. 2012.

REIS, F. S. B. **Coberturas com telhado**: definições, características gerais e visão analítica. São Paulo: EPUSP, 2007. 14 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/456).

RIQUENA, R. S.; PEREIRA, D. F.; VALE, M. M.; SALGADO, D. D. A. Mortality prediction of laying hens due to heat waves. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 1, p. 18-26, jan-mar, 2019.

RIQUENA, R.S. **Modelo computacional para previsão de mortalidade de galinhas poedeiras em função de ondas de calor e tipologia dos aviários**. 2017, 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) .

Faculdade de Ciências e Engenharia - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" UNESP, 2017.

SARAZ, J. A. O.; TINÔCO, I. F. F.; PAULA, M. O.; PEIXOTO, R. F.; GATES, R. Elaboración y evaluación de tejas de concreto en arcilla expandida para uso como coberturas de estructuras pecuarias. **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, Medellín, v.63, p.5651-5660, 2010.

SARRIA, S. D.; GARCIA, A. M. G.; SEVILLA, R. E. M. Desarrollo y evaluación de un prototipo de medición de color en vegetales frescos. **Inf. tecnol.** v.31, n.1, p. 253-260, fev. 2020.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Frangos e galinhas poedeiras**: criação pelo estilo caipira. Brasília: SENAR, 2011.

SHUTZ, E. S. **Variabilidade do ambiente térmico em galpão para Frangos de corte e sua influência nas respostas Fisiológicas e comportamento das aves**. 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006.

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

SILVA, J. B. L. P.; JACINTHO, A. E. P. G. A.; FORTI, N. C.S.; PIMENTEL, L. C. S.; BRANQUINHO, O. C. Desenvolvimento de sistema de baixo custo para monitoramento de integridade estrutural. **Revista Matéria**, v.24, n.4, 2019.

SILVA, R. C.; NASCIMENTO, J. W. B. DO; OLIVEIRA, D. L.; CAMERINI, N. L.; FURTADO, D. A. Força de ruptura da casca do ovo em função das temperaturas da água e do ambiente. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.27, p.13-18, 2012.

SILVA, R.G.; MAIA, A.S.C. Principles of Animal Biometeorology, Springer Dordrecht Heidelberg. **New York London**, 2013.

SILVA, G. F.; PEREIRA, D. F.; BUENO, L. G. F.; SANTOS, T. S.; TAVARES, B. O. Performance of laying hens and economic viability of different climatization systems. **Italian Journal of Animal Science**, Parma, v. 12, n. 47, p. 286-294, 2013.

SILVA, V. P.; WERF, H. M.G. V. D.; SOARES, S. R.; CORSON, M. S. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: An LCA approach. **Journal of Environmental Management**, v.133 p.222-231, 2014.

- SILVEIRA, F. L. **Medindo a temperatura do corpo com termômetro infravermelho: é confiável?** Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=medindo-a-temperatura-do-corpo-com-termometro-infravermelho-e-confiavel>. Acessado em: 21 out. 2020.
- SOUZA, D. M.; NERY, J. T. O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **Geografia (Londrina)**, v. 21, n.2. p.65-83, maio/ago. 2012.
- SOUTULLO, S.; ENRÍQUEZ, R.; JIMÉNEZ, M. J.; HERAS M. R. Thermal comfort evaluation in a mechanically ventilated office building located in a continental climate. **Energy and Buildings**, v.81, p.424–429, 2014.
- TEXEIRA, G. T.; BUENO, L. G. F.; FAGUNDES, D. D.; SOARES, N. M.; MOLLO, M. N. Laying Productivity with Constant Renewal in Water Fountains During Heatwave. **International Journal for Innovation Education and Research**. v. 8, n. 03, p. 460-472, 2020.
- 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**. Viçosa, 1983. 62 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, p.57-59, 1959.
- TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.1, p.1-25, 2001.
- TUDOCONSTRUÇÃO. **Telhas Eternit Baratas** – Preços, Onde Comprar. Disponível em: <https://www.tudoconstrucao.com/telhas-eternit-baratas-precos-onde-comprar/>. Acessado em: 04 de nov. 2019.
- TORRES JÚNIOR, J. R. S.; PIRES, M. F. A.; Sá, W. F.; FERREIRA, A. M.; VIANNA, J. H. M.; CAMARGO, L. S. A.; RAMOS, A. A.; FOLHADELLA, I. M.; POLISSENI, J.; FREITAS, C.; CLEMENTE, C. A. A.; SÁ FILHO, M. F.; PAULA, L. F. F.; BARUSELLI, P. S. Effect of maternal heatstress on follicular growth and oocyte competence in Bos indicus cattle. **Theriogenology**. v.69, p.155-166, 2008.
- TURNPENNY, J. R.; WATHES, C. M.; CLARK, J. A.; MCARTHUR, A. J. Thermal balance of livestock. 2. Applications of a parsimonious model. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.101, p.29-52, 2000.
- UBA - **UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA**. Protocolo de bem-estar para aves poedeiras. São Paulo: UBA, 2008.
- VALE, M. M.; MOURA, D. J.; NÄÄS, I. A.; PEREIRA, D. F. Characterization of Heat Waves Affecting Mortality Rates of Broilers Between 29 Days and Market Age. **Brazilian Journal of Poultry Science**. v.12, n.4, p.279-285, 2010.

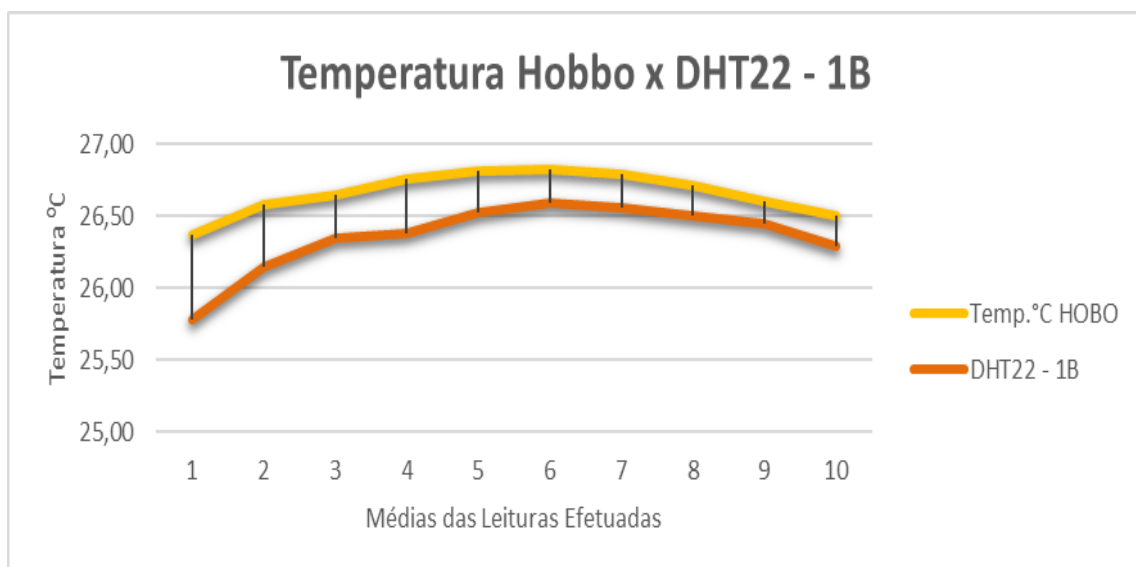
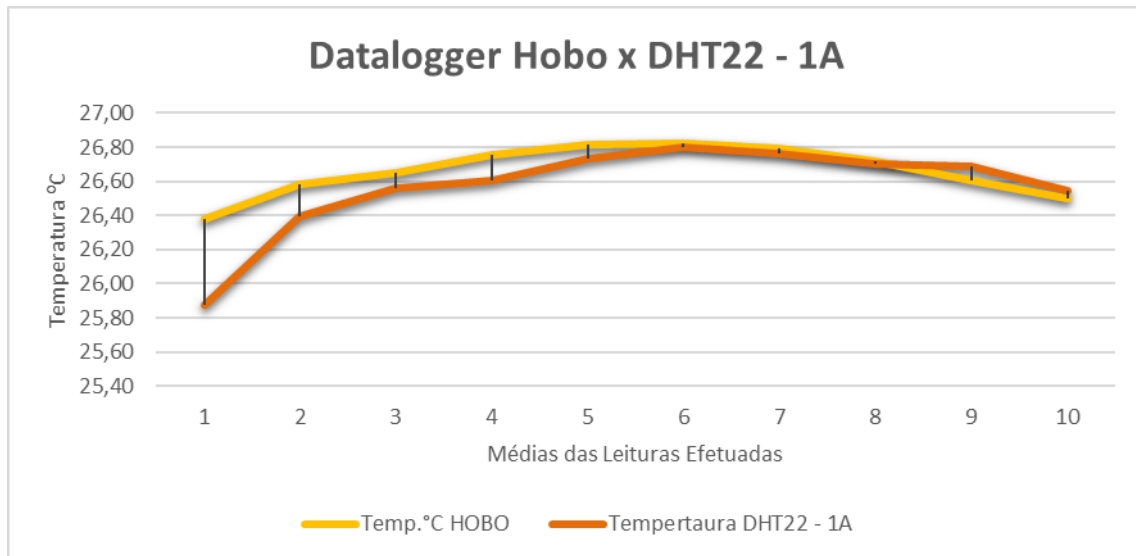
VITORASSO, G.; PEREIRA, D. F. Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de acondicionamento. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.788-794, 2009.

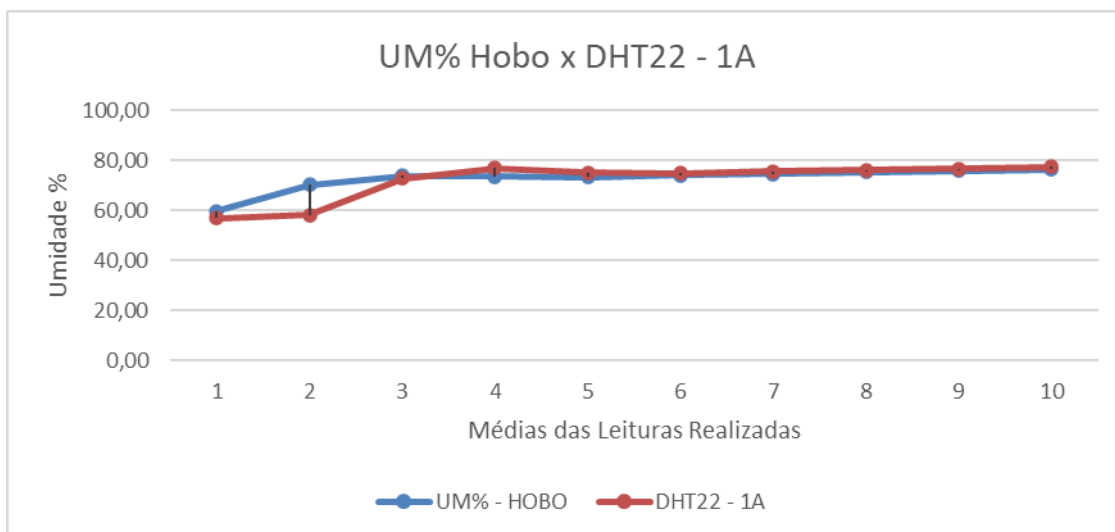
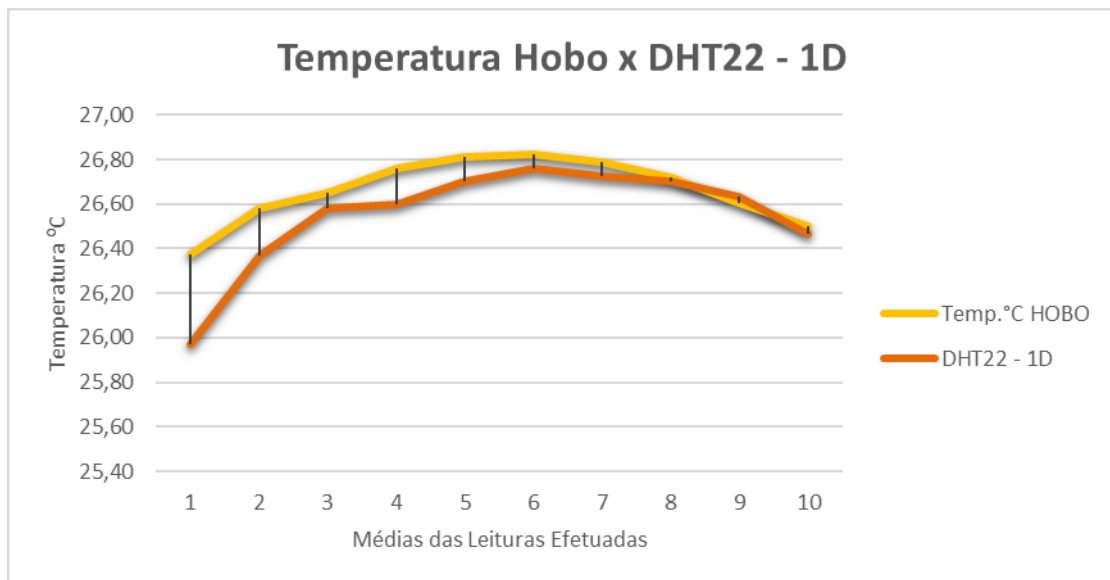
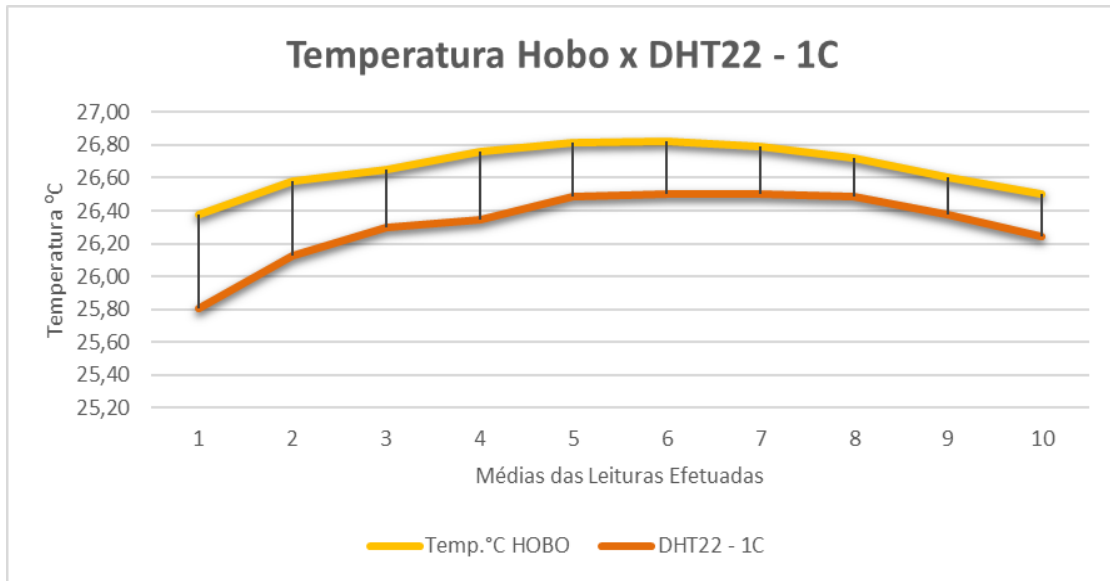
YANAGI JUNIOR, T.; AMARAL, A. G.; TEIXEIRA, V. H.; LIMA, R. R. Caracterização espacial do ambiente termoacústico e de iluminância em galpão comercial para criação de frangos de corte. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 1-12, jan./fev. 2011.

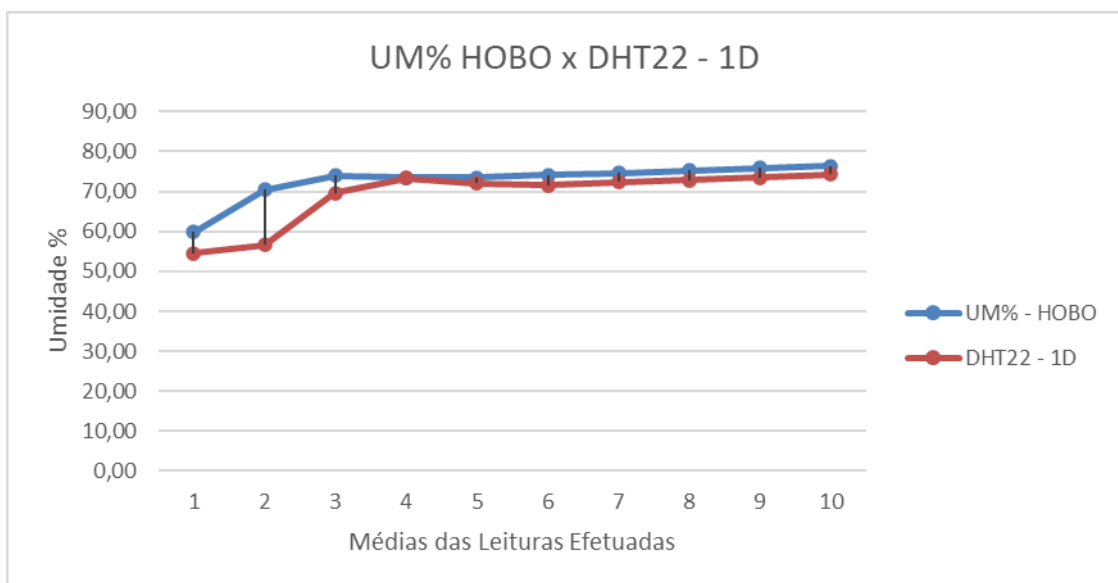
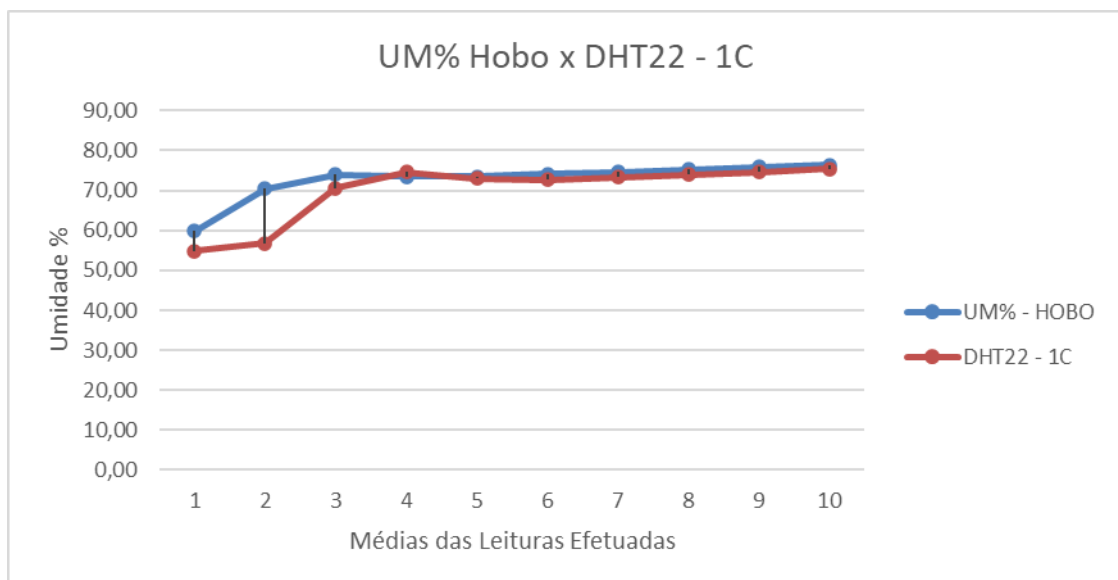
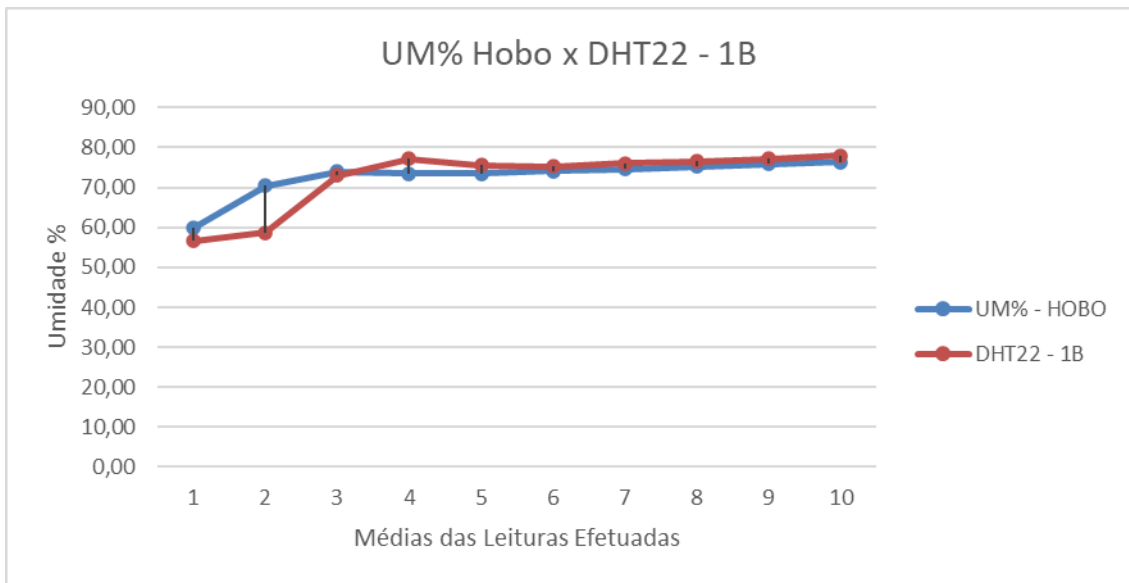
ZANONI, V. A.; DANTAS, A. L. F.; NUNES, L. S.; RIOS, R. B. Estudo higrotérmico na autoconstrução: simulação computacional e medições em campo. *Ambient. constr.*, v.20, n.3, Porto Alegre July/Sept. 2020.

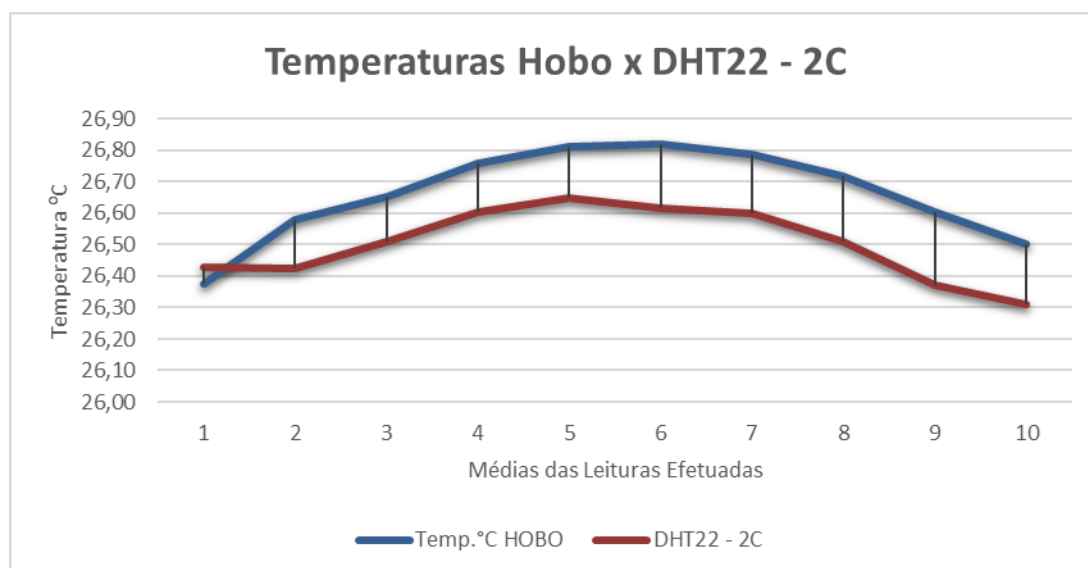
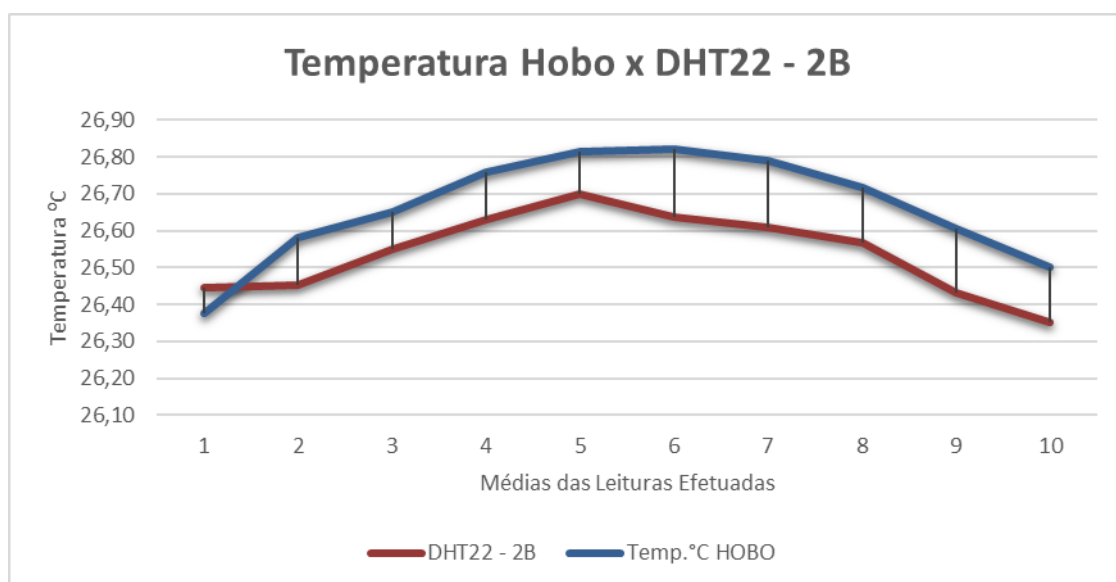
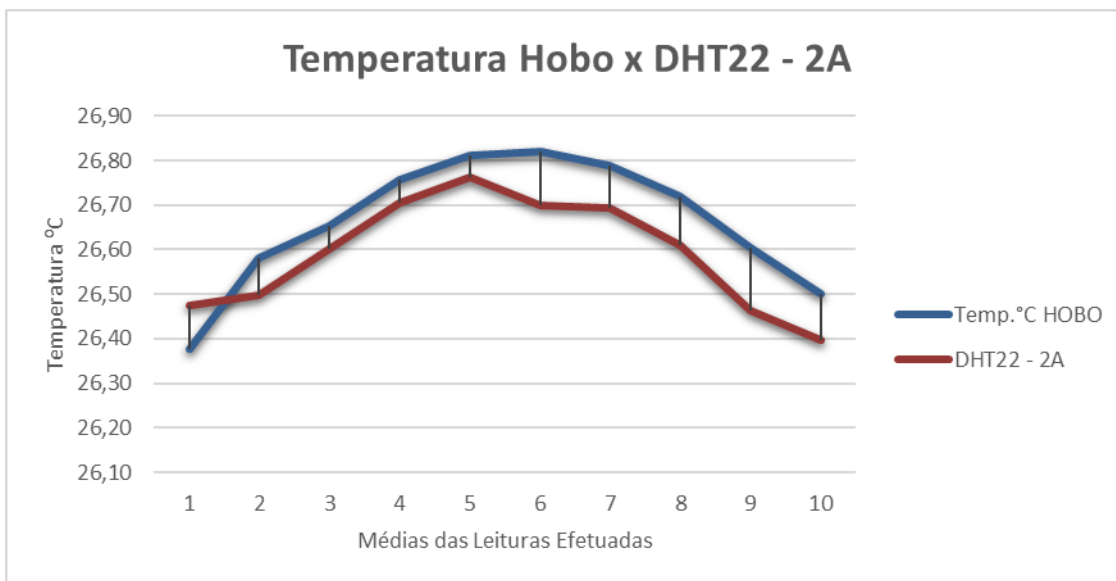
APÊNDICES

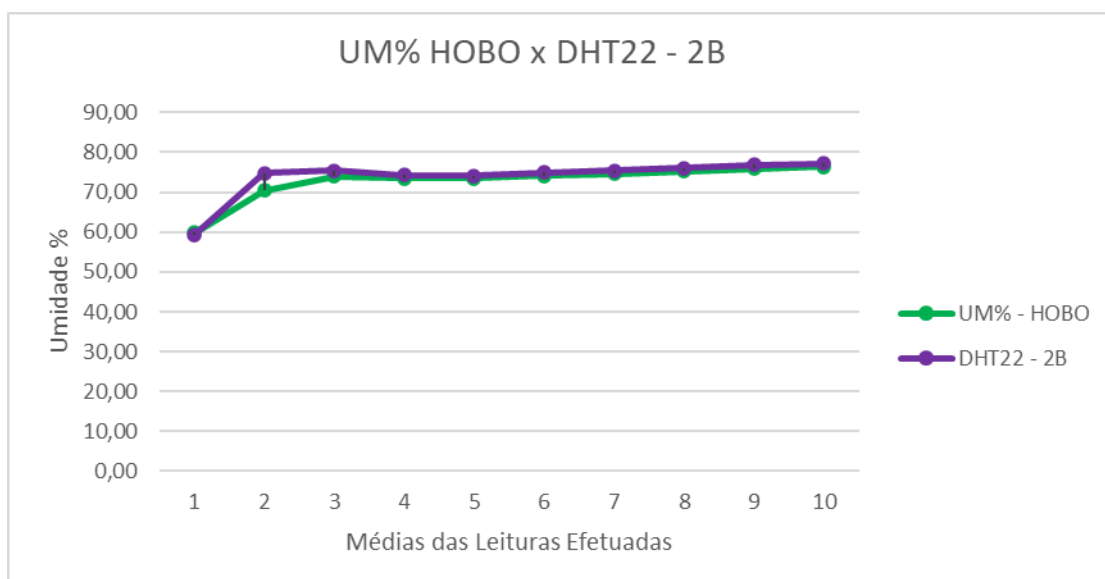
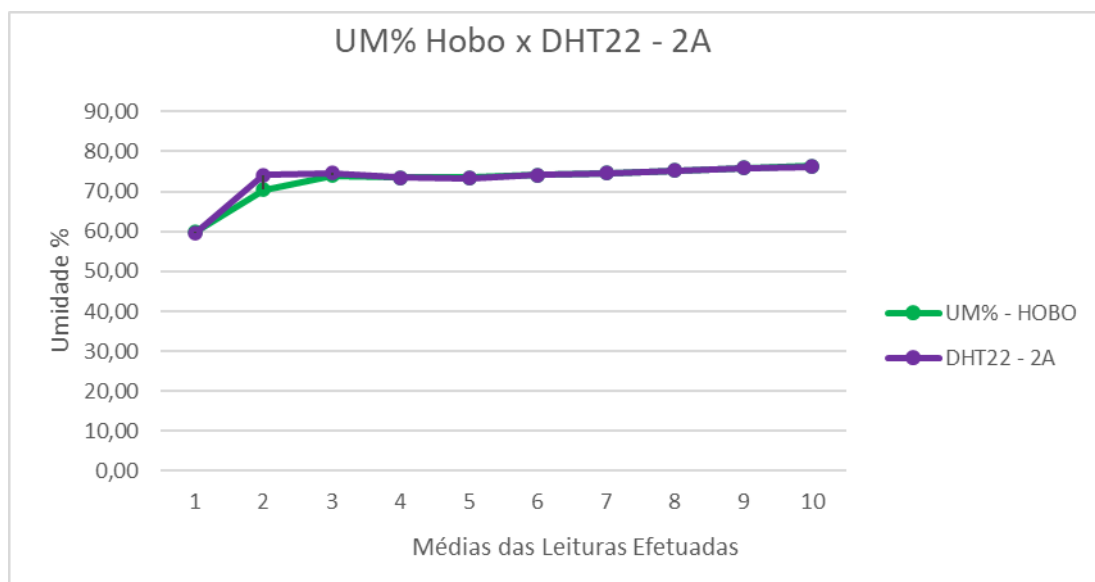
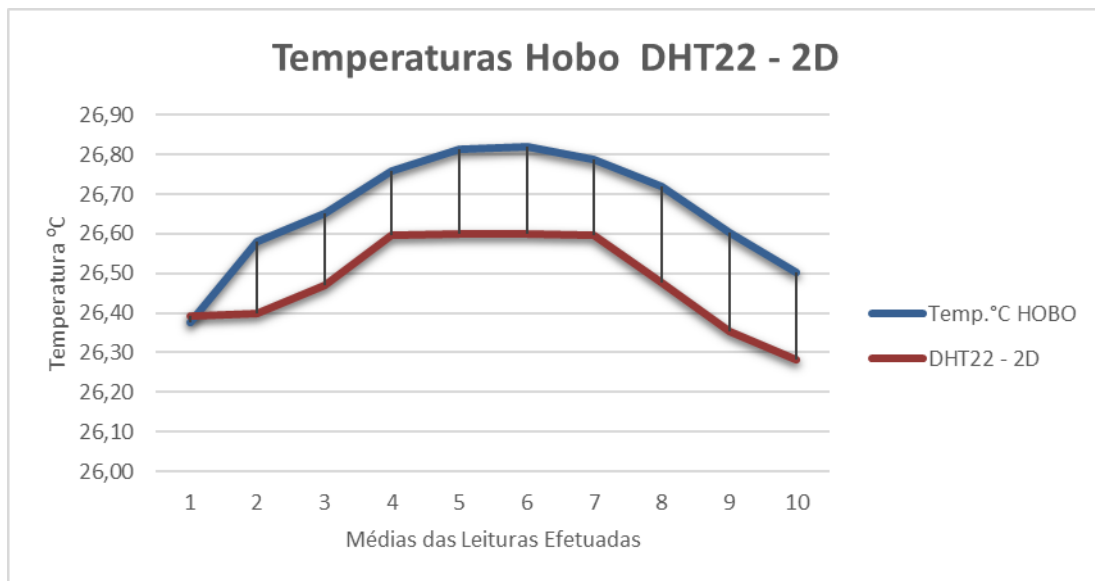
Apêndice I – Gráficos de correlação das médias da temperatura e umidade

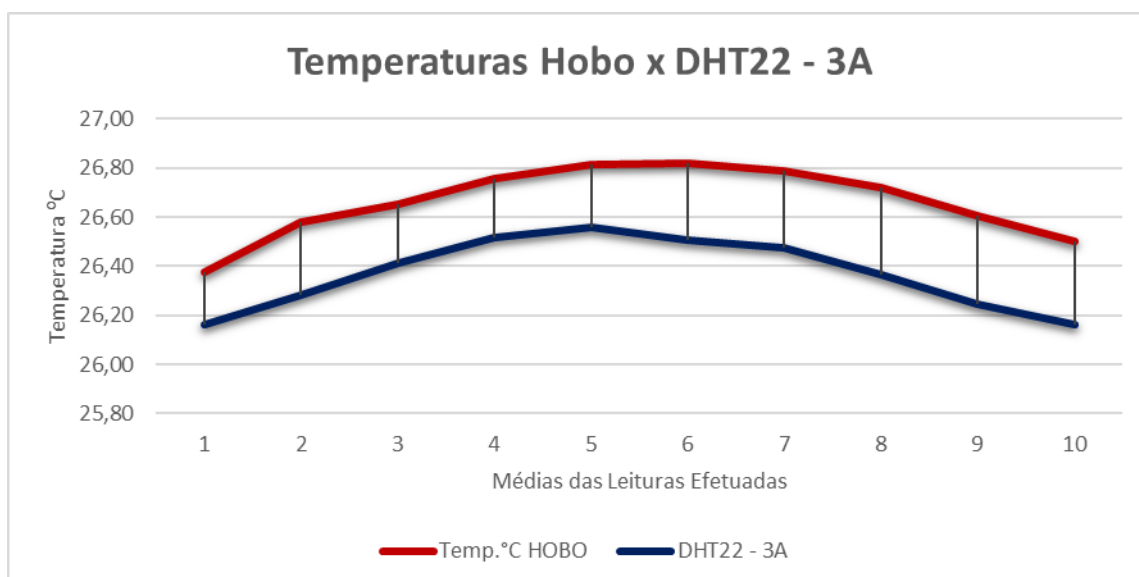
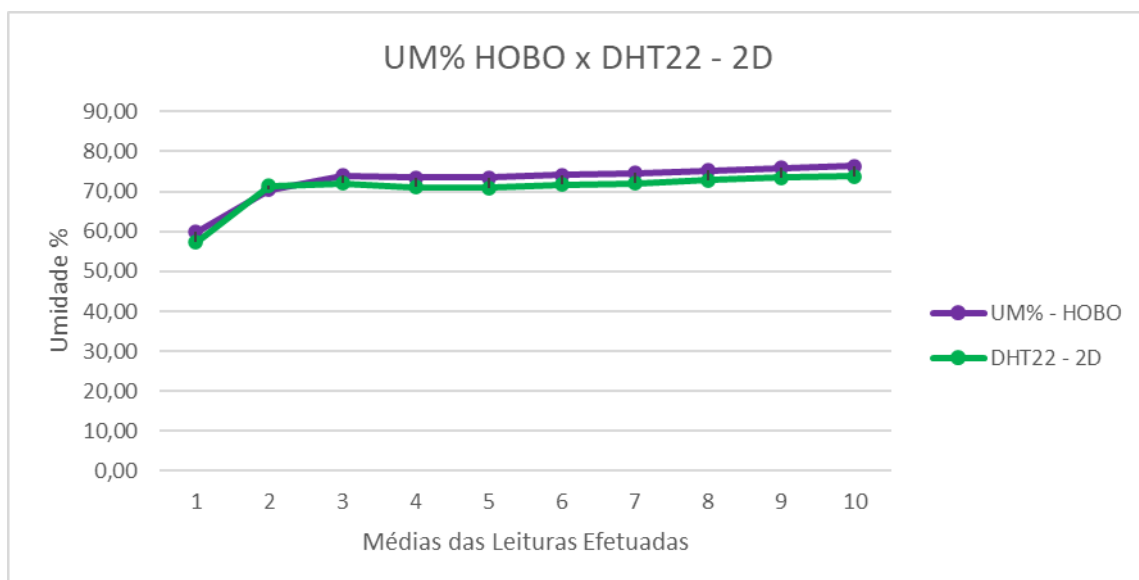
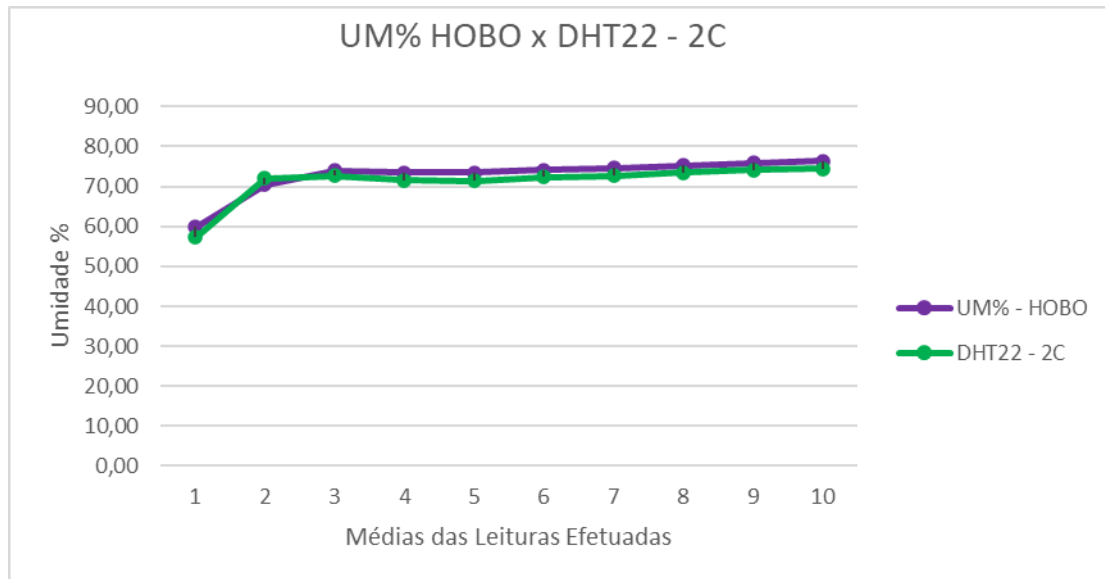


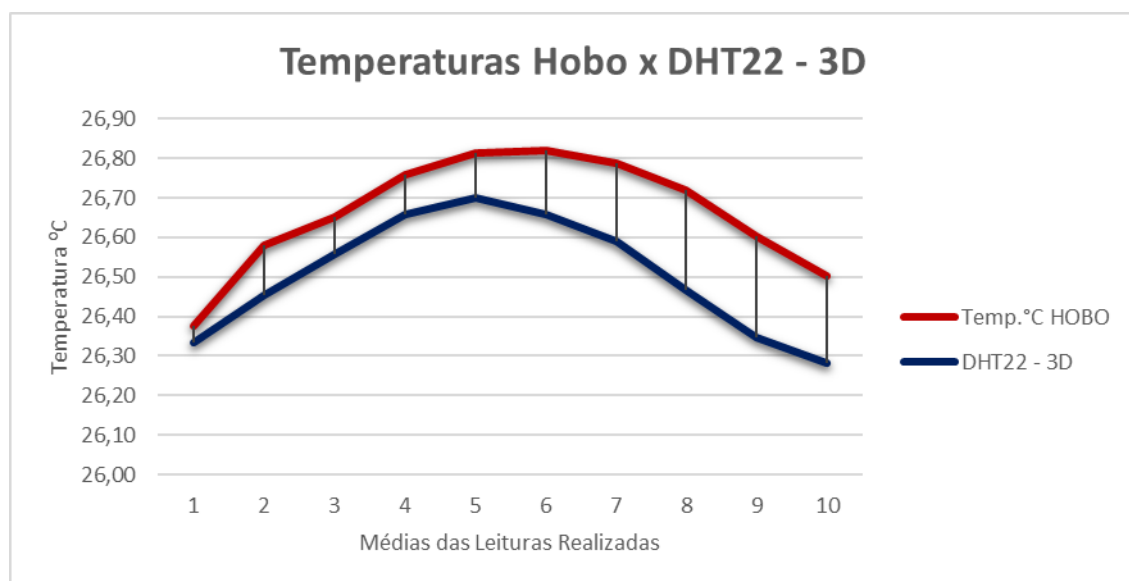
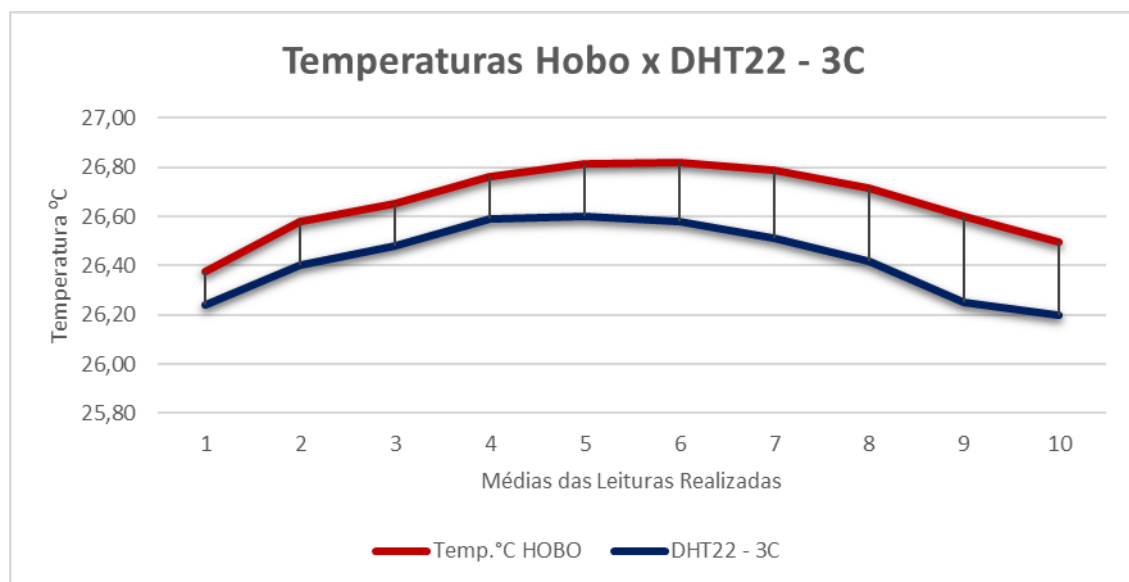
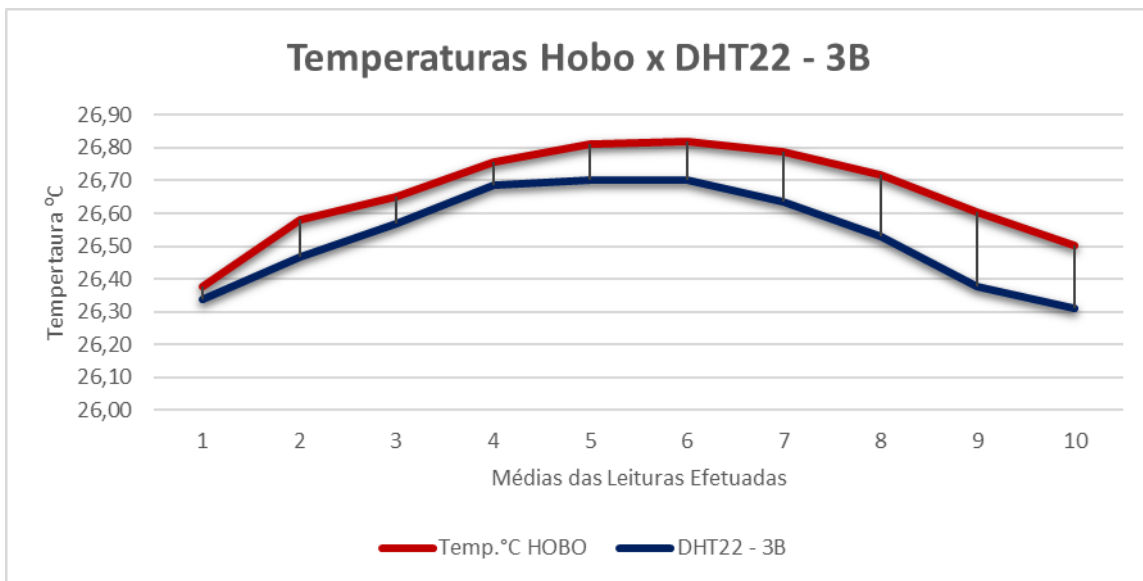


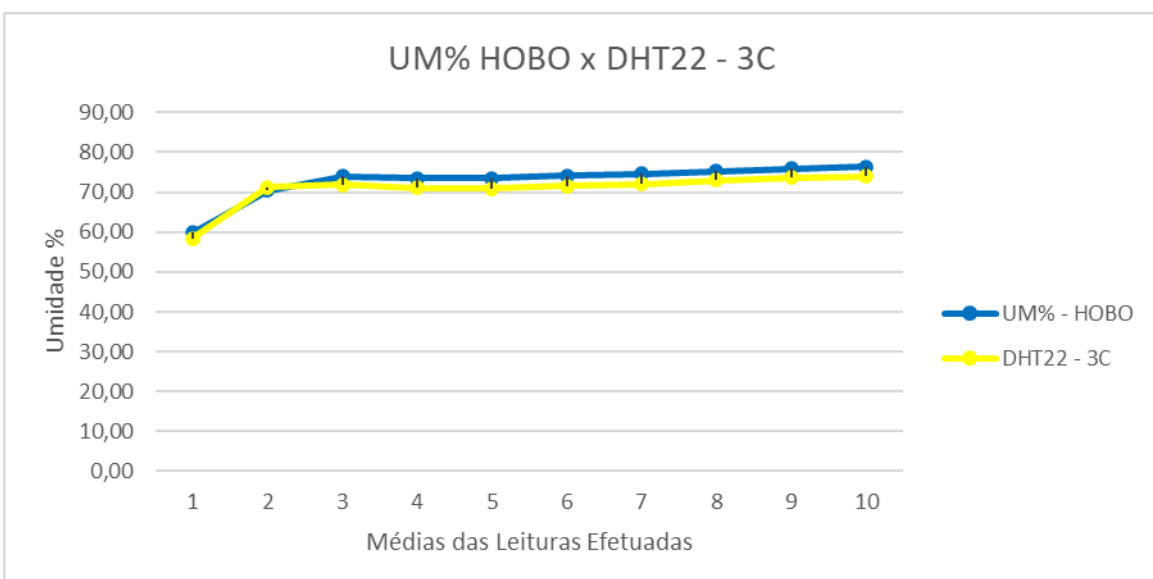
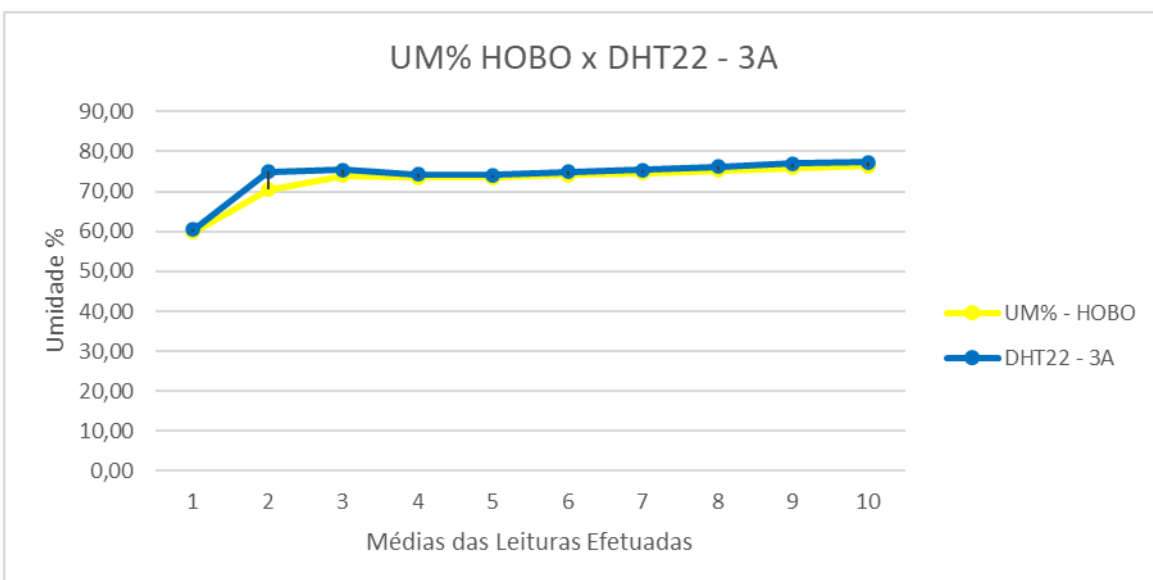
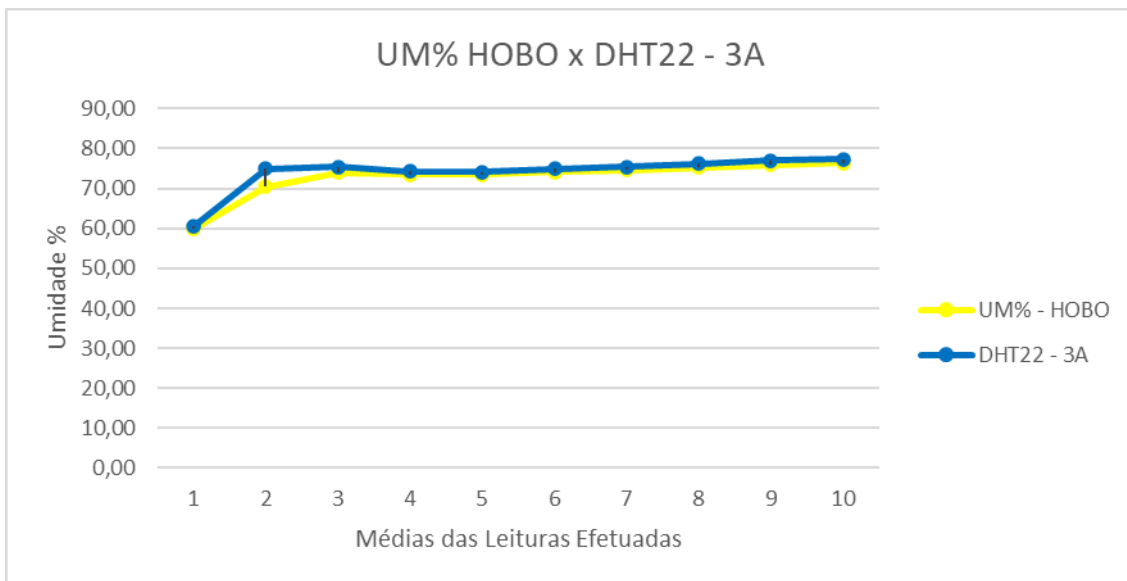


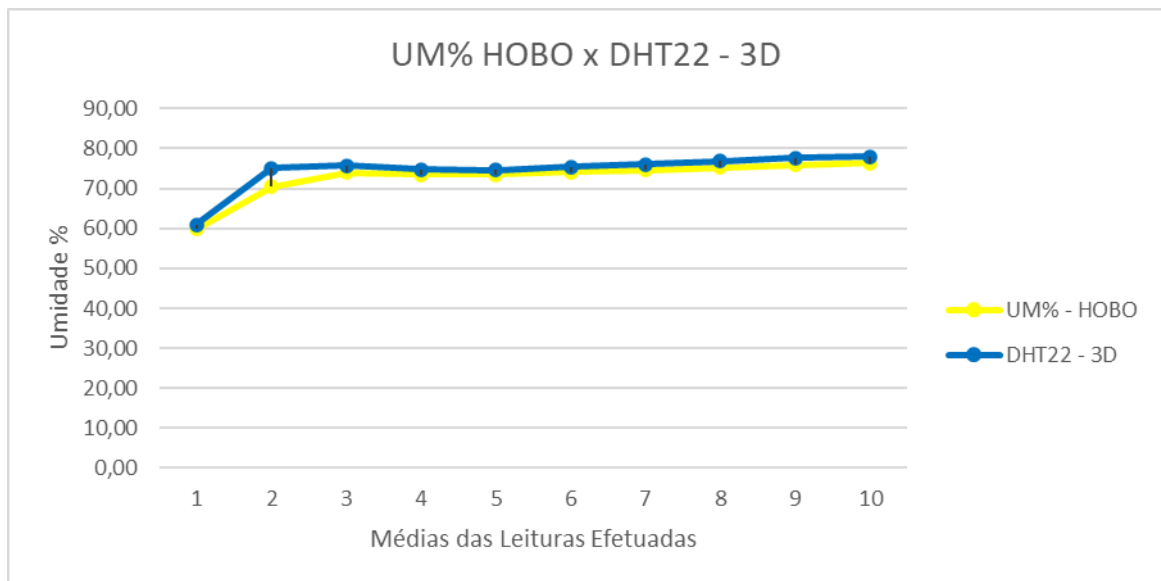












Apêndice II – Diagramas de dispersão da temperatura e umidade

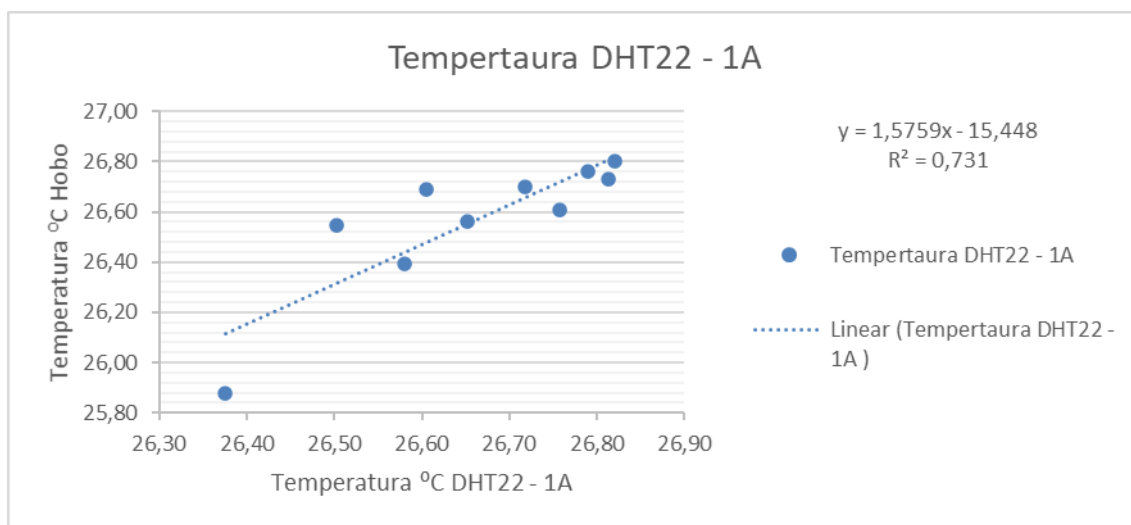


Diagrama de dispersão da temperatura – Correlação Positiva Forte

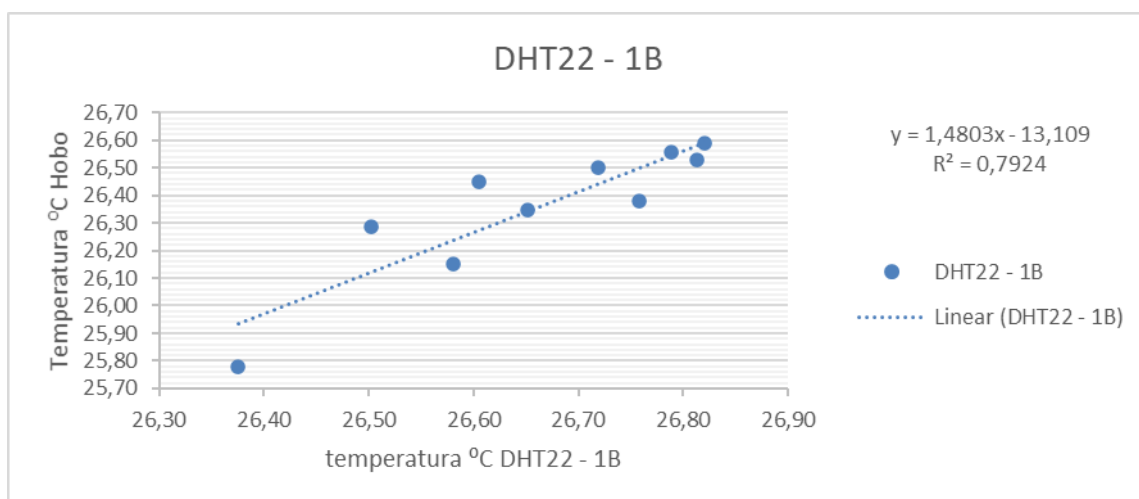


Diagrama de dispersão da temperatura – Correlação Positiva Forte

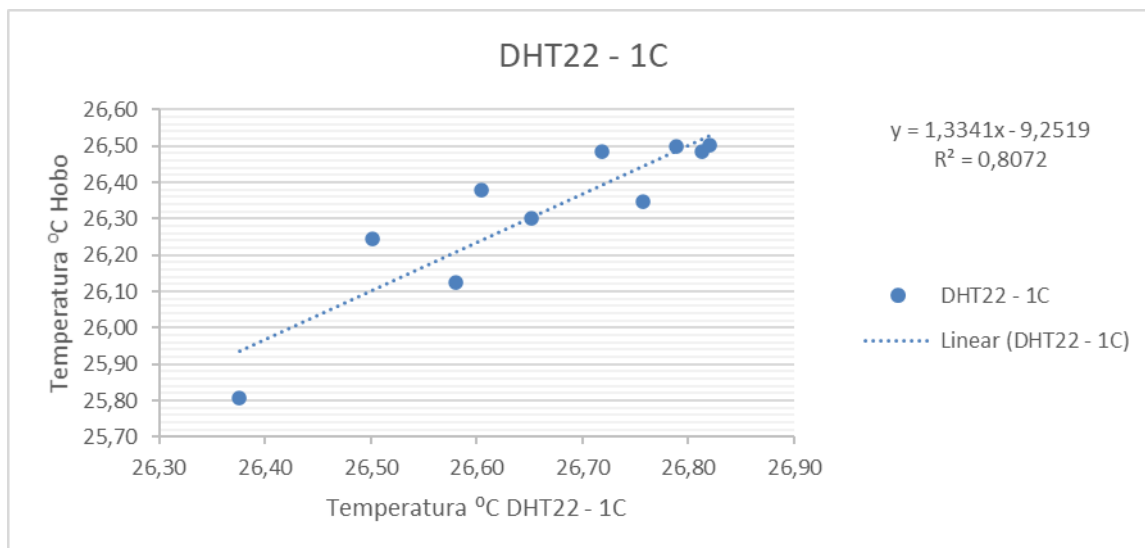


Diagrama de dispersão da temperatura – Correlação Positiva Forte

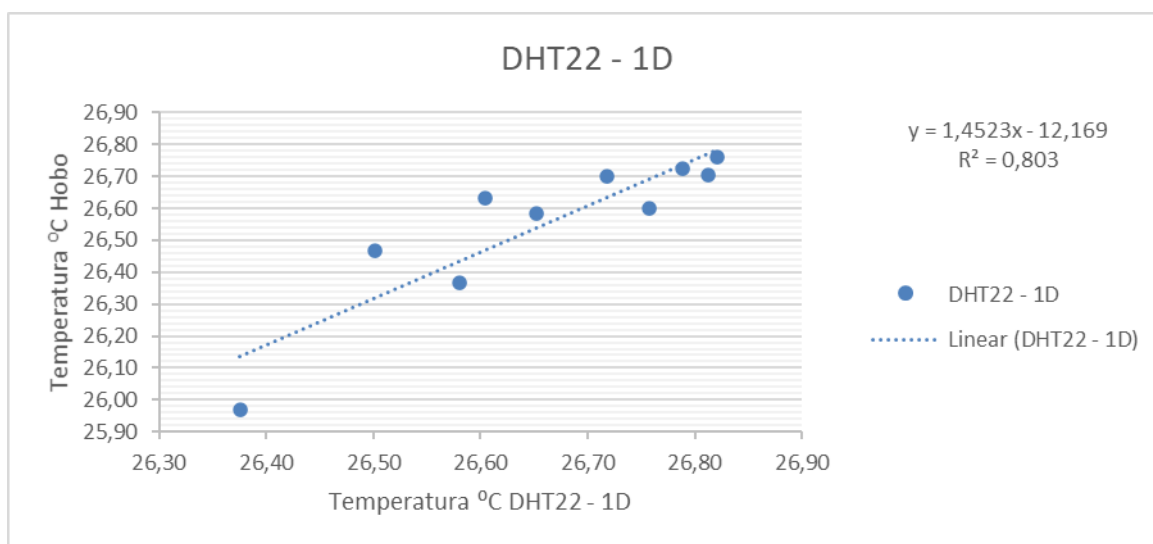


Diagrama de dispersão da temperatura – Correlação Positiva Forte

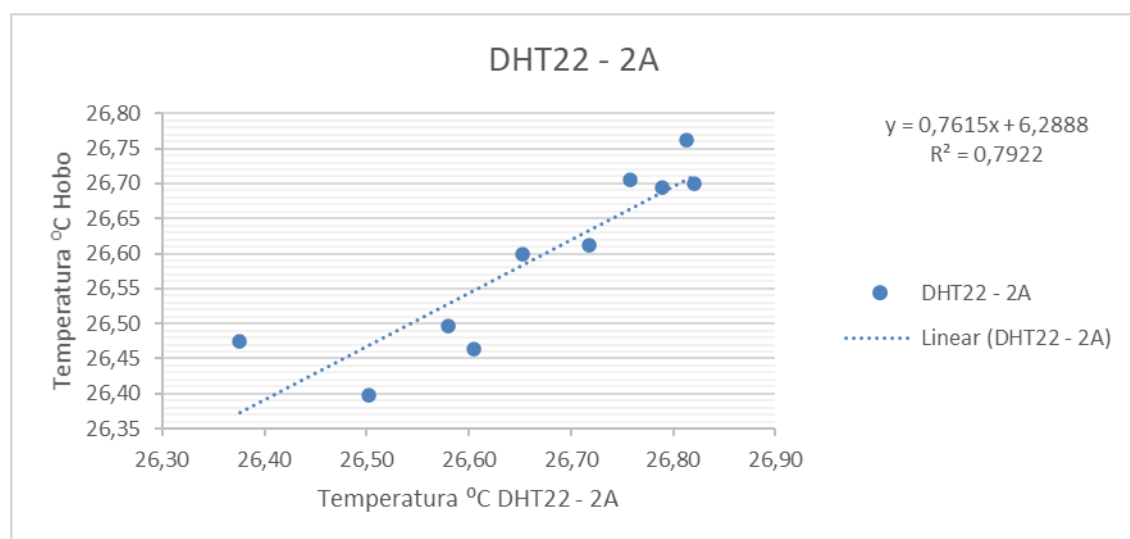


Diagrama de dispersão da temperatura – Correlação Positiva Forte

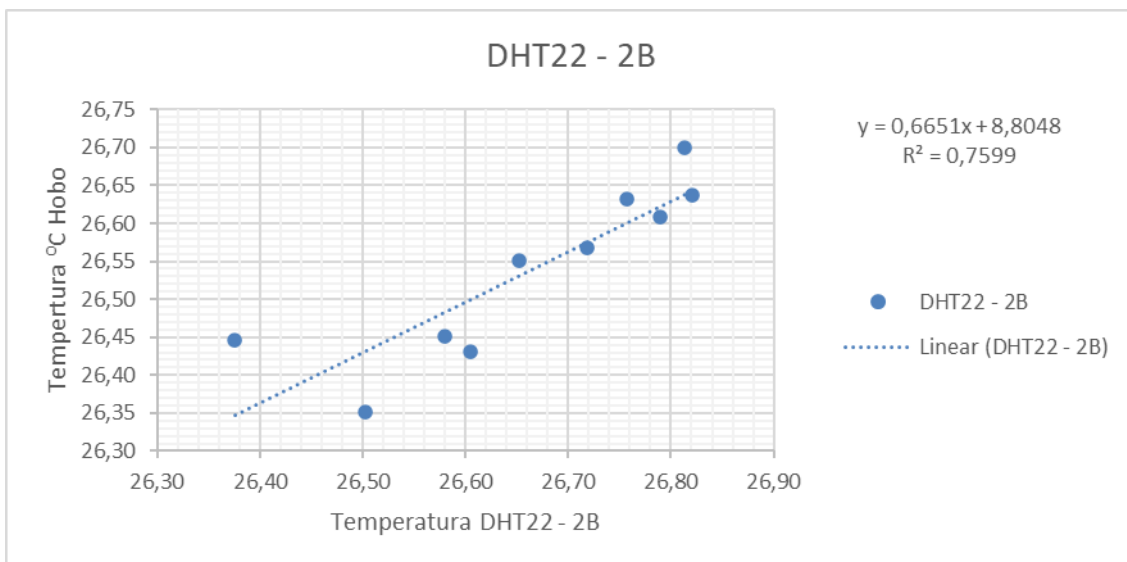


Diagrama de dispersão da temperatura – Correlação Positiva Forte

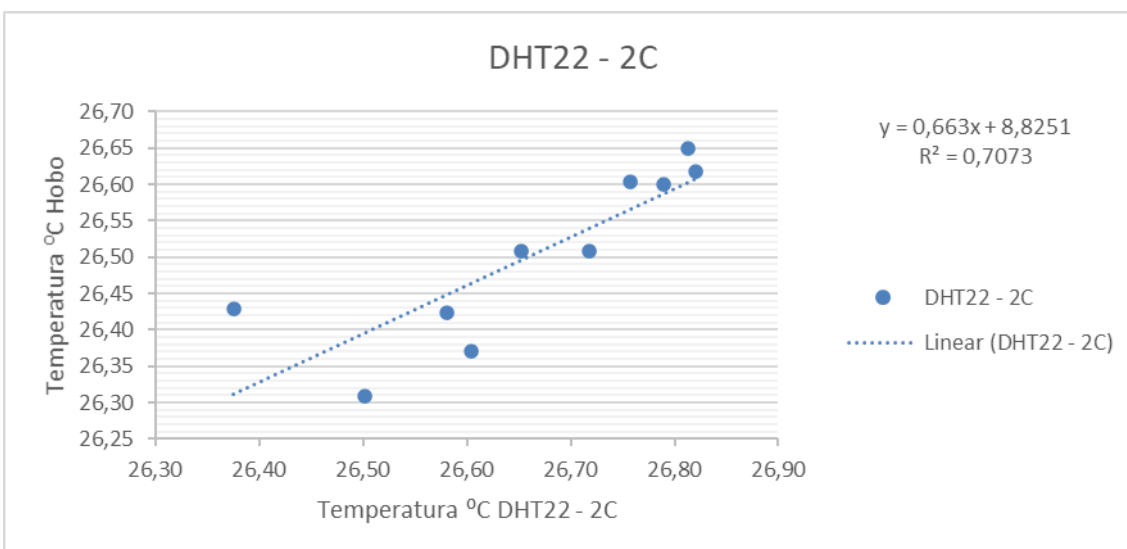


Diagrama de dispersão da temperatura – Correlação Positiva Forte

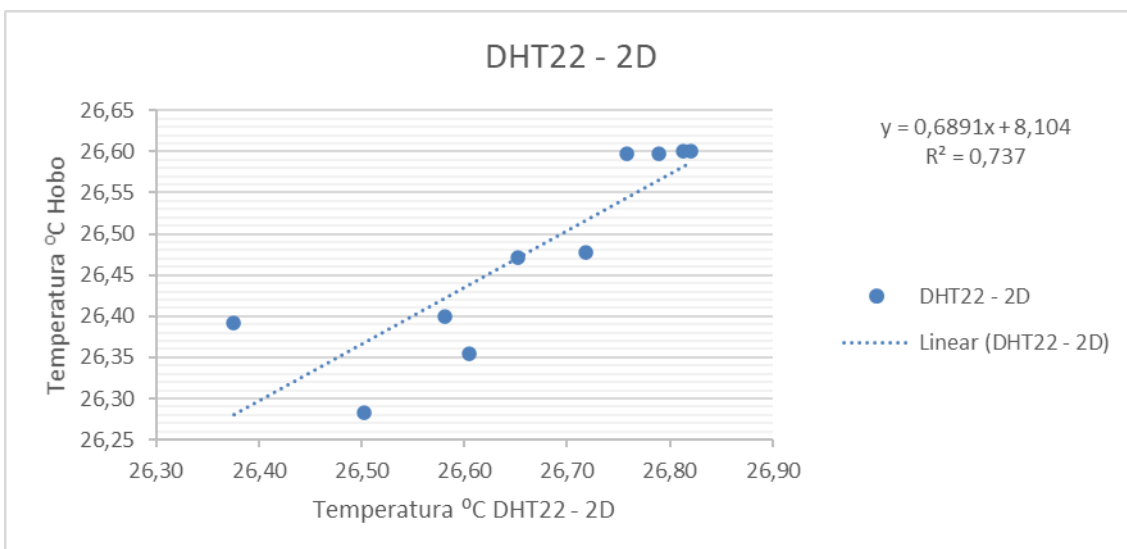


Diagrama de dispersão da temperatura – Correlação Positiva Forte

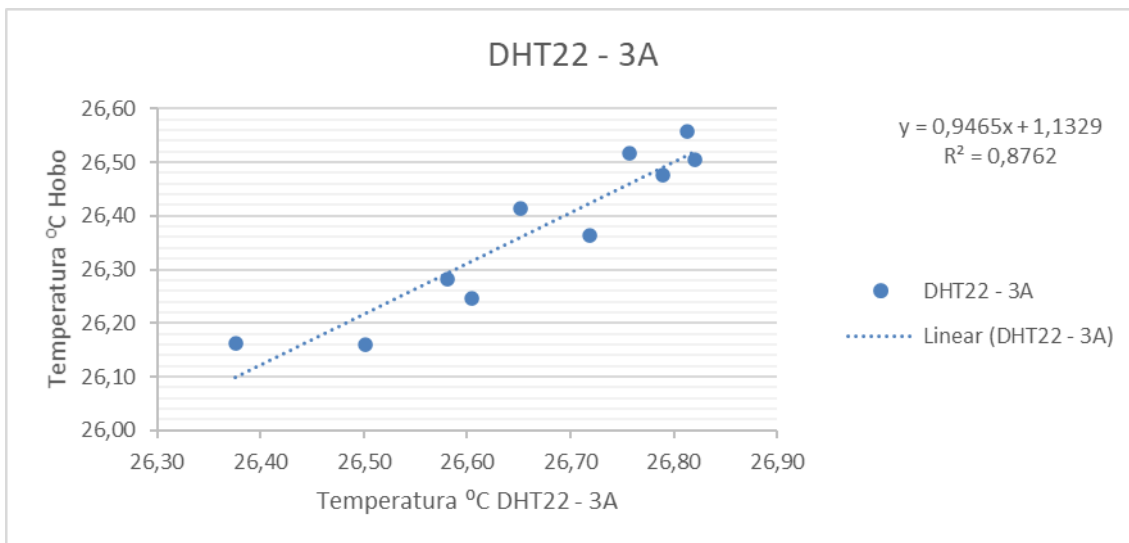


Diagrama de dispersão da temperatura – Correlação Positiva Forte

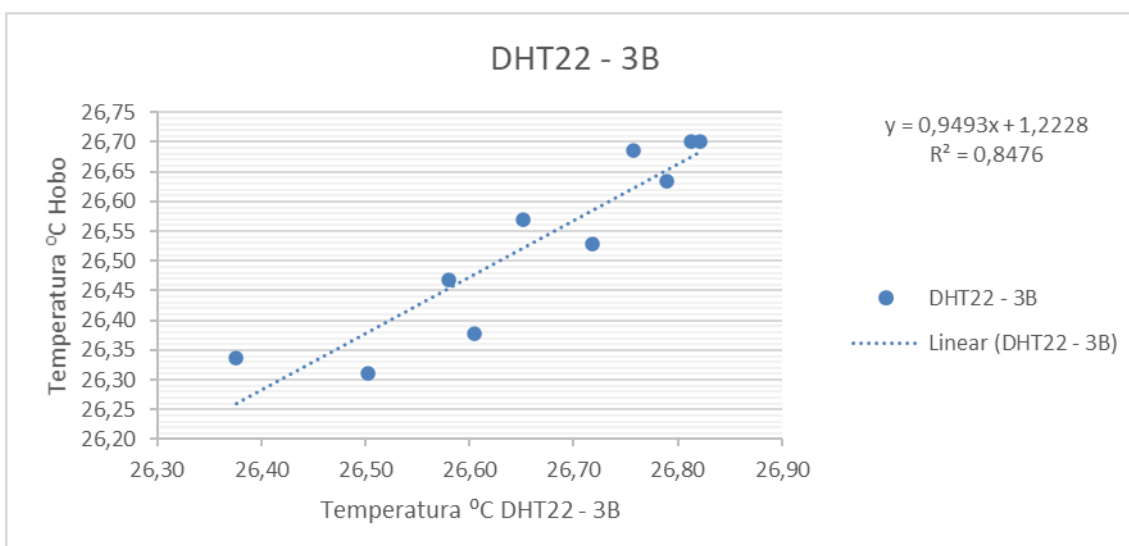


Diagrama de dispersão da temperatura – Correlação Positiva Forte

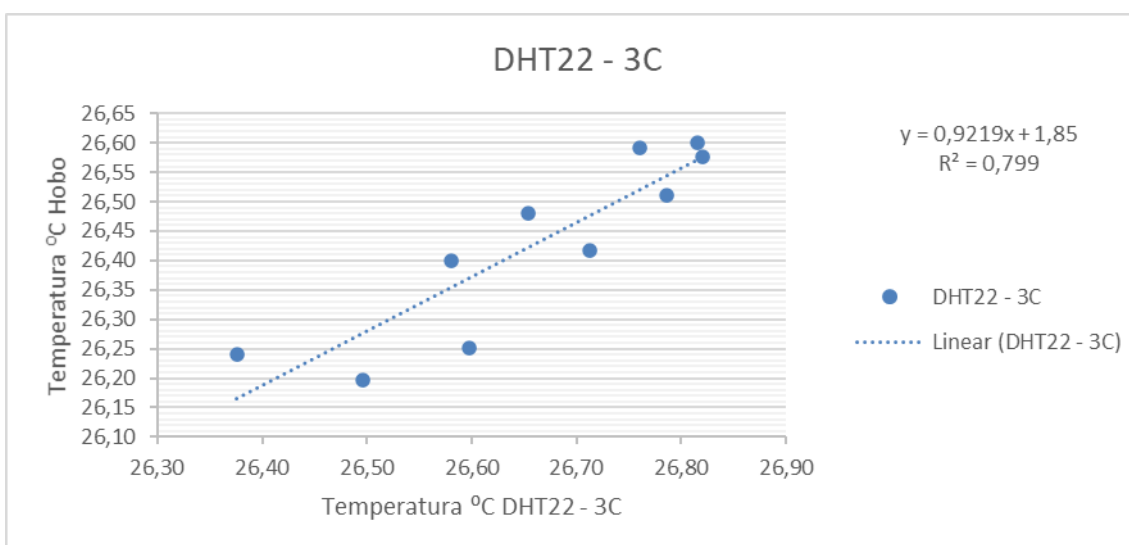


Diagrama de dispersão da temperatura – Correlação Positiva Forte

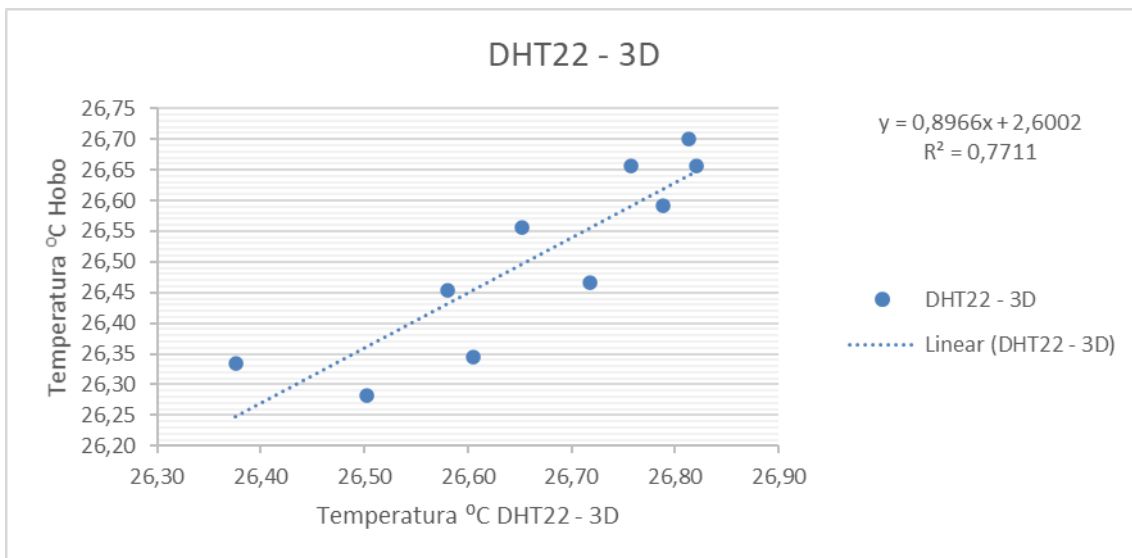


Diagrama de dispersão da temperatura – Correlação Positiva Forte

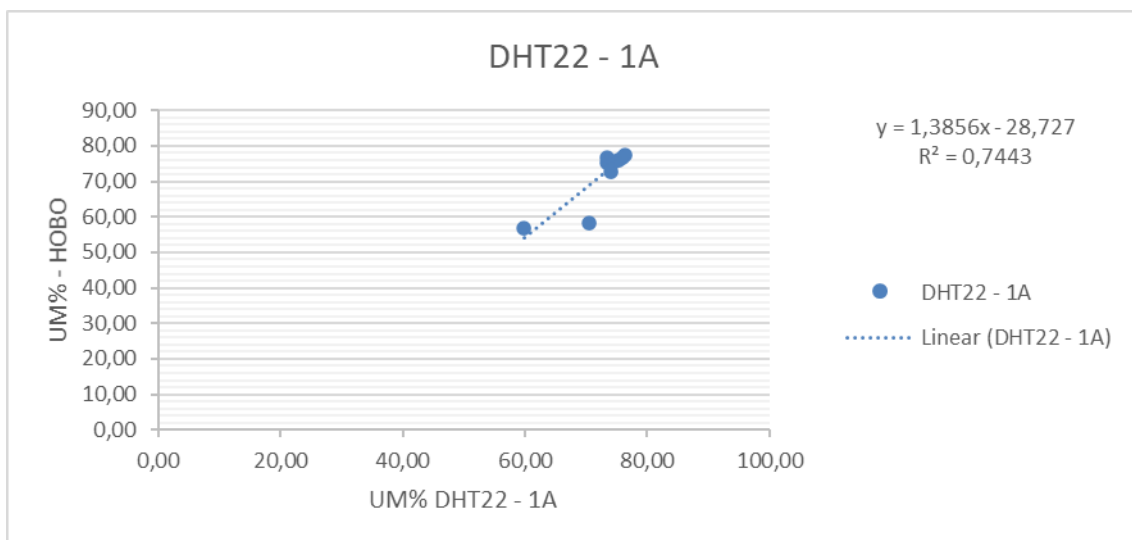


Diagrama de dispersão da umidade – Correlação Positiva Forte

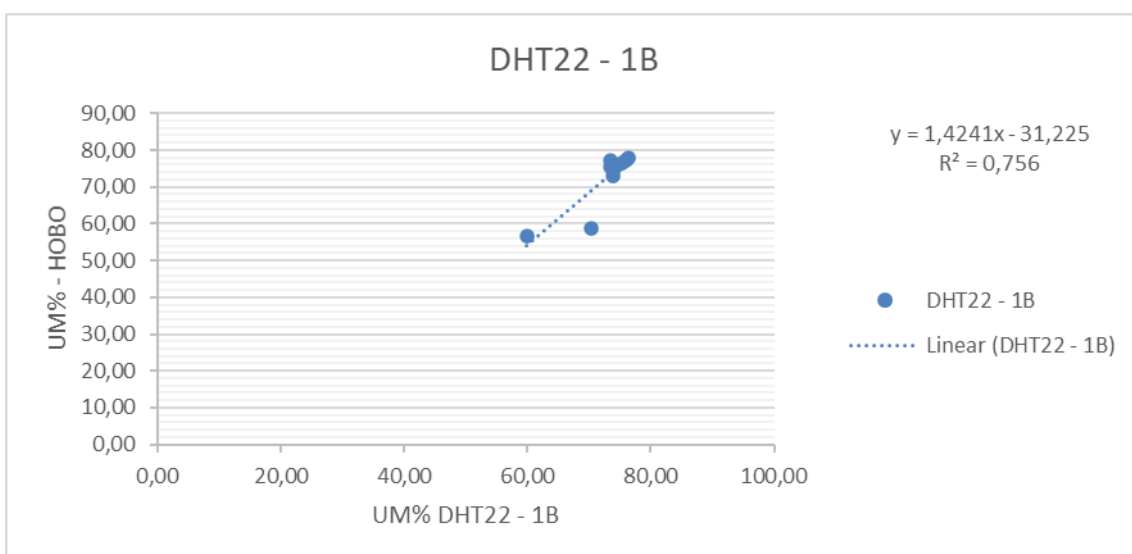


Diagrama de dispersão da umidade – Correlação Positiva Forte

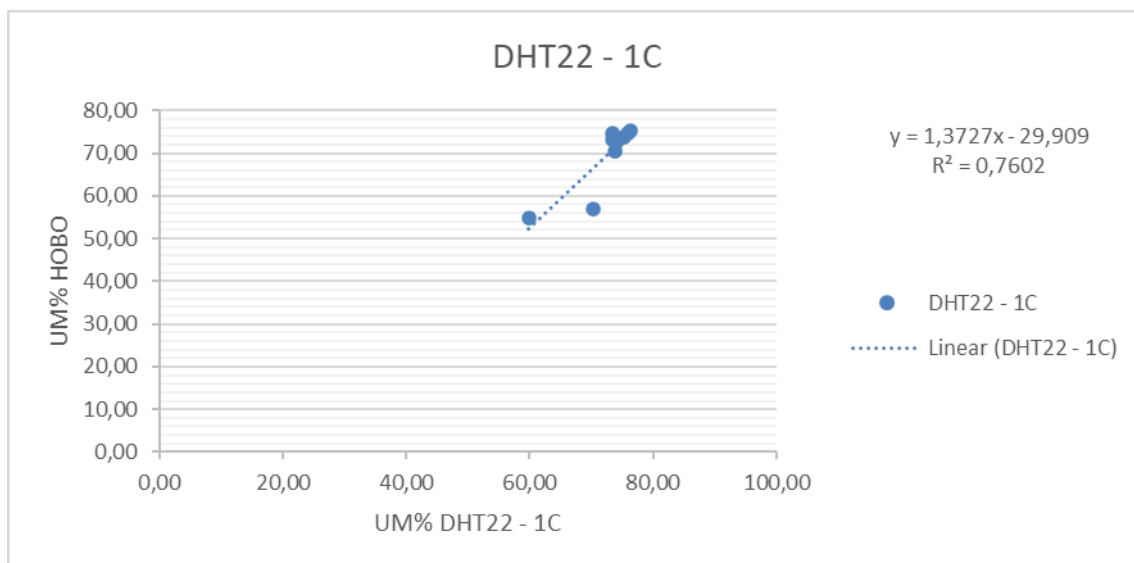


Diagrama de dispersão da umidade – Correlação Positiva Forte

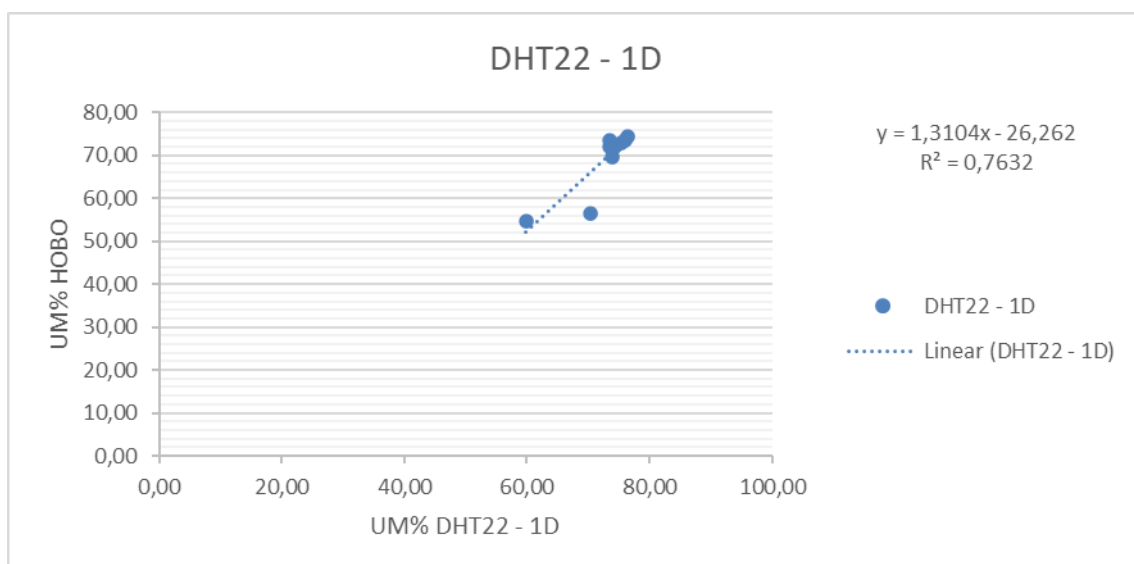


Diagrama de dispersão da umidade – Correlação Positiva Forte

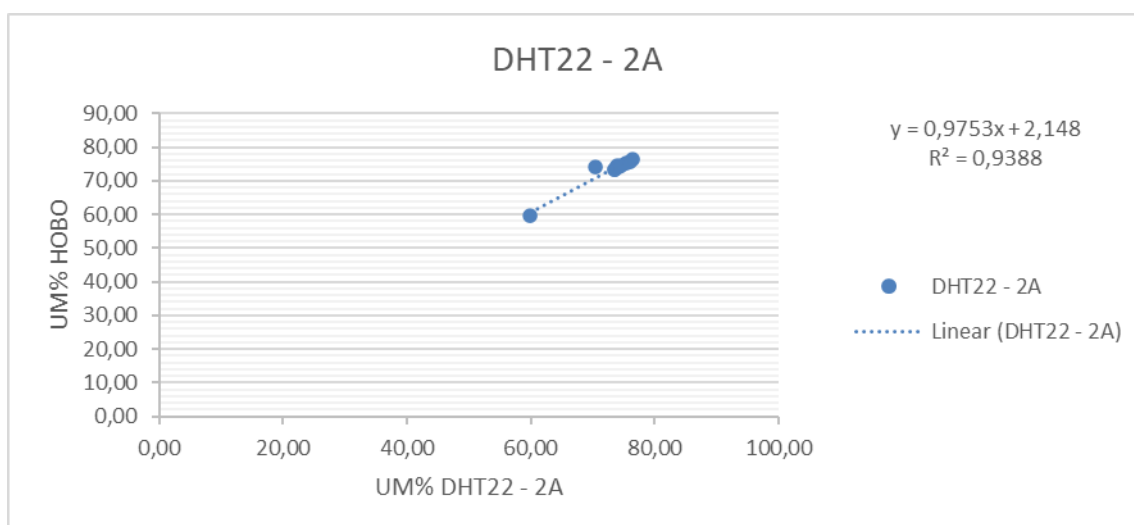


Diagrama de dispersão da umidade – Correlação Positiva Muito Forte

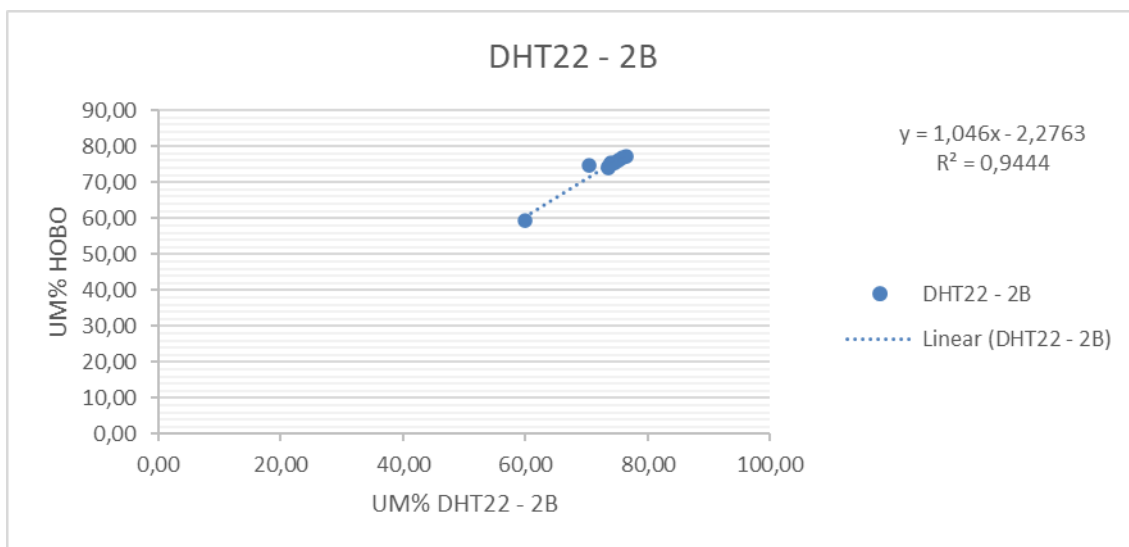


Diagrama de dispersão da umidade – Correlação Positiva Muito Forte

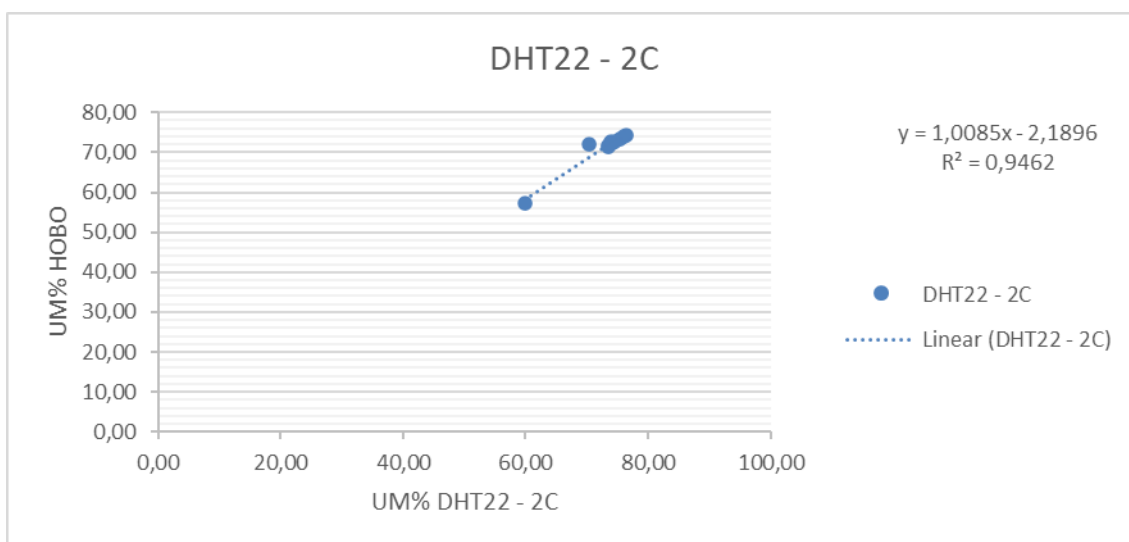


Diagrama de dispersão da umidade – Correlação Positiva Muito Forte

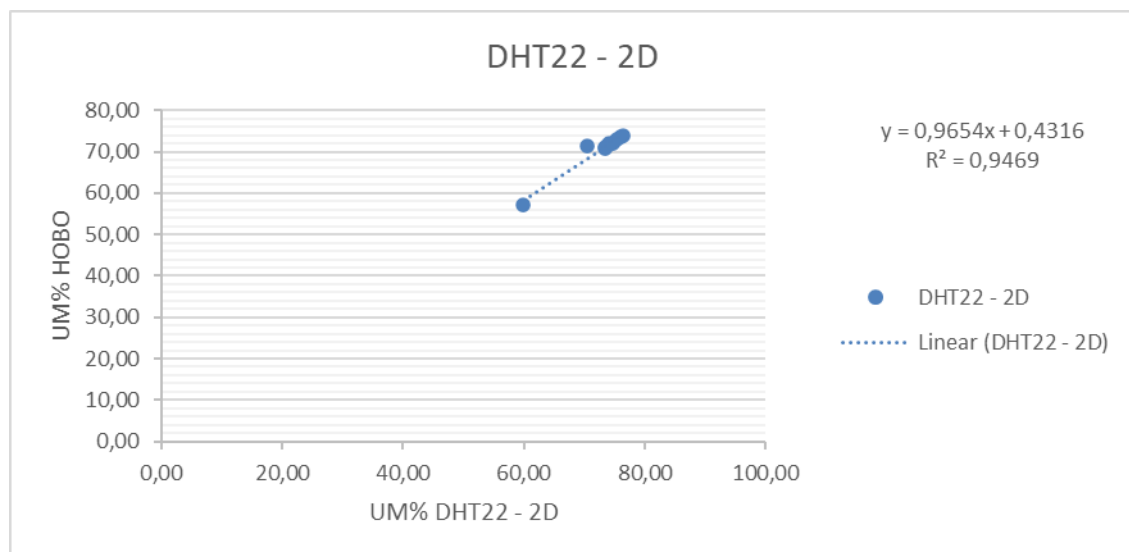


Diagrama de dispersão da umidade – Correlação Positiva Muito Forte

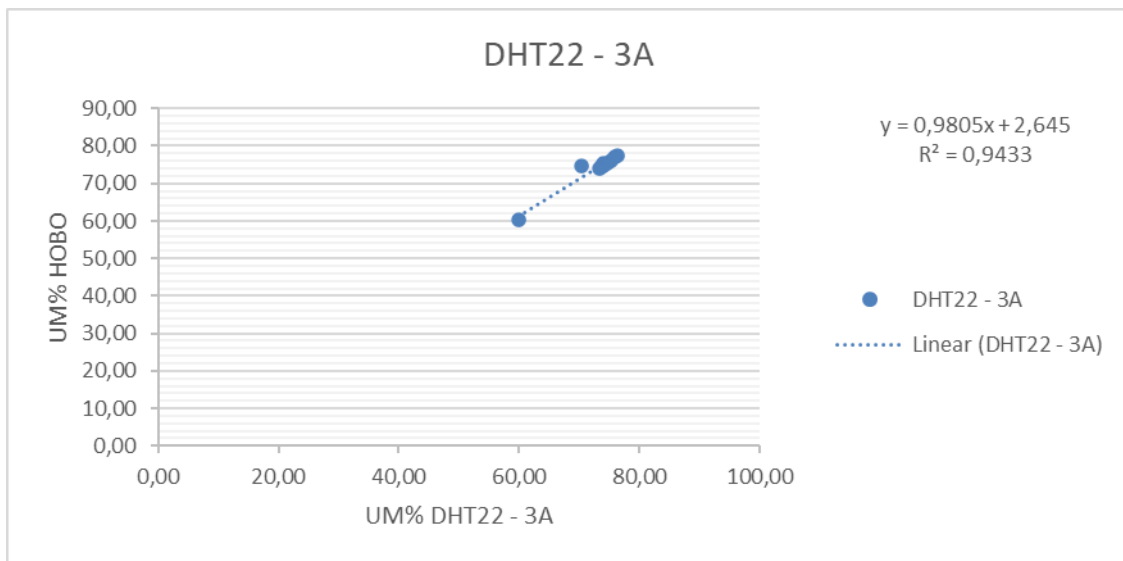


Diagrama de dispersão da umidade – Correlação Positiva Muito Forte

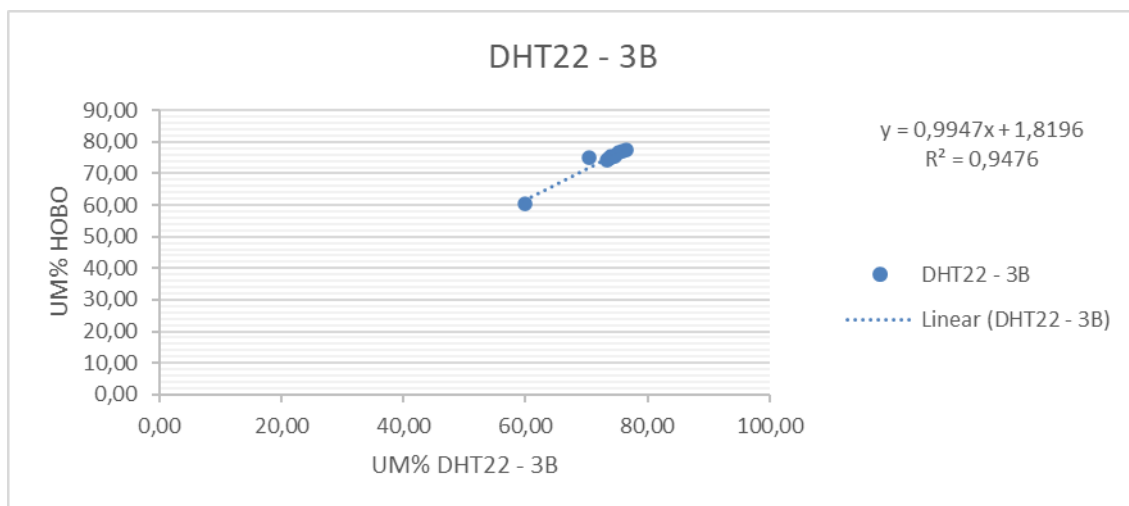


Diagrama de dispersão da umidade – Correlação Positiva Muito Forte

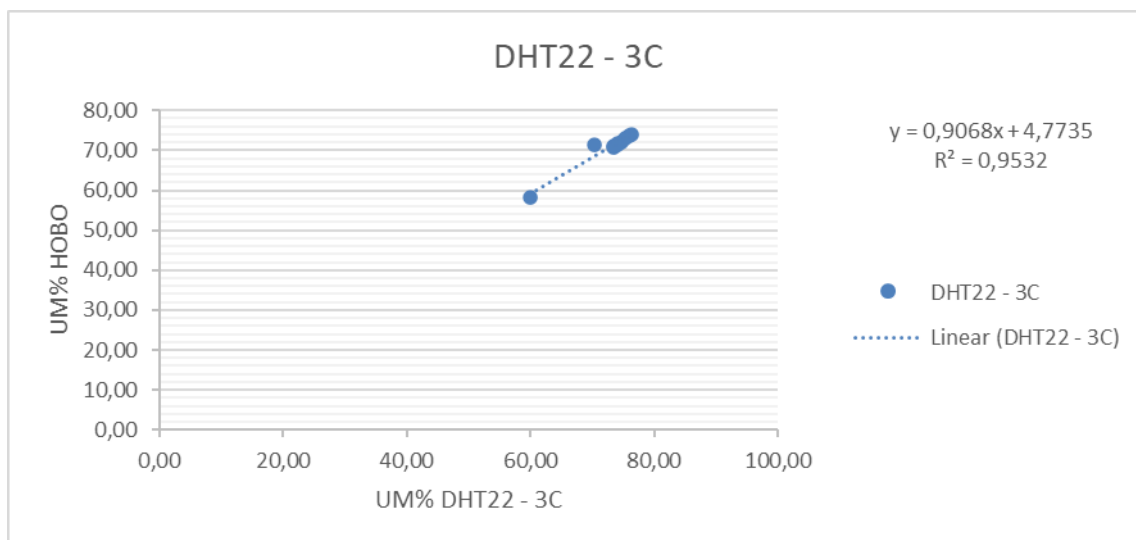


Diagrama de dispersão da umidade – Correlação Positiva Muito Forte

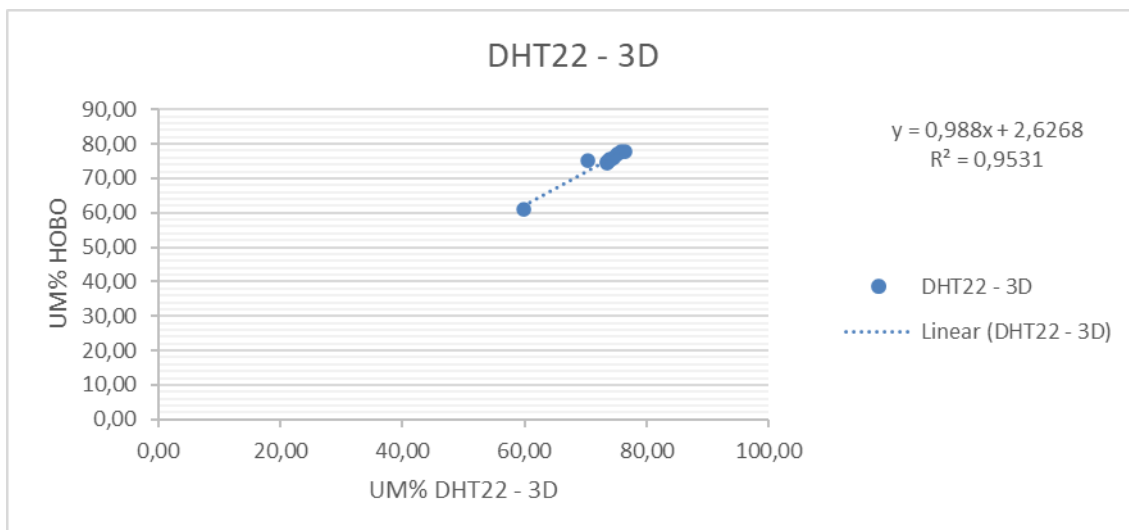


Diagrama de dispersão da umidade – Correlação Positiva Muito Forte

Apêndice III – Algoritmo de coleta codificado em linguagem de programação C:

```
// ***** //  
// Programa Elaborado Para Placa Arduino Mega 2560. //  
// Prof. Dr. Mario Mollo Neto - Unesp - Tupã/SP. //  
// Discente: BRAYAM MOREIRA DA SILVA. //  
// ***** //  
  
#include <Wire.h>  
#include "RTCLib.h"  
#include <SPI.h>  
#include <SD.h>  
#include <dht.h>  
#include "cactus_io_DHT22.h"  
  
const int LM35_1 = A4; // Define o pino que vai ler a saída do  
LM35_1  
const int LM35_2 = A5; // Define o pino que vai ler a saída do  
LM35_2  
const int LM35_3 = A6; // Define o pino que vai ler a saída do  
LM35_3  
  
float h1;  
float t1;  
float h2;  
float t2;  
float h3;  
float t3;  
float h4;  
float t4;  
float h5;  
float h6;  
  
//#define DS1307_I2C_ADDRESS 0x68 // RTC Address  
dht DHT; //Initializes the sensors  
RTC_DS1307 rtc;
```

```

char  daysOfTheWeek[7][12] = {"Sunday", "Monday", "Tuesday",
"Wednesday", "Thursday", "Friday", "Saturday"};
const int chipSelect = 53;
// Pin Uno CS 10
// Pin Mega CS 53 void setup() {
  pinMode(11, OUTPUT); //LED 1
  pinMode(12, OUTPUT); //LED 2
  // Open serial communications and wait for port to open:
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect.
  }
  Serial.println("Initializing SD card...");
  // see if the card is present and can be initialized:
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card failed, or not present");
    // don't do anything more:
    return;
  }
  if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find RTC");
    while (1);
  }
  if (!rtc.isrunning()) {
    Serial.println("RTC is NOT running!");
    // following line sets the RTC to the date & time this sketch was
compiled
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    // This line sets the RTC with an explicit date & time, for example to
set
    // January 21, 2014 at 3am you would call:
    //rtc.adjust(DateTime(2019, 12, 16, 10, 9, 0));
  }
  Serial.println("SD card initialized.");
}

```

```

Serial.println("RTC is running!");
rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    delay(500);
File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
// if the file is available, write to it:
if (dataFile) {
    dataFile.println("    Internal Clock Time:                Humidity_1(%)
Temperature_1(*C)        Humidity_2(%)        Temperature_2(*C)
Humidity_3(%)            Temperature_3(*C)            Humidity_4(%)
Temperature_4(*C)    BGT(*C)    Tile_Face_Temperature(*C)    THI
STATUS        BGTHI        Enthalpy ");
    delay(100);
    dataFile.close();
    delay(100);
}
// if the file isn't open, pop up an error:
else {
    Serial.println("error opening datalog.txt");
    // don't do anything more:
    return;
}
}

void loop() {
    int pin1 = 4; //Pino analogico para ligacao do LM35 - 1 (Black Globe)
    int pin2 = 5; //Pino analogico para ligacao do LM35 - 2 (Bottom Tile
Face)
    int pin3 = 6; //Pino analogico para ligacao do LM35 - 3 (Top Tile Face)
    float tempc1 = 0;
    float tempc2 = 0;
    float tempc3 = 0;
    double a;
    double a1;
    double b1;
    double b;

```

```

float TPO;
float ITU;
//variables resset.
tempc1 = 0;
tempc2 = 0;
tempc3 = 0;
h1=0;
t1=0;
h2=0;
t2=0;
h3=0;
t3=0;
h4=0;
t4=0;
a=0;
a1=0;
b1=0;
b=0;
TPO=0;
ITU=0;
digitalWrite(7, LOW);
digitalWrite(8, LOW);
// Wait a few seconds between measurements.
delay(500);
DateTime now = rtc.now();
Serial.print(now.year(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.month(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(now.day(), DEC);
Serial.print(" ");
Serial.print(daysOfTheWeek[now.dayOfTheWeek()]);
Serial.print(" ");
Serial.print(now.hour(), DEC);

```

```

    Serial.print(':');
    Serial.print(now.minute(), DEC);
    Serial.print(':');
    Serial.print(now.second(), DEC);
    Serial.println(" ");
    Serial.println(" ");
    delay(250);
    digitalWrite(7, HIGH);
    delay(200);
//LM35 Readings...
// Variable that stores the temperature in Celsius
tempc1 = 0;
tempc2 = 0;
tempc3 = 0;
tempc1 = ((5.0*analogRead(LM35_1)*100.0)/1024.0);
tempc2 = ((5.0*analogRead(LM35_2)*100.0)/1024.0);
tempc3 = ((5.0*analogRead(LM35_3)*100.0)/1024.0);
delay(100);
    Serial.print("Black Globe Temperature = ");
    Serial.print(tempc1);
    Serial.println(" Celsius ");
    Serial.println(" ");
    Serial.print("Bottom Tile Face Temperature = ");
    Serial.print(tempc2);
    Serial.println(" Celsius ");
    Serial.println(" ");
    Serial.print("Top Tile Face Temperature = ");
    Serial.print(tempc3);
    Serial.println(" Celsius ");
    Serial.println(" ");
//End of LM35 Readings...
    digitalWrite(8, LOW);
    delay(200);
// DHT readings

```

```

//DHT22 1 to 4
digitalWrite(7, HIGH);
Entrada1();
delay(500);
Entrada2();
delay(500);
Entrada3();
delay(500);
Entrada4();
delay(500);
digitalWrite(8, LOW);
delay(200);
    // THI calculation...
    a=(2.5+(0.007*(((t1+t2+t3+t4)/4))))*(1-(0.01*(((h1+h2+h3+h4)/4))));
    a1= pow(a,3);
    b1=(1-(0.01*(((h1+h2+h3+h4)/4))));
    b=((15.9+(0.117*(((t1+t2+t3+t4)/4))))*(pow(b1,14)));
    TPO=(((t1+t2+t3+t4)/4))-((14.55+(0.114*(((t1+t2+t3+t4)/4)))*(1-
(0.01*(((h1+h2+h3+h4)/4))))) -a-b;
    ITU=(((t1+t2+t3+t4)/4))+(0.36*TPO)+41.5);
    Serial.print("THI = ");
    Serial.print(ITU);
    String Juca1;
    if (ITU <74){
        Juca1 = ("    Status Normal");
    }
    if (ITU > 74 && ITU <= 79){
        Juca1 = ("    Status Alert");
    }
    if (ITU > 79 && ITU <= 84){
        Juca1 = ("    Status Danger");
    }
    if (ITU >84){
        Juca1 = ("    Status Emergency");
    }

```

```

    }
    Serial.println((Juca1));
    Serial.println(" ");
    // BGTHI Calculation...
    float ITGU((((t1+t2+t3+t4)/4)+273) + (0.36*(TPO+273)) -330.08);
    Serial.print("BGTHI = ");
    Serial.println(ITGU);
    Serial.println("");
    // Enthalpy Calculation...
    h5=((7.5*(((t1+t2+t3+t4)/4)))/(237.3+(((t1+t2+t3+t4)/4))));
    h6=((6.7+(0.243*(((t1+t2+t3+t4)/4)))+((((h1+h2+h3+h4)/4))/100)*(pow(1
    0,h5))))*4.18);
    Serial.print("Enthalpy = ");
    Serial.print(h6);
    Serial.println(" KJ/kg ");
    Serial.println("_____");
    Serial.println(" ");
    Serial.println(" ");
    digitalWrite(8, LOW);
    digitalWrite(7, LOW);
    delay(54500);
    //*****
    //   Records on file the measurements from the sensors and the
    calculation of indicators
    //*****
    File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
    // if the file is available, write to it:
    if (dataFile) {
        DateTime now = rtc.now();
        dataFile.print(now.year(), DEC);
        dataFile.print('/');
        dataFile.print(now.month(), DEC);
        dataFile.print('/');
        dataFile.print(now.day(), DEC);
    }

```

```

dataFile.print(" ");
dataFile.print(daysOfTheWeek[now.dayOfTheWeek()]);
dataFile.print(" ");
dataFile.print(now.hour(), DEC);
dataFile.print(':');
dataFile.print(now.minute(), DEC);
dataFile.print(" ");
dataFile.print("Measurements:",  );
dataFile.print(h1);
dataFile.print("      ");
dataFile.print(t1);
dataFile.print("      ");
dataFile.print(h2);
dataFile.print("      ");
dataFile.print(t2);
dataFile.print("      ");
dataFile.print(h3);
dataFile.print("      ");
dataFile.print(t3);
dataFile.print("      ");
dataFile.print(h4);
dataFile.print("      ");
dataFile.print(t4);
dataFile.print("      ");
dataFile.print(tempc1);
dataFile.print("      ");
dataFile.print(tempc2);
dataFile.print("      ");
dataFile.print(tempc3);
dataFile.print("      ");
dataFile.print(ITU);
dataFile.print(" ");
dataFile.print(Juca1);
dataFile.print("      ");

```

```

dataFile.print(ITGU);
dataFile.print(",    ");
dataFile.println(h6);
    delay(500);
dataFile.close();
    delay(500);
}
// if the file isn't open, pop up an error:
else {
    Serial.println("error opening datalog.txt");
}
} // Close the void loop...
//*****
//  Subrotinas de leitura dos DHT22 1 a 4
//*****
//==== Entrada1 =====
void Entrada1() {
    #define DHT22_PIN 2 // what pin on the arduino is the DHT22 data
line connected to
    DHT22 dht(DHT22_PIN);
    dht.begin();
    dht.readHumidity();
    dht.readTemperature();
    h1=(dht.humidity);
    t1= (dht.temperature_C);
    Serial.print("Humidity 1 = ");
    Serial.print(h1);
    Serial.println(" %");
    Serial.print("Temperature 1 = ");
    Serial.print(t1);
    Serial.println(" *C");
    Serial.println(" ");
    return;
}

```

```
//===== Entrada1 =====

void Entrada2() {
  #define DHT22_PIN 3 // what pin on the arduino is the DHT22 data
line connected to
  DHT22 dht(DHT22_PIN);
  dht.begin();
  dht.readHumidity();
  dht.readTemperature();
  h2=(dht.humidity);
  t2= (dht.temperature_C);
  Serial.print("Humidity 2 = ");
  Serial.print(h2);
  Serial.println(" %");
  Serial.print("Temperature 2 = ");
  Serial.print(t2);
  Serial.println(" *C");
  Serial.println(" ");
  return;
}
```

```
//===== Entrada1 =====

void Entrada3() {
  #define DHT22_PIN 4 // what pin on the arduino is the DHT22 data
line connected to
  DHT22 dht(DHT22_PIN);
  dht.begin();
  dht.readHumidity();
  dht.readTemperature();
  h3=(dht.humidity);
  t3= (dht.temperature_C);
  Serial.print("Humidity 3 = ");
  Serial.print(h3);
  Serial.println(" %");
  Serial.print("Temperature 3 = ");
```

```

    Serial.print(t3);
    Serial.println(" *C");
    Serial.println(" ");
    return;
}
//===== Entrada1 =====
void Entrada4() {
    #define DHT22_PIN 5 // what pin on the arduino is the DHT22 data
line connected to
    DHT22 dht(DHT22_PIN);
    dht.begin();
    dht.readHumidity();
    dht.readTemperature();
    h4=(dht.humidity);
    t4= (dht.temperature_C);
    Serial.print("Humidity 4 = ");
    Serial.print(h4);
    Serial.println(" %");
    Serial.print("Temperature 4 = ");
    Serial.print(t4);
    Serial.println(" *C");
    Serial.println(" ");
    return;
}
//} End Process.

```