



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



ANDRÉIA SOARES GONÇALVES GLAVINA

**ALTERAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO EM AVIÁRIOS UTILIZANDO
PAINÉIS DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA.**

BOTUCATU - SP
2017

ANDRÉIA SOARES GONÇALVES GLAVINA

**ALTERAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO EM AVIÁRIOS UTILIZANDO
PAINÉIS DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA.**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Energia na Agricultura)

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Silvia Regina Lucas de Souza
Co-Orientador: Prof. Dr. Diogo de Lucca Sartori

BOTUCATU - SP
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -
DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G552a Glavina, Andréia Soares Gonçalves, 1986 -
Alteração do ambiente térmico em aviários utilizando
painéis de resíduos da agroindústria / Andréia Soares
Gonçalves Glavina. - Botucatu: [s.n.], 2017
127 p.: il., color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Silvia Regina Lucas de Souza
Coorientador: Diogo de Lucca Sartori
Inclui bibliografia

1. Ave - Criação. 2. Bem-estar animal. 3. Conforto
térmico. 4. Compósitos. I. Souza, Silvia Regina Lucas de.
II. Sartori, Diogo de Lucca. III. Universidade Estadual
Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu).
Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “ALTERAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO EM AVIÁRIOS, UTILIZANDO PAINÉIS DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA”

AUTORA: ANDREIA SOARES GONÇALVES GLAVINA

ORIENTADORA: SILVIA REGINA LUCAS DE SOUZA

COORIENTADOR: DIOGO DE LUCCA SARTORI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. SILVIA REGINA LUCAS DE SOUZA
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônômicas - FCA - UNESP - Botucatu/SP


Profa. Dra. LEDA GOBBO DE FREITAS BUENO
Zootecnia / UNESP - FCAT - Dracena/SP


Profa. Dra. CARLA DOS SANTOS RICCARDI
Depto de Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Botucatu, 01 de setembro de 2017.

DEDICATÓRIA

À Deus, Ser Onipotente, Onipresente e Onisciente!

Aos meus pais Silvino Gonçalves Neto e Aparecida de Fátima Soares Gonçalves, pelo maior ensinamento que eu poderia receber: carácter e amor. Dedico meu título de mestre a eles que não tiveram essa oportunidade nos estudos, mas por sempre me apoiarem aprendi a ser forte como minha mãe e paciente como meu pai.

Ao meu esposo William Glavina, pelo amor, por me dar asas pra voar atrás dos meus sonhos, pela paciência e toda ajuda imensurável que participou desse projeto como nosso.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me dar folego de vida e fé para acreditar.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Silvia Regina Lucas de Souza, por acreditar em mim, pelos conhecimentos transmitidos, por todos os momentos que superamos e soluções encontradas, tornou-se uma amiga para vida toda.

Ao meu amigo e estagiário Pedro Augusto Gotardi, pelo esforço sem limite em todas as etapas de elaboração deste trabalho, pelos trabalhos manuais, idéias de projeto, e por suportar meus ataques de risos no momento de desespero.

À minha amiga Gabriela Vicente de Oliveira, pelo apoio incondicional em todos os momentos, há uma década compartilha os momentos mais importantes e me acompanhou nas expedições a fora, ensaios laboratoriais, risadas e vitórias.

À minha irmã Adriana Soares Gonçalves e sobrinha Lillían Gabriela Gonçalves Antônio, minha descontração em meio ao caos.

À minha família Glavina pela compreensão e apoio.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Diogo de Lucca Sartori, por todo auxílio e aprendizado.

Ao meu antigo patrão, engenheiro civil e amigo Luiz Antônio Targa, professor aposentado do Departamento de Engenharia Rural, FCA (UNESP, Botucatu), sem seus conhecimentos e incentivo não estaria na vida acadêmica.

Ao meu fiel amigo Eneidy Allan Rodrigues Cordeiro, das poucas amizades que a pós-graduação me deu.

Ao meu amigo e arquiteto Humberto Fabrizzi de Figueiredo Pupo, onde a vida cruzou nossos caminhos e nos reencontramos no laboratório de Resíduos, FCA (UNESP, Botucatu), me orientou na elaboração desse projeto e nos momentos de dificuldades.

Ao Prof. Dr. Alcides Leão pela utilização do laboratório RESIDUALL, FCA (UNESP, Botucatu), juntamente com sua equipe de alunos e funcionários, seus técnicos Carlos Roberto e Marcelo Felipe Matias pelo apoio ao uso das máquinas e ensaios.

Ao Prof. Dr. Adriano Ballarim por abrir as portas, sempre me receber e sanar muitas dúvidas, desde a época da graduação; e juntamente com o técnico Ailton pelos ensaios realizados no laboratório de ensaios de materiais, FCA (UNESP, Botucatu).

Ao Prof. Dr. Juliano Fiorelli e aos técnicos Mariana Pavesi e Diego Luís Ferrari, do laboratório de Construção e Ambiência (USP, Pirassunga) pelo aprendizado e todos os ensaios realizados.

Ao técnico Rodrigo Lourenço, pela atenção, aprendizado e ensaios realizados no laboratório de Tecnologia de Alimentos (USP, Pirassunga).

À Prof^a. Dr^a. Maria Tereza Cleric e sua equipe de alunas Ulliana, Aline e Taisa, pessoas iluminadas que me receberam com tanta generosidade, pela troca de conhecimentos sobre processo de extrusão e empréstimo da máquina extrusora, do laboratório de cereais, raízes e tubérculos (UNICAMP, Campinas).

Ao técnico Emanuel Rangel Spadin pela disponibilidade do tempo e empréstimo da estufa, do Laboratório Agroflorestral de Biomassa e Bioenergia, FCA (UNESP, Botucatu).

Ao José Roberto Santini, proprietário da empresa Thermo Injet, por compreender a dificuldade que apareceu no meio do processo e pela ajuda incondicional no empréstimo da máquina de prensa.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, e a Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, juntamente com sua equipe, pela oportunidade e todo apoio.

Ao programa de pós-graduação da Energia na Agricultura pelo auxílio de despesas, e as secretárias Débora Branco da Silva e Fabiana da Silva Araújo que sempre me socorreram no momento de desespero e vibraram com as vitórias.

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

De uma forma geral agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para meu crescimento profissional e de vida!

“Eu aprendi muito mais com os meus erros do que
com meus acertos.”

Thomas Edison

RESUMO

A relação entre conforto e ambiência é o aproveitamento de recursos passivos que a natureza oferece para dar ao ambiente uma condição favorável e estável em relação ao clima externo e interno. Nessa relação entre o ambiente e a região, o Brasil tem grandes desafios para produção avícola decorrentes de fatores térmicos, é preciso utilizar estratégias para modificar o ambiente interno das instalações destinadas à criação de aves. Desta forma este trabalho teve por objetivo produzir painéis arquitetônicos para forro, utilizando resíduos provenientes da agroindústria (casca de arroz, fibra de coco e polipropileno) e que foram aplicados em um protótipo para os aviários, a fim de aferir os índices de conforto térmico. Para avaliação dos painéis produzidos foram realizados os ensaios de propriedades físico-mecânicas, de acordo com as normas NBR 14810 (2013) e ANSI A208. 1-2006. Foi realizada análise estatística pelo Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e adotada a análise de variância ANOVA, ($p < 0,05$). Para o ensaio de densidade o tratamento 50PP30CA20FC atingiu a densidade de $608,35 \text{ kg/m}^3$, classificado como média densidade de acordo com a NBR 14810 (2013); no ensaio de inchamento e absorção de água (2h e 24h) somente o tratamento 60PP30CA10FC atingiu os parâmetros da norma. De acordo com as duas normas, nenhum dos tratamentos atingiu os valores mínimos para ensaio de MOR e MOE. Os quatro tratamentos foram considerados como isolantes térmicos de baixa condutividade (classificação mínima para isolantes é de $0,25 \text{ W/mK}$). Foi avaliado o desempenho dos painéis aplicados nos protótipos como galpões em escala reduzida, para produção de aves. Utilizou-se o programa Orvalho para avaliar os índices de conforto ITU e ITGU, considerando as aves acima de três semanas de vida. Conforme o ITU, com média de 70/71 as aves estariam em situação de conforto nas duas instalações. Para o ITGU a I1 encontra-se em situação de conforto em três horários para as aves com três semanas de vida e a I2 em situação de estresse pelo frio nos quatro horários. A análise pela câmera termogravimétrica registrou temperaturas máximas entre 41 a $43,6^\circ\text{C}$ na instalação sem forro, isso demonstrou melhor desempenho térmico na instalação com forro que registrou máximas em $27,1$ a $27,8^\circ\text{C}$, indicando que o forro agiu como um isolante térmico.

Palavras-chave: Conforto ambiental; Forros; Avicultura; Compósitos; bem-estar animal.

ABSTRACT

The relationship between comfort and ambience is the use of passive resources that nature offers to give the environment favorable and stable external and internal climatic conditions. In this relationship between the environment and the region, Brazil has great challenges for avian production due to thermal factors. It is necessary to use strategies to modify the internal environment of poultry farms. In this way, the objective of this work is to produce architectural panels for lining, using residues from the agroindustry (rice husk, coconut fiber and polypropylene) applied in a prototype to the aviaries, in order to measure the thermal comfort indexes. For the evaluation of the produced panels, the physical-mechanical properties tests were carried out, according to the norms NBR 14810 (2013) and ANSI A208. 1-2006. Statistical analysis was performed using the completely randomized design (CRD) and ANOVA variation analysis was used ($p < 0.05$). For the density test the treatment 50PP30CA20FC reached the density of 608.35 kg / m^3 , classified as medium density according to NBR 14810 (2013); in the swelling and water absorption test (2h and 24h) only the 60PP30CA10FC treatment reached the parameters of the standard. According to the two standards, none of the treatments reached the minimum values for the MOR and MOE test. The four treatments were considered as low conductivity thermal insulators (minimum classification for insulators is 0.25 W/mK). The performance of the panels applied in the prototypes as small scale sheds for poultry production was evaluated. The Orvalho program was used to evaluate the THI and HGTI comfort indexes, considering birds over three weeks of age. According to the THI, with an average of 70/71 birds would be in comfort in both facilities. For HGTI I1 is in a comfort situation at three times for birds with three weeks of life and the I2 in cold stress situation at four times. The analysis by the thermogravimetric camera recorded maximum temperatures of 41 to $43.6 \text{ }^\circ \text{C}$ in the unlined installation, which demonstrated better thermal performance in the lining installation which registered maximums of 27.1 to $27.8 \text{ }^\circ \text{C}$, indicating that the liner acted as a thermal insulation.

Keywords: Environmental comfort; Linings; Poultry farming; Composites; animal welfare.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Interação entre o meio ambiente físico e a produtividade animal.....	33
Figura 2: Produção de calor e temperatura dos homeotermos versus temperatura ambiente.	36
Figura 3: Esquema da radiação solar transmitida para uma instalação avícola.....	39
Figura 4: Esquema de condução da radiação em instalação avícola provida de forro.	41
Figura 5: Secção longitudinal da casca de arroz: maior concentração de sílica na epiderme externa.	44
Figura 6: Desenho esquemático das partes que compõe o coco.....	46
Figura 7: a) Casca de arroz; b) Fibra de coco; c) Polipropileno.....	50
Figura 8: Peneira Vibratória	53
Figura 9: a) Fita métrica e fibra de coco; b) Micrômetro marca Micromaster.....	54
Figura 10: a) estufa mod. MARCONI; b) balança de umidade SHIMADZU, mod.MOC63u	55
Figura 11: a) Homogeneizador; b) Casca de arroz e polipropileno no misturador.....	57
Figura 12: Extrusora KRUPP WERNER & PFLEIDERER, mod. ZSK-25 (UNESP, Câmpus de Botucatu)	58
Figura 13: a) Material extrudado: macarrão; b) Granulador SAGEC; c) Material granulado.	59
Figura 14: a) Caixa formadora; b) Caixa formadora com chapa e espaçador.	60
Figura 15: a) Segunda camada do painel: fibra de coco prensada; b) Terceira camada: material extrudado	60
Figura 16: a) Finalização da montagem do painel; b) Colchão pronto para ir na prensa....	61
Figura 17: Prensa hidráulica OMECO.	61
Figura 18: Mapeamento do painel	63
Figura 19: a) Aferição das medidas do corpo de prova; b) Pesagem do corpo de prova. ...	64
Figura 20: a) Corpos de prova submersos em água destilada; b) Pesagem inicial do corpo de prova.	65
Figura 21: a) Corpos de prova em secagem superficial; b) Aferição do corpo de prova. ...	67
Figura 22: a) Corpos de prova posicionado para ensaio; b) Máquina de ensaio de flexão estática EMIC	68
Figura 23: a) Dimensão e tipo do parafuso a ser utilizado no ensaio; b) e c) Posicionamento do parafuso	70

Figura 24: Ensaio arranchamento de parafuso de superfície.	70
Figura 25:a) Corpo de prova no equipamento de ensaio, com pasta térmica; b) Equipamento DTC 300 para transmitância térmica.	71
Figura 26: Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).	72
Figura 27: Embutimento das amostras.	73
Figura 28: Implantação espacial dos protótipos.	74
Figura 29: Planta baixa do aviário.	75
Figura 30: Planta baixa de forro.	76
Figura 31: Elevação frontal.	76
Figura 32: Elevação lateral.	77
Figura 33: Fixação do painel no galpão.	77
Figura 34:a); b); c); d); e); f); g); h); i); j); l) Distribuição de tamanho de partículas da casca de arroz.	85
Figura 35: Frequência da distribuição granulométrica do tamanho das partículas de CA..	86
Figura 36: Painéis sem tempo de resfriamento, FS+PP+CA.	87
Figura 37: Painéis irregulares com FS+PP+CA.	88
Figura 38: a) Painel de 50PP30CA10FC; b) Painel de 30PP45CA25FC.	88
Figura 39: Painel dispostos conforme o forro (50PP30CA10FC).	89
Figura 40: a); b); c); d); Gráficos Boxplot de Densidade.	90
Figura 41: Gráficos comparativos entre os valores médios e as normas.	91
Figura 42: a); b); c); d); Gráficos Boxplot de Inchamento 2h e 24 h.	92
Figura 43: Gráficos comparativos entre os valores médios e as normas.	93
Figura 44: a); b); c); d); Gráficos Boxplot de Absorção 2h e 24 h.	95
Figura 45: a); b); c); d); Gráficos Boxplot de MOR e MOE.	98
Figura 46: Ensaio de MOR (20PP50CA30FC): a) início do ensaio; b) durante o ensaio; c) final do ensaio.	98
Figura 47: Gráficos representativo entre os valores (Kgf) e os tratamentos ensaiados.	100
Figura 48: a); b); c); d); Gráficos Boxplot de Arrancamento de parafuso.	101
Figura 49: Gráfico Boxplot de Condutividade (W/m.K) com faixa de referência.	104
Figura 50: a) MEV sem embutimento (50X); b) MEV com embutimento (50X).	106
Figura 51: a) Painel com 20-50-30 (50X); b) Painel com 20-50-30 (100X).	106
Figura 52: a) Painel com 30-45-25 (50X); b) Painel com 50-35-15 (100X).	107
Figura 53: a) Painel com 50-35-15 (50X); b) Painel com 50-35-15 (100X).	107

Figura 54: Gráfico Boxplot de Umidade relativa.	109
Figura 55: Gráfico Boxplot de ITU com limite de conforto térmico para aves.	110
Figura 56: Gráfico Boxplot de ITGU com limite de conforto térmico para aves e idade de vida.	111
Figura 57: Gráfico de CTR para as duas instalações.....	112
Figura 58: a) Imagem termográfica da I1 (8h); b) Imagem real da I1 (8h); c) Imagem termográfica da I2 (8h); d) Imagem real da I2 (8h).....	113
Figura 59: a) Imagem termográfica da I1 (12h); b) Imagem real da I1 (12h); c) Imagem termográfica da I2 (12h); bd) Imagem real da I2 (12h).....	113
Figura 60: a) Imagem termográfica da I1 (16h); b) Imagem real da I1 (16h); c) Imagem termográfica da I2 (16h); d) Imagem real da I2 (16h).....	114
Figura 61: Gráfico Boxplot de Temperatura (I1 e I2).	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Limites de conforto térmico para aves (ITU)	34
Tabela 2: Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico passivo	38
Tabela 3: Percentuais de celulose, hemicelulose e lignina, para diferentes fibras naturais. 43	
Tabela 4: Características, propriedades e uso dos principais termoplásticos.	49
Tabela 5: Características do Polipropileno (PP-H107).	51
Tabela 6: Secagem dos materiais: fibra de coco e casca de arroz	55
Tabela 7: Porcentagem dos tratamentos	56
Tabela 8: Peso dos tratamentos	56
Tabela 9: Dados da operação na extrusora, mod. ZSK-25	58
Tabela 10: Dimensão e quantidade dos corpos de prova	63
Tabela 11: Dimensões adotadas para o modelo reduzido em escala distorcida.	75
Tabela 12: Resultados do estudo das partículas	81
Tabela 13: Composição química da casca de arroz e fibra de coco, em porcentagem.....	82
Tabela 14: Composição química da fibra de coco e casca de arroz	83
Tabela 15: Composição de celulose, hemicelulose e lignina: fibra de coco e casca de arroz, encontrados na literatura.....	83
Tabela 16: Distribuição em tamanho das partículas das cascas de arroz (CA).	84
Tabela 17: Ensaio Piloto do painel	87
Tabela 18: Densidade aparente.....	89
Tabela 19: ANOVA da densidade aparente dos tratamentos.	91
Tabela 20: Inchamento em 2h e 24h.....	92
Tabela 21: ANOVA de Inchamento 2h.	94
Tabela 22: ANOVA de Inchamento 24h.	94
Tabela 23: Absorção em 2h e 24h	95
Tabela 24: ANOVA de Absorção 2h.....	96
Tabela 25: ANOVA de Absorção 24h.....	96
Tabela 26: MOR e MOE médio do tratamento 50PP35CA15FC	97
Tabela 27: MOR e MOE médio do tratamento 60PP30CA10FC	97
Tabela 28: ANOVA de Módulo de ruptura (MOR).	99
Tabela 29: ANOVA de Módulo de elasticidade (MOE).	99
Tabela 30: Ensaio arrancamento de parafuso (N)	100
Tabela 31: ANOVA de arrancamento de parafuso dos tratamentos.	101

Tabela 32: Propriedades térmicas dos painéis.....	102
Tabela 33: Condutividade térmica de diferentes materiais	103
Tabela 34: Referências de condutividade térmica.....	104
Tabela 35: ANOVA de condutividade térmica dos tratamentos.	105
Tabela 36: Variáveis térmicas da Instalação 1.	108
Tabela 37: Variáveis térmicas da Instalação 2.	108
Tabela 38: Variáveis de temperatura e emissividade das Instalações 1 e 2.	115
Tabela 39: Valores típicos de emissividade para alguns materiais.	116

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Densidade	52
Equação 2 – Módulo de finura	54
Equação 3 - Densidade	65
Equação 4 – Inchamento 2h.....	66
Equação 5 – Absorção de água 2h.....	66
Equação 6 – Inchamento 24h.....	67
Equação 7 – Absorção de água 24h.....	67
Equação 8 – Módulo de elasticidade	69
Equação 9 – Módulo de ruptura	69
Equação 10 – Resistência térmica	72
Equação 11 – Índice de temperatura e umidade para aves	79
Equação 12 – Índice de temperatura de globo negro e umidade	80
Equação 13 – Índice de carga térmica de radiação.....	80
Equação 14 – Temperatura média radiante	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
AG	Aglutinante
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
C	Celulose
CMC	Compósitos de base cerâmicas
cm	Centímetro
CNAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CA	Casca de arroz
CP	Corpo de prova / Corpos de prova
CTR	Carga Térmica Radiante
CV	Coefficiente de Variação
FC	Fibra de coco
FS	Fibra de coco com substrato
H	Hemicelulose
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ITGU	Índice de Temperatura de Globo e Umidade
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
kgf	Quilograma-força
kN	Quilonewtons
L	Lignina
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
mm	Milímetros
MM	Matéria mineral
MMC	Compósitos de base metálica
MOE	Módulo de elasticidade
MOR	Módulo de ruptura
MPa	Mega Pascal
MS	Matéria seca

NBR	Norma Brasileira
PMC	Compósitos de base polimérica
PP	Polipropileno
rpm	Rotações por minuto
Tbs	Temperatura de bulbo seco
Tbu	Temperatura de bulbo úmido
Tgn	Temperatura de globo negro
UR	Umidade relativa
W/m.k	Watts por metro e por kelvin

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	27
2. OBJETIVOS.....	30
2.1. Objetivo geral.....	30
2.2. Objetivos específicos.....	30
3. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	31
3.1. Comportamento animal: avicultura.....	31
3.2. Conforto térmico	35
3.2.1. Ambiência em instalações rurais	39
3.3. Propriedades dos materiais.....	41
3.3.1. Casca de arroz.....	43
3.3.2. Fibra de coco	46
3.3.3. Polipropileno	48
4. MATERIAL E MÉTODOS	50
4.1. Materiais.....	50
4.2. Caracterização da matéria-prima.....	51
4.2.1. Determinação da densidade e teor de umidade das partículas.....	51
4.2.2. Análise química das partículas	52
4.2.3. Granulometria.....	53
4.3.2. Processamento das matérias-primas	57
4.3.3. Processo de prensagem do painel	59
4.4. Caracterização dos painéis: ensaios físico-mecânicos e térmicos.....	62
4.4.1. Ensaio Físicos	64
4.4.1.1. Densidade	64
4.4.1.2. Inchamento em espessura e absorção de água após 2 horas de imersão	65
4.4.1.3. Inchamento em espessura e Absorção após 24 horas de Imersão	66
4.4.2. Ensaio Mecânicos	68
4.4.2.1. Flexão Estática	68
4.4.2.2. Arrancamento de parafuso na superfície.....	69
4.4.3. Ensaio Térmicos: resistência térmica e condutividade térmica	71
4.4.4. Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	72
4.4.5. Delineamento estatístico e análises	73

4.5. Características dos protótipos.....	73
4.5.1. Projeto Arquitetônico	74
4.5.2. Aferições dos Índices de Conforto em Ambiência no interior dos protótipos 77	
4.5.3. Determinação dos índices de conforto térmico	78
4.5.4. Cálculo dos Índices de conforto térmico	79
4.5.4.1. Índice de temperatura e umidade – ITU	79
4.5.4.2. Índice de temperatura de globo negro e umidade – ITGU	79
4.5.4.3. Índice de carga térmica de radiação - CTR	80
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
5.1. Caracterização da matéria-prima.....	81
5.1.1. Determinação da densidade e do teor de umidade das partículas.....	81
5.1.2. Análise química das partículas	82
5.1.3. Granulometria.....	84
5.2. Desenvolvimento dos Painéis.....	86
5.2.1 Ensaio Físicos	89
5.2.2. Ensaio Mecânicos.....	97
5.3.1. Ensaio Térmicos: resistência térmica e condutividade térmica	102
5.4.1. Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	105
6. CONCLUSÕES.....	117
7. PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o sexto lugar no ranking mundial dos maiores produtores de ovos, depois da China, Estados Unidos, Índia, Japão e México. Conforme dados da ABPA (2016) citado por Verza et al. (2017) em 2015 a produção de ovos no Brasil chegou a 36,5 bilhões de unidades, representando 3,35% de todos os ovos no mundo, esse registro histórico superou os 6,1 bilhões de unidades em relação ao ano anterior.

Segundo Sanda e Oyinane (2015), a produtividade das aves depende em grande parte de sua constituição genética e, também, da influência do ambiente, condições que prevaleçam na zona de conforto onde os animais são inseridos.

A atividade reúne em sua estrutura funcional os três itens mais importantes para o cálculo do crescimento econômico: tecnologia de ponta, eficiência na produção e diversificação no consumo. Diante da importância desta atividade de criação no país, há a necessidade de se obter instalações adequadas aos animais que lhes proporcione bem-estar.

O estudo da ambiência animal está associado ao conforto térmico, acústico, lumínico e qualidade do ar nos ambientes, nas diferentes instalações e sistemas produtivos.

O bem-estar animal é definido por Glatz e Rodda (2013) como a relação do animal a se adaptar aos padrões de criação, que inclui cuidados, boa habitação e nutrição, proteção contra ambientes externos onde o animal está inserido.

No Brasil, atualmente existem muitas informações sobre acondicionamento de instalações, mas há carência sobre o sistema de aquecimento para construções arquitetônicas dessas instalações.

Pensar no ambiente construído implica em vários fatores, se levado em conta que esse será para ocupar; viver e apreciar esse espaço. Assim o conforto ambiental é a ferramenta primordial para transformar esse ambiente em agradável e satisfatório na questão de energias renováveis.

Segundo Lamberts e Xavier (2013), o conforto térmico é um fundamento de estudos destinado à análises e atribuições de parâmetros necessários para a avaliação e criação de um ambiente térmico apropriado às atividades humanas ou de animais.

Conforme o mesmo autor classifica-se um ambiente térmico apropriado pelo nível de bem-estar de um indivíduo, que por sua vez consiste na sensação corporal

agradável levando em conta o tempo de repouso deste indivíduo em um determinado local.

Considerando o clima brasileiro, a tarefa de manter o ambiente de instalação a níveis adequados para as aves não é fácil, já que as instalações são abertas e sem nenhum isolamento térmico, e basicamente todos os sistemas de aquecimento do ar no interior de um galpão envolvem a queima de combustíveis, consequentes emissões de gases poluentes; alguns extremamente nocivos às aves, ao trabalhador e à atmosfera. (CORDEIRO et al., 2011).

Fatores como condução, convecção e radiação estão relacionadas ao tipo de material e as incidências de raios solares; para atingir o conceito de conforto térmico o clima é fundamental e engloba a implantação, relevo, latitude, longitude, revestimento do solo, clima urbano, entre outros, analisados para a adequação da arquitetura.

Os materiais das instalações avícolas são determinantes para o ambiente térmico das aves, Tinôco (2001) estabeleceu classificações de modificações ambientais; uma delas engloba as técnicas de execução de instalações avícolas que favorecem a proteção das aves em clima quente ou frio, enquadram-se nas coberturas dos aviários, forro sob a cobertura, quebra ventos, cortinas laterais das instalações e o manejo do ambiente ao redor do galpão.

O bem-estar animal está intimamente ligado à produtividade, as condições de ambiência devem respeitar as normas estabelecidas para que haja maior rendimento de produção e ética para com as aves.

O conforto térmico é primordial para que as aves tenham um ambiente favorável ao seu desenvolvimento, caso suas acomodações não estejam de acordo com o padrão, as aves sofrerão com o estresse térmico que proporciona o autoflagelo, canibalismo e em casos mais extremos a morte do indivíduo.

Os fatores ambientais térmicos são os que afetam diretamente as aves sendo pelas condições internas ou externas; conforme Staub (2016) as instalações adequadas permitem que o calor que está no ambiente externo não interfira no ambiente interno, e que o calor gerado no interior do galpão não fique armazenado, obtendo nível de conforto e qualidade na produção.

Isso acontece porque a construção de um galpão não é planejada para um uso específico, muitas vezes eles são adaptados ou reaproveitados de outras instalações. Para que ocorra a ambiência perfeita é necessário ser projetado conforme a utilização

das aves, e um fator primordial é o uso dos materiais adequados, os materiais por sua vez, na maioria, são reaproveitados do próprio espaço rural.

A proposta desse trabalho é definir um painel com materiais da agroindústria, a fim de obter bons níveis de isolamento térmico para forro de aviários.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Produzir painéis compostos por resíduos provenientes da agroindústria e polipropileno, para aplicação como forro em instalação para produção de aves e avaliação dos índices de conforto térmico deste ambiente.

2.2. Objetivos específicos

- Produzir painéis arquitetônicos dos resíduos: fibra de coco e casca de arroz;
- Adequar o processo de produção para utilizar a matriz polimérica: polipropileno (PP) como aglomerante entre as fibras para a formação do painel;
- Caracterizar os painéis produzidos quanto as suas propriedades físicas, mecânicas e térmicas;
- Aplicação dos painéis como forro, sendo aplicados em protótipos de aviários em escala reduzida e distorcida;
- Realizar aferições dos dados ambientais, durante o período de aplicação nos protótipos; como temperatura, ventilação, umidade e índices de conforto em ambiência.

3. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Neste tópico são abordados assuntos referentes ao comportamento animal voltado para a avicultura, desde o início do setor no Brasil e o desenvolvimento produtivo, por ser de maneira intensiva chama a atenção aos estudiosos para o conforto em ambiência.

A parte térmica é a vertente estudada dentro do conforto ambiental, bem como a definição, os tipos de trocas de calor, interferência de materiais e métodos construtivos para instalações rurais.

Os materiais como fibra de coco, casca de arroz e polipropileno são parte da pesquisa para a elaboração do projeto, são abordados as qualidades, características e uso desses materiais.

3.1.Comportamento animal: avicultura

O início da avicultura industrial no Brasil, de acordo com Vogado et al. (2016) foi na década de 50, quando começou a substituição da antiga avicultura comercial, iniciado nas décadas de 20/30. Desde os anos de 1940 a produção vem se fixando no país e apresentando um crescimento suficiente para atingir destaque no cenário mundial.

Nesse cenário o Brasil se destaca como grande produtor mundial, conforme Cravo (2014) a avicultura apresentou um crescimento de 3,7% entre 2010/2011, já o consumo exibiu um crescimento de 3,03% nesse período; o país lidera como o maior exportador de carne de frango do mercado, sendo sete anos de liderança nas exportações.

Botelho et al. (2016) cita que a maior parte da produção de ovos do Brasil é comercializada no mercado interno, mas nos últimos anos têm ocorrido mudanças no setor para aumentar as exportações. As maiorias das granjas estão adotando sistemas automatizados, conhecimentos específicos para genética, nutrição e bem-estar animal, para proporcionar qualidade nos ovos e melhores condições de produção.

O Brasil ocupa o sexto lugar no ranking mundial dos maiores produtores de ovos, depois da China, Estados Unidos, Índia, Japão e México. Conforme dados da ABPA (2016) citado por Verza et al. (2017) em 2015 a produção de ovos no Brasil

chegou a 36,5 bilhões de unidades, representando 3,35% de todos os ovos no mundo, esse registro histórico superou os 6,1 bilhões de unidades em relação ao ano anterior.

Segundo Sanda e Oyinane (2015) a produtividade das aves depende em grande parte de sua constituição genética e também da influência do meio ambiente, condições que prevaleçam na zona de conforto onde os animais são inseridos.

A eficiência da atividade avícola pode ser constatada pelo trabalho de melhoramento genético das aves, nutrição que possibilitam a produção de frangos com mais peso em menos tempo, coleta de dados, melhorias de manejo e ambiência como tecnologias implantadas em instalações que aumentam o bem-estar das aves nos aviários durante a etapa de criação (VOGADO et al., 2016).

O bem-estar animal é definido por Glatz e Rodda (2013) como a relação do animal a se adaptar aos padrões de criação, que inclui cuidados, boa habitação e nutrição, proteção contra ambientes externos onde o animal esta inserido.

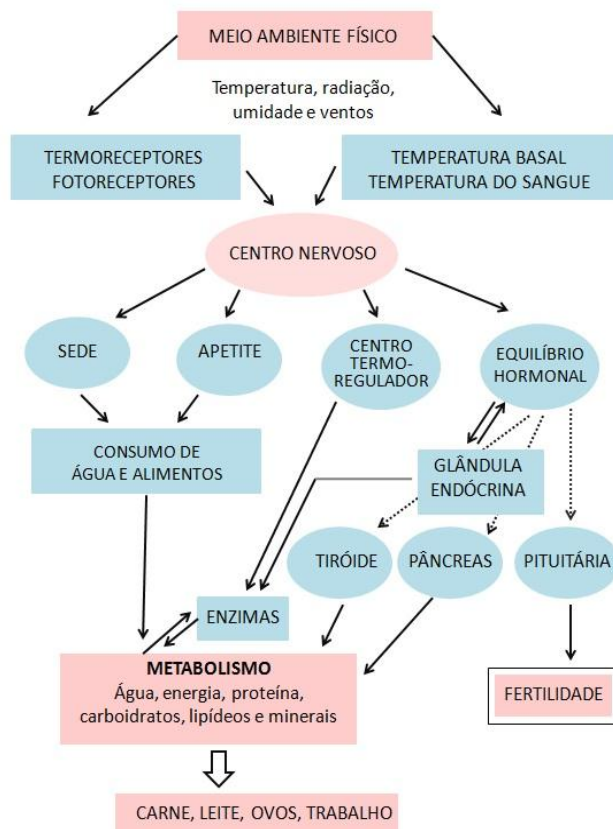
As instalações têm como proporcionar conforto aos animais, segundo Cravo (2016) elas devem ser construídas com a finalidade de diminuir a influência dos elementos climáticos como insolação, temperatura, ventos, chuvas e umidade do ar; sobre os animais, a fim de assegurar bons índices nos sistema produtivo.

Camerini et al. (2016) define a zona de conforto térmico em uma faixa de temperatura ambiente em que a taxa metabólica é mínima e a homeotermia¹ é mantida com menor gasto energético. O mesmo autor cita que durante períodos de estresse térmico as extremidades das aves, que não são cobertas por penas (crista, barbela e os pés) normalmente são vasodilatadas.

De acordo com Nääs (2008) a principal finalidade de uma construção rural é que o sistema construtivo ofereça um ambiente confortável para os animais, se instalação não fomenta o ambiente adequado ocorrem disfunções na homeotermia, acarretando alterações na eficiência produtiva. A eficiência no desempenho é resultante do funcionamento homeotérmico, e disfunções desse sistema geram alterações na eficácia da produção, a Figura 1 ilustra a influência do ambiente físico na produção.

¹ Conforme o Dicionário Houaiss o termo Homeotérmico é o que possui temperatura constante.

Figura 1: Interação entre o meio ambiente físico e a produtividade animal.



Fonte: Adaptado (NÄÄS.1989, p.91)

O crescimento e desenvolvimento das aves são afetados pelas condições internas e externas do local que estão inseridos, de acordo com Staub et al. (2016) as instalações e o manejo adequado permitem que o calor do ambiente externo não interfira no ambiente interno, bem como o calor gerado no interior do galpão não fique armazenado, pois interfere na produção. Quando há aumento na temperatura interna ocorre a mortalidade das aves, principalmente nas aves adultas.

Para atender as exigências de conforto térmico das aves, o aquecimento é fundamental no início da vida, as duas primeiras semanas das aves são as mais críticas, conforme Cordeiro et al. (2011) os erros cometidos nesta fase não poderão ser corrigidos a prazos futuros, afetando o desempenho final das aves.

As temperaturas acima do conforto térmico para pintinhos podem gerar a hipertermia² levando as aves a desidratação e redução no consumo de ração, acarretando atraso no crescimento.

² Conforme o Dicionário Houaiss o termo Hipertermia é elevação da temperatura corporal

O aquecimento das instalações merece atenção dobrada no inverno, pois há maior necessidade de energia para suprir a diferença entre a temperatura ideal para os pintos e a temperatura ambiente interna. Cordeiro et al. (2011) cita que a faixa de conforto nas primeiras semanas de vida das aves situa-se entre 32 e 34°C, pois a sua capacidade de termorregulação³ não está bem desenvolvida, as aves jovens necessitam de temperatura mais elevadas para manter a temperatura corporal constante.

O ambiente é tido como confortável, de acordo com Tinôco (2001) para as aves adultas quando estiverem a temperaturas de 15°/18°C a 22°/25°C e umidade relativa do ar entre 50 a 70%. Baêta e Souza (2010) e Campos (1995) citam que a faixa de temperatura para frangos de corte está entre 18° e 28°C e 18° e 26°C, respectivamente. Porém esses valores referentes à temperatura é um desafio principalmente no verão e resultam de muitos fatores como temperatura, umidade e velocidade do vento; que afetam a reação das aves às mudanças do ambiente.

Cassuce et al. (2013) cita que a faixa de temperatura de conforto estimada para frangos nas três primeiras semanas de vida são de: 31,3°C na primeira semana, entre 26,3 e 27,1°C na segunda semana, entre 22,5 e 23,2°C na terceira semana e 23°C entre quarta e última semana de vida.

Conforme Azevedo (2005) um dos índices de conforto térmico é a relação da umidade relativa do ar e a temperatura de ar calculado por uma expressão onde classifica o estresse térmico de acordo com a variação desses dados (Tabela 1), chamado de Índice de Temperatura e Umidade (ITU).

Tabela 1: Limites de conforto térmico para aves (ITU)

CONDIÇÃO	LIMITES (ITU)
Conforto térmico	< 74,0
Situação de alerta e perigo	74,0 ≥ ITU > 79,0
Situação de emergência	79,0 ≥ ITU > 84,0

Fonte: Adaptado (Azevedo, 2015).

Conforme Cassuce et al. (2013) esses valores de temperatura confortáveis podem sofrer alterações devido a melhoramento genético das espécies, densidade de habitação, manejo no crescimento, gravidade de estresse térmico o qual são submetidos,

³ Conforme o Dicionário Houaiss o termo Termorregulação é manutenção da temperatura interna ideal pelo próprio organismo.

permitindo a adaptação e aclimação de espécies a condições específicas de diferentes climas e regiões.

O estresse térmico em aves é um problema recorrente no Brasil, que afeta a produtividade pelo fato de as aves consumirem uma quantidade menor de ração e com isso, prejudicando seu desenvolvimento e crescimento, conseqüentemente, elevando os custos de produção.

Para atingir alta produtividade e as aves possam expressar alta produtividade genética é importante o desenvolvimento de outras áreas envolvidas na produção, como o ambiente de criação (BOTELHO et al., 2015). Os fatores que determinam o ambiente interno de uma construção rural, conforme Cravo (2016) são as condições locais externas, características construtivas, materiais de construções empregados, números e espécies de animais alojados.

O bem-estar animal está intimamente ligado a produtividade, as condições de ambiência devem respeitar as normas estabelecidas para que haja um maior rendimento de produção e uma ética para com as aves.

O conforto térmico é primordial para que as aves tenham um ambiente favorável ao seu desenvolvimento, caso suas acomodações não estejam de acordo com o padrão, as aves sofrerão com o estresse térmico que proporciona o autoflagelo, canibalismo e em casos mais extremos a morte do indivíduo.

3.2. Conforto térmico

A análise do conforto ambiental envolve fatores naturais como as variáveis climáticas que são: temperatura, umidade e velocidade do ar, e radiação solar incidente; interligadas ao regime de chuvas, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas e topografia; e o fator fisiológico do ser humano como a temperatura interna e termorregulação.

Conforme Simons et al. (2014) o conforto térmico é o estado da mente que expressa satisfação com o ambiente construído. Normas da ISSO Standard 7730 (2005) tem sido base na determinação do conforto térmico, porém os indivíduos tem características diferentes para se sentirem confortáveis.

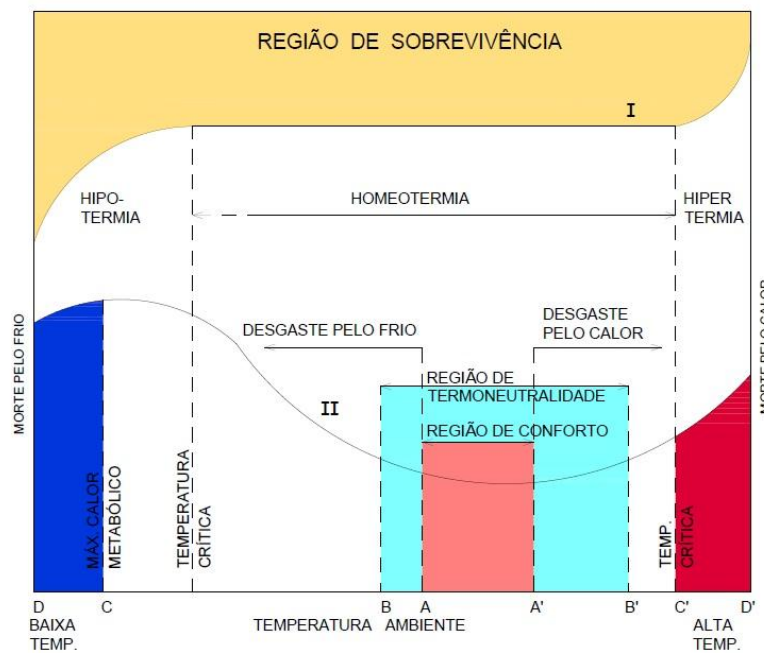
Conforme Frota e Schiffer (2001) o conforto térmico é quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem maior esforço, a capacidade de trabalho é máxima; como exemplo, se ocorre sensação de frio é porque o organismo

humano está perdendo calor; já a sensação de conforto é atingida quando o indivíduo entra na “zona de conforto”.

A definição de frio e calor depende do ganho ou perda de calor. O termo frio pode ser usado quando as condições ambientais proporcionam perdas de calor do corpo para manutenção constante de sua temperatura interna; já o calor é quando as perdas de calor são inferiores às necessárias para a manutenção de sua temperatura constante, essas sensações são possíveis porque o homem é um animal homeotérmico.

A troca de calor entre o animal e o meio ambiente que o cerca, conforme Nääs (1989) se baseiam nos princípios físicos de condução, evaporação e radiação, (Figura 2) a região de conforto denominada entre os pontos A e A'; nesta faixa cerca de 75% do calor trocado entre o peso vivo e o ambiente são pelos princípios físicos.

Figura 2: Produção de calor e temperatura dos homeotermos versus temperatura ambiente.



Fonte: Adaptado (NÄÄS.1989, p.93)

Curva I – Variação da temperatura do corpo se fossem mantidas condições ideais (ótimas);

Curva II – Variação da temperatura do corpo em função da variação da temperatura ambiental. Produção de calor.

Existem alguns fatores de interferência humana que têm uma participação importante na sensação de conforto térmico; e apesar de serem variáveis estão associadas ao ser humano, como idade, sexo, peso e altura, as principais interferências são os níveis de atividades físicas exercidas e a capacidade isolante da vestimenta

utilizada. Conforme Kowaltowski (2011) as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente podem ser representadas pela equação 1:

$$C_{\text{met}} + C_{\text{conv}} + C_{\text{rad}} - C_{\text{ev}} = Q$$

Na qual:

C_{met} = taxa de transformação de parcela da energia metabólica em calor (W/m^2);

C_{rad} = taxa de trocas de calor por radiação;

C_{conv} = taxa de trocas de calor por evaporação;

C_{ev} = taxa de perda de calor por evaporação;

Q = taxa de troca de calor total no organismo;

(...) para o equilíbrio do corpo humano com o ambiente térmico, é preciso que o valor de Q seja próximo de zero”.

De acordo com Oliveira e Turmina (2014) as transferências térmicas podem ocorrer por meio de quatro métodos: evaporação, radiação, convecção e a condução. A evaporação é a troca térmica úmida causada pela mudança de estado físico para o gasoso.

A convecção é a troca de calor entre dois corpos, responsável pela troca de ar no ambiente, como o ar quente tende a subir e o ar frio permanece nas “áreas baixas”, elementos arquitetônicos aproveitam dessa troca e usa a ventilação natural cruzada.

O outro mecanismo de troca é a radiação, quando ocorre troca de calor entre dois corpos que mantêm entre si uma distância qualquer, “provoca efeitos térmicos, permite sua transmissão sem necessidade de meio para propagação, ocorrendo mesmo no vácuo.” (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Nas coberturas a radiação de intensidade solar direta é menor nas regiões quentes-úmidas, sendo intensa sobre a cobertura dos edifícios; já que as paredes recebem menor radiação solar e térmica, quando o entorno tem uma qualidade de vegetação, ou solo que absorve os raios solares (MASCARÓ, 1991).

A diminuição de temperatura dentro do ambiente construído será quanto maior a radiação incidente refletida for absorvida por radiação térmica, um fator que favorece nesse processo é a cor, pois ela reflete a radiação solar de uma superfície ou material.

Outro fator é a condução, que é a troca de calor de dois corpos que se tocam ou as partes desses corpos que estejam em temperaturas diferentes, ou seja, o calor pode ser transmitido diretamente de uma parte do objeto para outro. (MASCARÓ, 1991).

Fatores como condução, convecção e radiação estão relacionados ao tipo de material, as incidências de raios solares; para atingir o conceito de conforto térmico o clima é fundamental e engloba a implantação, relevo, latitude, longitude, revestimento do solo, clima urbano, entre outros, analisados para a adequação da arquitetura.

Conforme Frota e Schiffer (2001) as construções não devem ter uma inércia muito grande, pois isto dificulta a retirada do calor interno armazenado durante o dia, prejudicando o resfriamento da construção quando a temperatura externa noturna está mais agradável que internamente; deve-se prever uma inércia de média a leve, com isolantes nas aberturas para impedir que o calor da radiação penetre nos ambientes internos.

Cada região tem recomendações próprias para o projeto bioclimático, mas como a maioria das regiões brasileiras na maior parte do tempo o clima é quente a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) apresenta estratégias e recomendações referentes ao clima; na Tabela 2 abaixo as recomendações são para residências de interesse social, mas que podem ser utilizados no projeto de construções rurais.

Tabela 2: Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico passivo

Estratégia	Detalhamento
A	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a sensação de desconforto térmico por frio.
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
D	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades).
E	Caracteriza a zona de conforto térmico.
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.
G e H	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar.
H e I	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem.
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.

K	O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor.
L	Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida através da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação, pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas.

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005, p. 9/10)

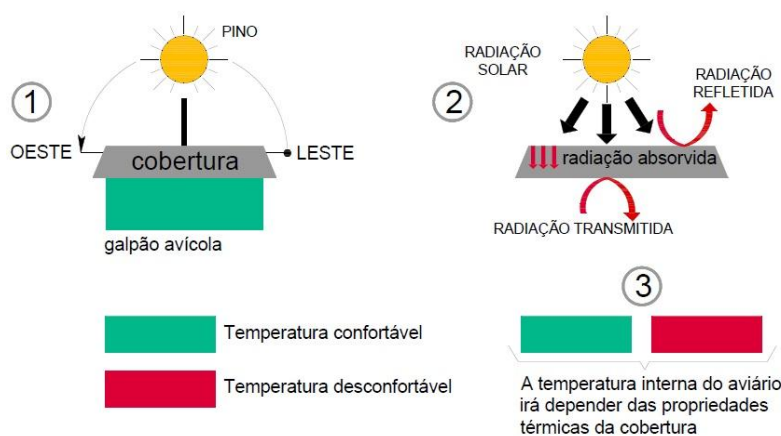
3.2.1. Ambiência em instalações rurais

No ambiente térmico, denominado por Cravo (2016) como ambiente climático, as variáveis de temperatura, umidade e radiação são responsáveis pelas trocas térmicas entre as aves e o ambiente externo. Já as trocas térmicas dependem das condições locais externas em relação ao aviário, as dimensões construtivas e as propriedades térmicas dos materiais utilizados nas instalações.

As características dos materiais construtivos utilizados em uma instalação influencia na temperatura interna, absorção ou emissão de calor. Machado et al. (2016) cita que dependendo do número de aves alojadas por área, tipo de edificação, paisagismo no entorno, materiais de construções cria-se um micro clima dentro das instalações, mas a alta incidência da radiação solar sobre a cobertura é um dos principais motivos de aquecimento nos aviários.

A radiação solar atua com maior intensidade na cobertura, sendo que o fluxo de calor que atravessa o mesmo no pico de calor é cinco vezes maior que o disperso no ambiente interno; esse calor pode ser amenizado pela ventilação adequada e o da radiação pelo isolamento térmico (NÄÄS, 1989), conforme a Figura 3.

Figura 3: Esquema da radiação solar transmitida para uma instalação avícola.



Fonte: Adaptado (CRAVO, 2013, p.21)

Conforme Carvalho et al. (2016) o telhado é o elemento da instalação mais exposto ao céu e metade do ganho de calor é através dele, é a parte da instalação onde a radiação solar atua com mais intensidade, no pico de calor atinge uma escala de cinco vezes a mais do que a temperatura interna.

Dentre as modificações primárias, de acordo com Tinôco (2001) a insolação é o principal fator que contribui com o desconforto térmico nas instalações avícolas, as coberturas empregadas podem ser fonte de sombreamento contra a radiação solar incidente, a cobertura pode reduzir entre 20 a 40% da carga térmica radiante (CTR) no interior do galpão (CRAVO, 2014).

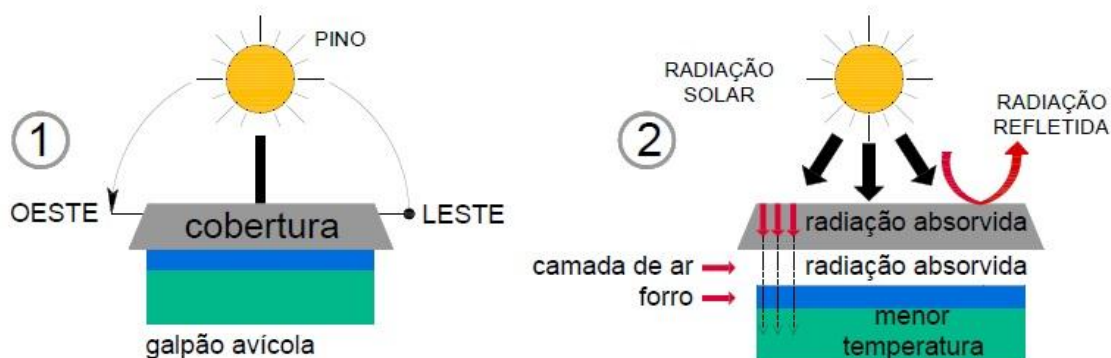
De acordo com Cravo (2014) durante a década de 90, estudiosos na área de ambiência avaliaram o comportamento térmico de algumas coberturas. Os autores qualificavam o ambiente interno mediante a determinação de índices de conforto térmico como: Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica Radiante (CTR), os resultados apontaram melhor desempenho térmico para as instalações cobertas com telhas cerâmicas.

O interessante dessa análise foi com relação á cobertura de telha de cimento-amianto, com dupla camada de ar, pois de acordo com Cravo (2014) apresentou comportamento próximo ao da telha cerâmica; demonstrando a importância de utilizar o ar como elemento isolante, pois apresenta baixa condutividade térmica.

Conforme Cravo (2016) a cobertura é o elemento construtivo de maior influência no ambiente interno, muitas vezes, conforme a região do Brasil, a cobertura utilizada nas construções avícolas não é suficiente para atingir os índices de conforto térmico adequado, sendo necessário utilizar novas técnicas construtivas como o forro.

O forro permite a formação de uma camada de ar junto à cobertura, funciona como uma segunda barreira física, conforme Tinôco (2001) a alternativa de forros merece ser investida como um recurso que possibilita a melhor proteção contra insolação, que é o maior contribuinte para o agravamento do estresse por calor, conforme a Figura 4.

Figura 4: Esquema de condução da radiação em instalação avícola provida de forro.



Fonte: Adaptado (CRAVO, 2013, p.21)

Os fatores ambientais térmicos são os que afetam diretamente as aves sendo pelas condições internas ou externas; conforme Staub et al. (2016) as instalações adequadas permitem que o calor que está no ambiente externo não interfira no ambiente interno, e que o calor gerado no interior do galpão não fique armazenado, obtendo nível de conforto e qualidade na produção.

3.3. Propriedades dos materiais

A combinação de diferentes materiais pode resultar a um material compósito, que são materiais compostos por no mínimo duas fases heterogêneas: contínua classificada como matriz e dispersa, classificada como reforço. Ambas podem ser de materiais poliméricos, cerâmicos ou metálicos.

SILVA, et al. (2015) cita que um material compósito é composto por dois ou mais materiais distintos originando um terceiro que apresenta características com propriedades únicas como: redução de peso, quando comparados a materiais homogêneos, resistência a corrosão e abrasão, e dureza.

Conforme Smith e Hashemi (2012) um compósito é formado, em sua maioria, por um material de enchimento ou reforço apropriado e uma resina aglutinadora a fim de obter propriedades e características específicas. Os compósitos podem ser de vários tipos, alguns são predominantes fibrosos ou particulados em uma matriz.

De acordo com o tipo de matriz utilizado, Smith e Hashemi (2012) definem os compósitos em: compósitos de base metálica (MMC), compósitos de base cerâmica (CMC) e compósitos de base polimérica (PMC).

Agunsoye e Isaac, et al. (2012) cita que cresceu nos últimos trinta anos o uso de materiais compósitos formados por resíduos da agroindústria, como casca de arroz, casca de trigo, palha e fibra de coco; usados para compósitos poliméricos.

Um dos compósitos utilizados para a fase dispersa são as fibras, em geral apresentam alta resistência ou rigidez em relação ao seu peso, podem ser sintéticas ou naturais (vegetais).

Com essa classificação é possível denominar os materiais estudados neste tópico: a matriz polimérica é o polipropileno (PP) e a fase dispersa formada por fibras naturais já que reduzem o peso e aumentam a propriedade de resistência: casca de arroz e fibra de coco.

De acordo com Jafelice (2013) o polipropileno é umas das matrizes poliméricas mais utilizadas por apresentarem boas condições de comercialização devido as suas propriedades de densidade, fluidez e dureza. Agunsoye e Isaac et al. (2012) cita que a utilização do polímero é principalmente pra reduzir os custos e adaptar o produto novo a aplicações específicas, como resistência a tração e dureza.

Porém, em contrapartida o processo na ligação dos compostos de uma matriz polimérica e uma fase dispersa fibrosa, por se tratarem de materiais de diferente natureza, é necessário á utilização de aditivos como agentes de acoplagem para obter melhor interação e homogeneização dos compósitos (JAFELICE, 2013).

Kim e Kim et al. (2014) cita que a integração entre a fibra e a matriz está altamente relacionada com a adesão dos compósitos, determinada pela integração molecular, uma das formas eficazes para esse processo é utilizar agente de acoplamento. Conforme Wendy e Rodrigue (2017) esses agentes melhoram a adesão interfacial formando uma ponte quimicamente entre a matriz e a fibra, o anidrido maleico é um dos mais utilizados.

As fibras biodegradáveis naturais como juta, sisal, coco e curauá, de acordo com Jafelice (2013) já foram empregadas e obtiveram bons resultados para aplicações em tecnologia aeroespacial, construção civil, artefatos artesanais e moldes para a indústria automotiva.

A classificação química de uma fibra natural incorpora os materiais lignocelulósicos que podem ser divididos por dois grupos em relação a massa

molecular: moléculas de baixo peso são constituídas de matéria orgânica e inorgânica, extrativos e cinzas; e as macromoléculas constituídas de polissacarídeos, lignina, celulose e poliores, chamadas de hemicelulose (MOURA, 2014).

As macromoléculas são responsáveis pelas propriedades físicas do material lignocelulósico, segundo Leão (2012) a celulose é o principal componente químico das fibras, é um polímero natural que contribuem com as propriedades de rigidez. A hemicelulose trata-se de um polissacarídeo que ocorre associado à celulose, é hidrofílica, portanto solução alcalina e facilmente hidrolisada.

A lignina também é um polímero natural e está presente em todas as plantas terrestres, sua função biológica é proteger o tecido vegetal contra a oxidação e ação de microorganismos. A Tabela 3 demonstra conforme a literatura os percentuais de macromoléculas em algumas fibras.

Tabela 3: Percentuais de celulose, hemicelulose e lignina, para diferentes fibras naturais.

Fibra	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)	Autor
Carnaúba	58,0	14,0	19,0	Melo et al. (2012)
Algodão	82,7	5,7	-	Bledzki et al. (1999)
Juta	64,4	12,0	11,8	Bledzki et al. (1999)
Rami	68,6	13,1	0,6	Bledzki et al. (1999)
Madeira	68,4	27,6	4,9	Wan et al. (2010)
Fibra de coco	32,0	34,0	37,0	Corradini et al. (2009)
Fibra de coco	32,0	-	37,0	Rosa et al. (2010)
Casca de arroz	34,0	13,0	29,0	Hickert (2010)
Casca de arroz	45,0	19,0	19,5	Ferran (2006)
Casca de arroz	53,0	5,0	20,0	Angel et al. (2009)

Fonte: Modificado (Moura, 2014, p. 27)

3.3.1. Casca de arroz

O arroz é uma cultura bem difundida e abundante no planeta, o Brasil é o nono maior produtor de arroz, sendo Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Santa Catarina os estados que mais produzem. Segundo o ministério da agricultura, cada brasileiro

consomem em média 25 quilos de arroz anualmente, com a crescente demanda por conta do aumento populacional.

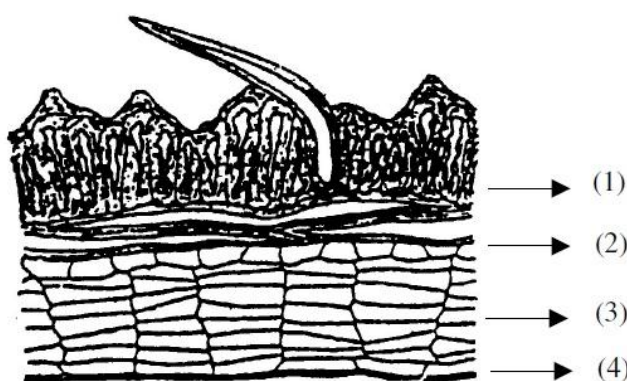
De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Cnab, 2016) os últimos dados disponibilizados pela Secex/MDIC, em novembro de 2016, foram importadas 47,6 mil toneladas de arroz, sendo apenas 1,6 mil toneladas oriundas de terceiros mercados não pertencentes ao Mercosul. Acerca das exportações, estas tiveram uma significativa expansão, passando de 80,0 mil toneladas em novembro/2014 para 186,9 mil toneladas em novembro/2015.

A casca de arroz é gerada durante o beneficiamento do arroz, conforme Azevedo et al. (2016) ela é um revestimento que protege o grão durante seu crescimento e é removida durante o refino do arroz. Conforme o mesmo autor, possui baixo valor comercial por conter elevado teor de sílica (SiO_2) e não possuir valor nutritivo.

Morfologicamente a casca de arroz é composta por quatro camadas estruturais fibrosas, esponjosas ou celulares, de acordo com Ferro (2009, p.27 e 28) são altamente silicosas, relacionando com a Figura 5 temos:

- “1) Epiderme externa, coberta com uma espessa cutícula de células silificadas onde é encontrada espícula (pêlo);
- 2) Esclerênquima ou fibra hipoderme, com paredes lignificadas e silificadas;
- 3) Célula parênquima esponjosa;
- 4) Epiderme interna com células geralmente isodiamétricas.”

Figura 5: Secção longitudinal da casca de arroz: maior concentração de sílica na epiderme externa.



Fonte: FERRO (2009)

A casca de arroz é considerada um subproduto do beneficiamento do grão de arroz, de acordo com Alonge et al. (2014) a sua composição é em torno de 32% celulose, 28% de lignina, 20% de hemicelulose e 20% de matéria inorgânica; no

percentual de matéria inorgânica 96% são compostos por sílica, óxidos de potássio, magnésio, sódio e cálcio, o restante são traços de elementos como ferro, manganês e alumínio.

A sílica da casca de arroz existe na forma opalina, conforme Ferro (2009) a opala é uma fase hidro-amorfa da sílica, a absorção de Si ocorre de forma passiva pela plantas através do solo, pois o elemento acompanha o fluxo de massa de água e penetra nas raízes como ácido monossílico (H_4SiO_4) o qual concentra-se na casca e no caule da planta por evaporação da água e finalmente polimeriza para formar a membrana sílico-celulósica.

As possibilidades de trabalho com a casca de arroz vão além da obtenção de energia, é possível a implantação deste resíduo em agregados na construção civil (produção de tijolos, aditivos em cimento Portland e em argamassas), por apresentar alto teor de sílica (SiO_2) manifesta uma resistência consideravelmente significativa, a fibra vegetal proveniente do arroz é explorada na confecção de madeira plástica, consistente na agregação de matérias-primas recicladas misturadas e transformadas em peças similares à madeira e para isolamento térmico.

Azevedo et al. (2016) elaborou compósitos a partir de casca de arroz e uma blenda constituída de Poli (butileno adipato co-tereftalato) PBAL/amido biodegradável, contendo 10, 20, 30% de casca de arroz, utilizando o processo de extrusão e misturador interno. Observou-se um aumento de 25% de resistência a tração no tratamento com 30% de casca de arroz, comparando a blenda pura. Ocorreu, também, a diminuição da temperatura no ensaio de decomposição térmica devido ao aumento de umidade nos tratamentos com a casca de arroz.

Alonge et al. (2014) elaborou painéis de alta densidade com a casca de arroz e polipropileno, pelo processo de extrusão e prensa, com os tratamentos de 10, 20, 40, 50, 60 e 70% de casca de arroz. De acordo com os ensaios mecânicos o material com 10% apresentou melhores resultados, para os ensaios físicos o material com 70% apresentou bom desempenho a tração. Com esses parâmetros os painéis produzidos podem ter utilização em pisos, revestimentos e móveis, devido a sua homogeneidade e aparência de madeira.

Chamma (2004) elaborou painéis de média densidade, com casca de arroz, casca de amendoim e embalagem multi-laminada pós-consumo, os tratamentos que apresentaram melhor desempenho foram com casca de arroz como carga de reforço, as embalagens plásticas como matriz e relação matriz/reforço de 60/40. Com esses

parâmetros os painéis produzidos podem ter utilização em forros, enchimento de portas e revestimentos decorativos.

3.3.2. Fibra de coco

As fibras naturais, além de serem fontes renováveis possuem baixo custo quando comparadas as fibras sintéticas, conforme Ishizaki (2006) a fibra de coco é uma fibra lignocelulósica obtida do mesocarpo fibroso do coco, fruto do coqueiro (*Cocos nucifera*) cultivado extensivamente nos trópicos de Câncer e Capricórnio.

Atualmente, aproximadamente 33 bilhões de cocos são colhidos em todo o mundo, apenas 15% são utilizados para o consumo alimentício (AGUNSOYE et al., 2012). De acordo com Silva et al. (2015) o Brasil possui aproximadamente 280 mil hectares cultivados com coqueiros, situados em quase todo território nacional com produção equivalente a dois bilhões de frutos.

O consumo crescente desse fruto gera uma produção de resíduo sólido formado pelas cascas fibrosas que representa de 80 a 85% do seu peso bruto, tem relevante participação econômica pelo uso culinário como “água de coco” e da polpa do seu fruto.

Conforme Dinhane (2016) o coco é formado pelo pericarpo e pela semente, o primeiro subdivide-se em epicarpo (casca verde do fruto), mesocarpo que é a parte mais desenvolvida e com muitas fibras e endocarpo que é a casca dura em torno da semente comestível. A segunda subdivide-se em tegumento, camada fina na cor marrom que protege a semente e endosperma carnoso, formado pela água e pela parte comestível sólida do coco (Figura 6).

Figura 6: Desenho esquemático das partes que compõe o coco.



Fonte: DINHANE (2016)

Machado et al. (2014) cita que a fibra de coco é de característica lignocelulósica, por isso possui alta resistência e durabilidade quando comparado com outras fibras naturais. A grande utilização no comércio nacional deve-se a sua disponibilidade, baixo custo comparadas com nanofibras sintéticas, propriedades mecânicas e termoacústicas e biodegradabilidade.

A fibra de coco é obtida pela extração ou desfibramento da casca de coco (mesocarpo) por meio de processo manual ou mecânico, após a retirada da fibra chamado de encordoador, ela é levada em um local aberto onde é espalhada no sol para secagem (JAFELICE, 2013).

A quantidade de fibra obtida de cada fruto é bastante significativa, conforme Leão (2012) o mesocarpo chega a constituir até 25% do total do fruto, portanto, sendo necessário de 13 a 15 cocos para mais ou menos um quilo de fibra. De acordo com o mesmo autor, as fibras apresentam comprimento entre 150 a 300 mm, classificadas por três tipos: a mais longa e fina conhecida como fibra branca, usada na fabricação de cordas e esteiras; uma fibra mais grossa, usada na fabricação de capachos e uma fibra mais curta que é utilizada para enchimentos de colchões.

Cravo et al. (2014) elaborou painéis de fibra de coco, casca de amendoim e utilizou resina poliuretana bi-componente à base de óleo de mamona, com relação às propriedades mecânicas esse estudo demonstrou um significativo desempenho dos painéis, atingindo parâmetros da norma ANSI A208.1-1999. Na análise térmica o ensaio de condutividade demonstrou um valor superior aos materiais isolantes orgânicos e inorgânicos, na simulação de forro para instalação avícola possibilitou a redução de radiação solar para o ambiente interno.

Agunsoye et al. (2012) elaborou painéis de baixa densidade com partículas de casca de coco em 5% a 25%, como matriz polimérica foi utilizado o polietileno. O resultado mostra que a dureza do compósito aumenta conforme o acréscimo das partículas de coco. Destaca-se o potencial da fibra como uma alternativa para o desenvolvimento de um novo compósito.

Vieira (2008) elaborou painéis de fibra de coco formando uma manta, os resultados obtidos na simulação numérica de um ambiente fechado real tiveram um comportamento adequado e suficiente com a finalidade do ambiente; provocou uma redução nos tempos de reverberação da sala (17% a 35%) e um aumento da inteligibilidade de um valor médio de 0,63 para até 0,74, um comportamento similar aos painéis de espuma que são amplamente comercializados e com custos mais elevados.

3.3.3. Polipropileno

O polipropileno (PP) também denominado como polipropeno, é um termoplástico, opaco, de cor branca, com ótimas propriedades elétricas e resistentes à fadiga, de acordo com Jafelice (2013) apresenta menor custo quando comparado a outros polímeros. Foi desenvolvido em 1954 e é utilizado em diversas aplicações como fabricação de garrafas esterilizáveis, filmes para embalagens, brinquedos, pára-choques de carros, entre outros.

Considerando o compósito polímero-fibra, de acordo com Ishizaki (2006) a matriz polimérica é responsável pela distribuição da tensão aplicada ao compósito e sua escolha é limitada pela temperatura necessária ao processamento, pois “as fibras lignocelulósicas degradam em temperaturas elevadas” (SHIIZAKI, 2006; p. 182).




Os plásticos são polímeros que em temperatura ambiente apresentam-se em estado sólido, conforme Jafelice (2013) são passíveis de ser moldados; eles podem ser divididos em dois grupos conforme suas características: os termofixos que são plásticos que não podem ser remoldados apenas pela aplicação de calor, e os termoplásticos que, se elevados a média ou alta temperatura se tornam maleáveis e podem ser remoldados, sem perder suas características originais.

Com isso a matriz polimérica mais escolhida é o polipropileno, pois possui baixa densidade, alta rigidez, propriedades mecânicas adequadas e suficiente diversidade de “grades”, além de ser facilmente processado devido à sua baixa temperatura de processamento.

Conforme Spadetti et al. (2017) o polipropileno é o polímero mais utilizado e concorrido no mercado devido a baixa temperatura de processamento, altas propriedades mecânicas, a sua cristalinidade, ponto de fusão relativamente alto, disponibilidade e custo, baixa densidade e alta rigidez.

Outra propriedade importante é a temperatura ou ponto de fusão, pois qualquer aumento acima disso pode ocasionar vibrações em cadeias químicas e ocasionar o rompimento de ligações principais, resultando em dano estrutural com perda de propriedades físicas (JAFELICE, 2013). Cada polímero tem seu tempo de fusão, conforme a Tabela 4 é possível analisar o do polipropileno.

Tabela 4: Características, propriedades e uso dos principais termoplásticos.

Termo Plásticos	Densidade (g/cm ³)	Temp. de Transição Vítreas (T _g)	Temp. de Fusão (T _m) °C	Resist. à Tração (kgf/cm ²)	Elongação (%)	Descrição
2-PEAD 	0,94 a 0,98	-100 a 125	130 a 135	152 a 786	12 a 700	Polietileno de alta densidade-engradados de bebida, baldes, garrafas para álcool, bobinas, tambores, tubos e filmes.
4-PEBD 	0,91 a 0,94	-20 a -30	109 a 125	179 a 331	150 a 600	Polietileno de baixa densidade- embalagens de alimentos, sacos industriais e sacos para lixo.
5-PP 	0,90 – 0,91	4 a 12	165 a 175	30 a 350	50 a 600	Polipropileno – embalagens para massas e biscoitos, potes de margarina, seringas descartáveis e autopeças.



Símbolo utilizado para identificar outras resinas plásticas.

Fonte: Modificado (Milagres et al., 2006, p. 464 / 463-467)

Spadetti et al. (2017) analisou as propriedades térmicas e mecânicas de compósitos de polipropileno virgem e reciclado, reforçados com até 40% de fibras de celulose. Os resultados demonstraram que os compósitos produzidos com o polipropileno virgem e reciclado, reforçados com a fibra possuem propriedades mecânicas, térmicas e morfológicas muito semelhantes.

Jafelice (2013) obteve compósitos de polipropileno e por meio de processamento mecânico com concentrações de 10, 15, 20 e 25% em massa de fibra de coco, com e sem adição de agente de acoplamento. A adição de fibra ao polipropileno provoca um acréscimo nas propriedades térmicas e mecânicas; os compósitos de PP com a fibra de coco e o agente acoplante se apresentaram como uma alternativa viável para aplicação de demanda técnica podendo substituir a alguns tipos de resina.

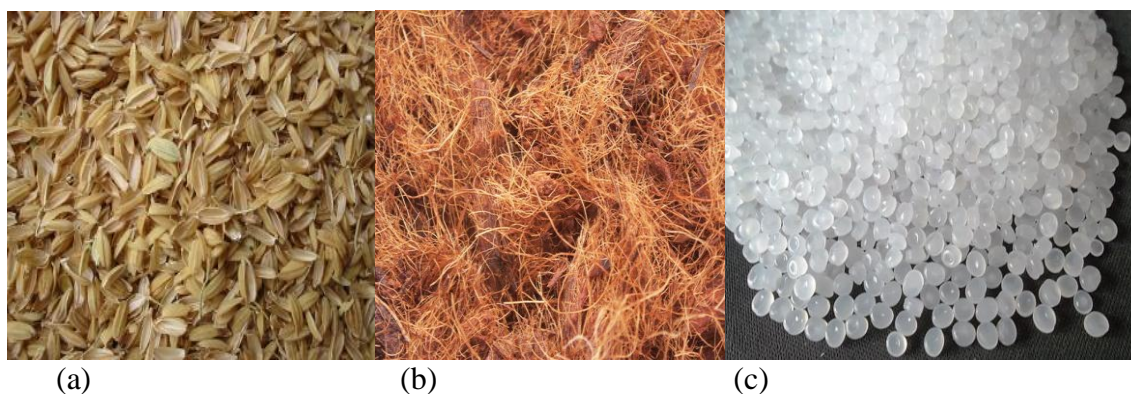
Mano (2009) estudou a incorporação de fibras de curauá em polipropileno, por extrusão seguida de injeção, variando a rotação das roscas da extrusora dupla-roscas, o teor de fibra e agente de acoplamento; os compósitos apresentaram melhores propriedades mecânicas nos ensaios de tração, flexão e impacto e atingiram um nível competitivo dos compósitos com fibras de vidro.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Materiais

Foram utilizados como materiais da fase dispersa a fibra de coco e a casca de arroz, como matriz polimérica foi utilizado o polipropileno virgem (PP); para a fase de extrusão entre a casca de arroz e o polipropileno foi funcionalizada com anidrido maleico: Epolene G-3003 Wax, da empresa Eastman (agente de acoplamento), sendo os materiais conforme a Figura 7.

Figura 7: a) Casca de arroz; b) Fibra de coco; c) Polipropileno



Fonte: a) MF Rural – www.mfrural.com.br; b) www.flores.culturamix.com; c) www.permutativre.com.br

Para a produção dos painéis foram realizadas as etapas de: coleta dos materiais; desde a secagem, mistura e extrusão foram realizadas no Laboratório RESIDUALL, Departamento de Bioprocessos – FCA – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Botucatu – SP.

Para os painéis que foram utilizados no protótipo, a extrusão do material foi executada no Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos, Departamento de Tecnologia de Alimentos – FEA – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Câmpus de Campinas – SP.

A prensagem do painel foi dividida entre ensaio piloto que foi realizado no Laboratório de Construções e Ambiência (Constrambi), Faculdade de Zootecnia e Engenharia dos Alimentos – FZEA- Universidade de São Paulo (USP), Câmpus de Pirassununga. A prensagem dos demais painéis foi realizada na empresa privada Thermo Injet, localizada na cidade de Botucatu/ SP.

O polipropileno classificado e produzido pela empresa Braskem como H107 foi fornecido pelo Laboratório de Resíduos Sólidos e Compósitos (RESIDUALL) –

FCA/UNESP. Esse polímero é utilizado como material de limpeza das máquinas de extrusão e injeção do laboratório, por apresentarem bom índice de fluidez. As características do PP, fornecidas pela Braskem se encontram na Tabela 5.

Tabela 5: Características do Polipropileno (PP-H107)

Propriedade	Valor	Unidade	Norma
Índice de Fluidez	80	g/10min.	ASTM-D1238
Densidade	0,905	g/cm ³	ASTM-D792
Módulo de Flexão	1550	MPa	ASTM-D638
Alongamento no Escoamento	8	%	ASTM-D638
Resistência a Impacto Ivod a 23°C	20	J/m	ASTM-D256
Temperatura de Deflexão Térmica a 0,455 MPa	110	°C	ASTM-D638
Temperatura de Deflexão Térmica a 1,829 MPa	57	°C	ASTM-D638
Temperatura de Amolecimento Vicat a 10N	153	°C	ASTM-D1525

Fonte: www.braskem.com.br

A fibra de coco foi adquirida da empresa Amafibra, da unidade situada em Holambra/SP, sendo sacos de aproximadamente seis quilos cada.

A casca de arroz foi recolhida na própria Fazenda Experimental Lageado (Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu), no departamento de Grãos e Cereais.

4.2. Caracterização da matéria-prima

4.2.1. Determinação da densidade e teor de umidade das partículas

A densidade aparente das partículas, conforme a literatura (PUPO, 2017) foi determinada segundo a norma SCAN-CM 46 (1996), utilizada para resíduos sólidos agroindustriais. Para o cálculo foi utilizada a Equação 1:

Equação 1 - Densidade

$$d = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Onde:

d: densidade aparente, em grama por centímetro cúbico;

m: massa de material seco, em gramas;

v: volume de material seco, em centímetros cúbicos.

Para verificar o teor de umidade utilizou-se balança de umidade SHIMADZU, mod.MOC63u, as amostras são aquecidas pela fonte de calor do infravermelho que libera a umidade.

4.2.2. Análise química das partículas

A caracterização química das partículas de casca de arroz e fibra de coco foram realizadas no Laboratório de Bromatologia, do Departamento de Zootecnia, da Faculdade de Ciências Agronômicas –FCA – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Botucatu – SP.

O ensaio de análise química das partículas foi realizado para identificar as propriedades químicas dos materiais, conforme as metodologias segundo os autores (LEÃO, 2012; HICKERT, 2010). As fibras lignocelulósicas são constituídas, basicamente, por celulose, hemicelulose e lignina, além de compostos inorgânicos como na casca de arroz, as cinzas e a determinação desses constituintes é importante para caracterizar as propriedades térmicas e mecânicas dos materiais.

O processo laboratorial consiste na dissociação, ou seja, quebra das ligações entre a celulose, hemicelulose e lignina, pois as fibras são submetidas a uma hidrólise ácida que ocorre a modificação estrutural da lignina e a dissociação da hemicelulose, diminuindo o tamanho das partículas das fibras lignocelulósicas.

Para determinação dos teores de extrativos as amostras serão submetidas á extração com etanol a fim de remover pigmentos, corantes, taninos, flobafenos e estilbenos, entre outros; o etanol possui alta polaridade, sendo assim serão removidos os

compostos polares dos materiais. A extração também será feita com água, que é provável a remoção de carboidratos, proteínas, sais orgânicos, entre outros compostos.

4.2.3. Granulometria

A distribuição em tamanho das partículas determinada para a casca de arroz foi realizada utilizando a peneira vibratória, da marca Produtest, modelo comercial.

Foi separada uma amostra de 100 gramas e peneirada em peneira vibratória comercial (Figura 8) seguindo a norma ABNT – NBR NM 248-2003 (Associação Brasileira de Normas Técnicas), com malhas de 3,35 mm, 2 mm, 1 mm, 0,85 mm, 0,50 mm, 0,425 mm, 0,250 mm, 0,212 mm, 0,125 mm e 0,105 mm.

Figura 8: Peneira Vibratória



Fonte: Autora.

Conforme a distribuição em tamanho de partículas foi obtido o módulo de finura e a dimensão máxima da casca de arroz, o módulo de finura é dado pela Equação 2:

Equação 2 – Módulo de finura

$$MF = \frac{\sum PRA}{100} \quad (2)$$

Onde:

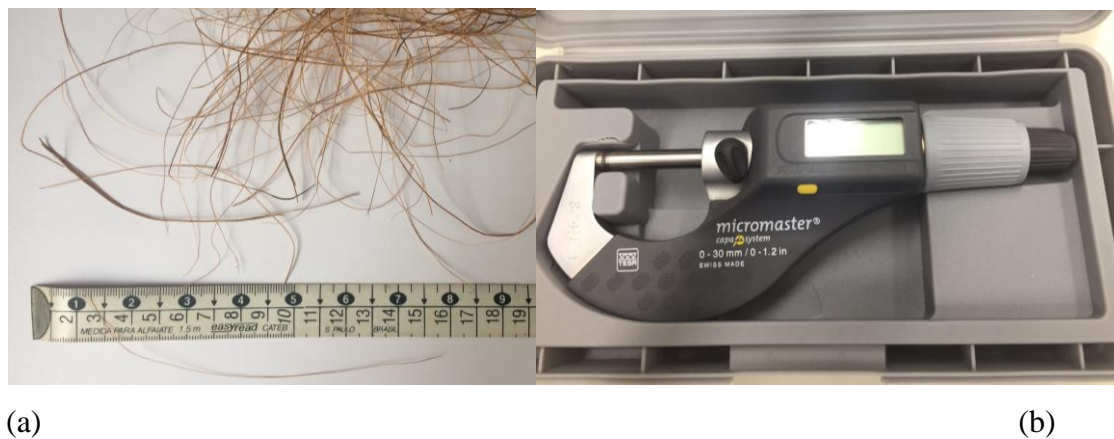
MF: módulo de finura;

PRA: porcentagem retida acumulada (%).

A dimensão máxima, por definição, é dada pela abertura da peneira que apresenta o maior valor de porcentagem retida acumulada não superior a 5%.

Para a fibra de coco foram separadas 100 amostras e feitas aferições de comprimento com uma fita métrica Easy Read, marca CATEB (figura 9a) e o diâmetro definido pelo micrômetro digital, com abertura de 0-30 mm/ 0-1.2in, da marca Micromaster, (figura 9b). Utilizou-se o método estatístico de comparação de médias o teste de Tukey, com 95% de probabilidade.

Figura 9: a) Fita métrica e fibra de coco; b) Micrômetro marca Micromaster.



Fonte: Autora

4.3. Produção dos Painéis

4.3.1. Preparo das matérias-primas

A casca de arroz é um resíduo da agroindústria, na Fazenda Experimental Lageado (UNESP) campus de Botucatu é descartada por dutos que são ligados aos moinhos de beneficiamento e jogadas sobre uma lona na área externa, totalmente exposta

a intempéries climáticas (umidade, chuva e vento) sendo que as mesmas são depositadas com alto valor de umidade, com aproximadamente 40%.

Já a fibra de coco, conforme o representante descreve na embalagem, pode vir com até 80% de umidade, pois a fibra de coco da empresa Amafibra é destinada para fins agrários como adubo de plantio.

De acordo com Chamma (2004) o teor de umidade das partículas na prensagem de um painel formado pelo compósito polipropileno e casca de arroz, como agente de acoplagem o anidrido maleíco, deve situar entre 3 a 6%. A fim de atingir esse percentual a fibra de coco e a casca de arroz foram depositadas na estufa marca MARCONI (Figura 10 a) com temperatura e tempo determinados conforme a Tabela 6, a fim de atingir o percentual recomendado.

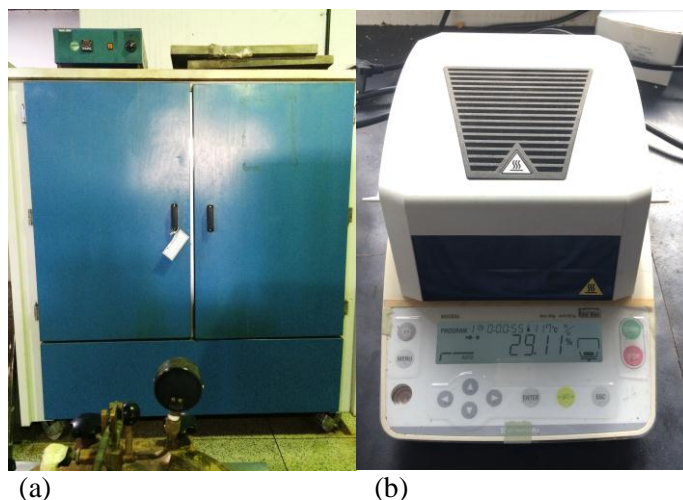
O controle de umidade foi executado por aferições na balança de umidade SHIMADZU, mod.MOC63u (Figura 10b), a cada 24 horas e em um sistema de média (a cada aferição foram selecionadas cinco bandejas da estufa, ou seja, cinco amostra do material).

Tabela 6: Secagem dos materiais: fibra de coco e casca de arroz

Material	Tempo	Temperatura
Fibra de coco	72 h	70° a 80°C
Casca de arroz	48 h	60° a 70°C

Fonte: Autora.

Figura 10: a) estufa mod. MARCONI; b) balança de umidade SHIMADZU, mod.MOC63u



Fonte: Autora

Segundo Jafelice (2013) é necessário o uso de aditivo como agente de acoplagem para melhor interação entre o polímero e a fibra, então foi acrescido de 2% de aglutinante anidrido maleico.

Na Tabela 7 as siglas correspondem: PP: polipropileno; CA: casca de arroz; FB: fibra de coco e AG: aglutinante, para cada tratamento foram feito 4 repetições, e a Tabela 8 representa em peso (gramas) os tratamentos.

Tabela 7: Porcentagem dos tratamentos

TRATAMENTOS	PP	CA	FC	AG
1	60%	30%	10%	2%
2	50%	35%	15%	2%
3	30%	45%	25%	2%
4	20%	50%	30%	2%

Fonte: Autora

Tabela 8: Peso dos tratamentos

TRATAMENTOS	PP	CA	FC	AG
1	529,2 g	264,6 g	88,2 g	15,8 g
2	441,0 g	308,7 g	132,3 g	14,9 g
3	264,6 g	396,9 g	220,5 g	13,2 g
4	176,4 g	441,0 g	264,6 g	12,3 g

Fonte: Autora.

Conforme a norma e o cálculo de densidade a classificação para o painel foi de baixa densidade; com medidas de 40x40 cm e 1 centímetro de altura; peso de 882,0 g; houve acréscimo de 10% em caso de perda no processo de extrusão.

Segundo a norma ANSI A208.1-199 (American National Standard) a densidade dos painéis aglomerados de madeira são classificados em:

- Alta densidade: acima de 0,80 g.cm³
- Média densidade: entre 0,64 – 0,80 g.cm³
- Baixa densidade: abaixo de 0,64 g.cm³

4.3.2. Processamento das matérias-primas

O processo de execução do painel foi definido em duas partes conforme os materiais:

1) Casca de arroz e polipropileno: Secagem, separação, pesagem, homogeneização, extrusão, granulagem e prensagem;

2) Fibra de coco: Secagem, separação, pesagem e prensagem.

Essa definição foi estipulada pelo tipo de painel adotado e conforme ensaios pilotos foi elaborado um painel de multicamadas, sendo tri-camadas: as camadas externas em material extrudado (casca de arroz e polipropileno) e a camada interna com o colchão da fibra de coco; unindo ao parâmetro de baixa densidade esse painel foi elaborado para o conforto térmico.

A mistura dos materiais de casca de arroz e PP foi realizada em um homogeneizador de hélices (Figura 11) durante 2 minutos, após os materiais foram dispostos em um saco plástico para o processo de extrusão.

Figura 11: a) Homogeinizador; b) Casca de arroz e polipileno no misturador.



Fonte: Autora

O processo de extrusão consiste em passar um ou mais materiais por um eixo de alta, média ou baixa pressão e temperatura, de maneira que mude o estado físico do material e o transforme em filetes que lembram macarrões; após esse processo o material pode ser injetado ou prensado. Para o projeto a finalidade é a homogeneização

dos materiais, pois o polímero apresenta-se em forma sólida e granulada; se utilizado nesse estado para a prensagem o painel não ficaria homogêneo.

Os materiais foram extrudados a uma temperatura média de 145° a 160° (Tabela 9), com entrada única para o polímero e a fibra; foi utilizado a extrusora KRUPP WERNER & PFLEIDERER, mod. ZSK-25, (extrusora dupla-rosaca, co-rotatória, com rotação de 100 rpm, alimentação manual, Figura 12).

Tabela 9: Dados da operação na extrusora, mod. ZSK-25

Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	rpm	Torque (%)
145°C	150°C	150°C	150°C	160°C	80	30

Fonte: Autora

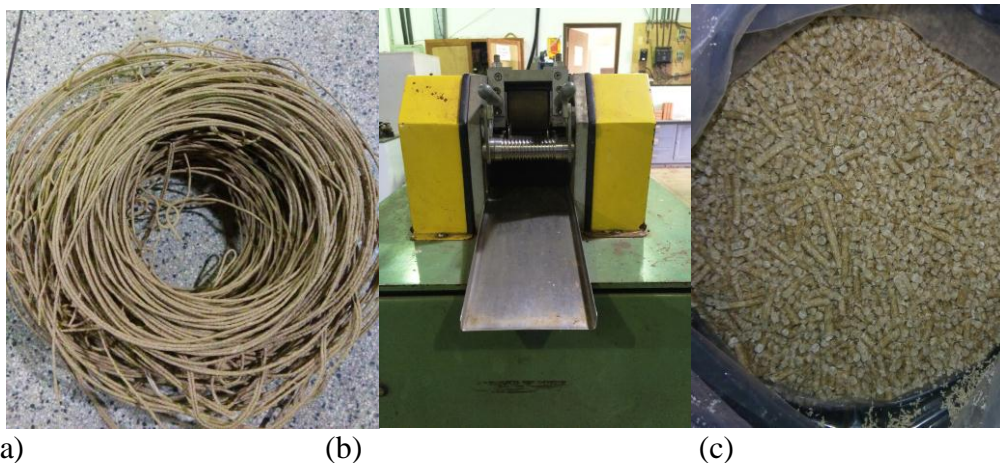
Figura 12: Extrusora KRUPP WERNER & PFLEIDERER, mod. ZSK-25 (UNESP, Câmpus de Botucatu)



Fonte: Autora.

Após o material sair da extrusora, com aparência de macarrões (Figura 13a), foram passados em um granulador SAGEC, mod. SG70 (Figura 13b) com a finalidade de moer e deixar em tamanho uniforme, conforme a Figura 13c.

Figura 13: a) Material extrudado: macarrão; b) Granulador SAGEC; c) Material granulado.



Fonte: Autora

4.3.3. Processo de prensagem do painel

A elaboração do painel consiste em duas camadas externas do material extrudado e a camada interna em fibra de coco longa, sem tratamento.

No processo de prensagem três fatores são fundamentais, conforme Chamma (2004): tempo, temperatura e pressão; o tempo de prensagem é o tempo decorrido entre o momento que os pratos da prensa atingem os espaçadores até o momento em que a prensa é reaberta, nesse tempo ocorre a transferência de calor para o centro do painel e a liberação de umidade pelo vapor. A temperatura é uma variável básica para alcançar a densidade, espessura e uniformidade, quando se adota baixa temperatura na prensagem de um painel é necessário aumentar a pressão a fim de obter maior área de contato entre as partículas de um painel; já a temperatura mais alta ocorre mais rápida a transferência de calor da superfície para o miolo do painel. A pressão influencia sobre a área de contato do material na obtenção de maior resistência do painel, já a utilização de espaçadores auxiliam na definição da espessura do painel, pois a pressão também é transferida para os espaçadores.

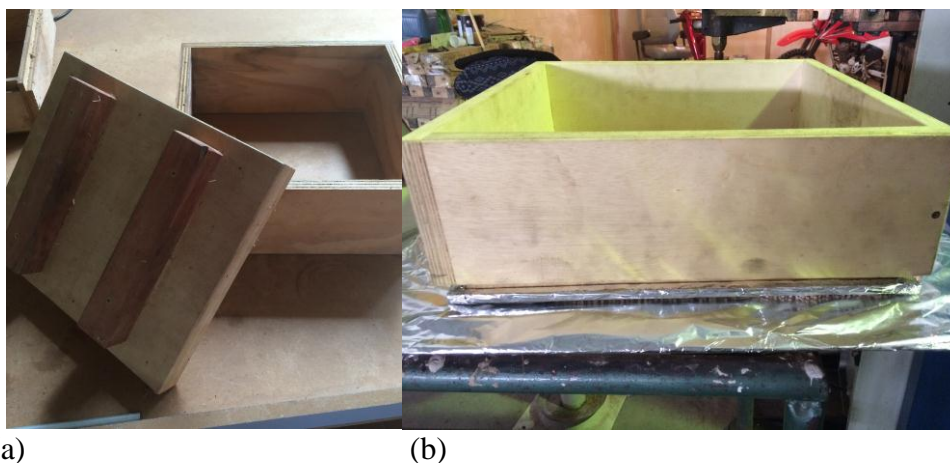
Para definir esse fatores na elaboração do painel, foram feitas pesquisas a literatura de autores que elaboraram painéis com fibras e polímeros, Mendes (et al, 2008) definiu a temperatura a 180°C, tempo de 8 minutos e pressão de 40 kgf/cm²; Pupo (2012) definiu a temperatura a 200°C, tempo de 10 minutos e pressão de 32 kgf/cm², Alonge (et al, 2014) definiu a temperatura a 170°C, tempo de 5 minutos e pressão de 100 kgf/cm² e Milagres (et al, 2006) definiu a temperatura a 190°C, tempo de 6 minutos e pressão de 32 kgf/cm² e ensaios pilotos para definir os parâmetros.

Após serem realizados alguns ensaios preliminares foi definido a moldagem dos painéis com uma temperatura de 190°C, tempo de 15 minutos, pressão de 50 kgf/cm². Após a retirada do painel da prensa, ele permaneceu em descanso durante 15 minutos para o resfriamento do polímero e evitar deformações.

O material extrudado foi pesado e dividido em duas partes iguais, metade foi colocado em uma caixa formadora (Figura 14a) para o preparo do molde, essa caixa é disposta sob uma chapa de metal forrada por papel alumínio e folha celofane (Figura 14b), a fim de garantir que o painel não irá grudar na chapa, o mesmo foi feito com os espaçadores.

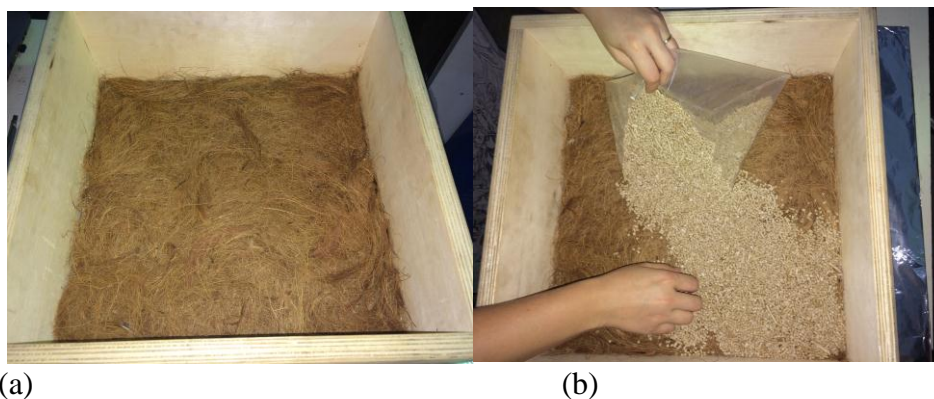
Para o miolo e finalizar com o restante do material (Figura 15 e 16), foi preciso prensar a fibra de coco sozinha, devido a sua baixa densidade ela forma um alto volume e vãos que quando o material é depositado em cima do painel acaba penetrando na fibra de maneira uniforme; quando foram realizados os ensaios pilotos a parte superior não atingiu uniformidade cobrindo apenas algumas áreas do painel.

Figura 14: a) Caixa formadora; b) Caixa formadora com chapa e espaçador.



Fonte: Autora

Figura 15: a) Segunda camada do painel: fibra de coco prensada; b) Terceira camada: material extrudado



Fonte: Autora

Figura 16: a) Finalização da montagem do painel; b) Colchão pronto para ir na prensa.



(a)
Fonte: Autora

(b)

O colchão foi encaminhado para a prensa hidráulica de laboratório OMECO (Figura 17) com fechamento simples, aquecimento elétrico, ajuste independente da temperatura dos dois pratos (60x60 cm) e controle analógico da pressão aplicada.

Figura 17: Prensa hidráulica OMECO.



Fonte: Autora.

Na prensa juntamente com o colchão foram colocados duas chapa (uma superior e outra inferior) e um espaçador metálico com 1 cm de espessura, com função de limitar

a espessura do painel no momento da prensagem. Ao término da prensagem a abertura da prensa foi realizada automaticamente.

Após o resfriamento os painéis foram armazenados em sacos e lacrados para proteção de umidade, a fim de realizar os ensaios térmicos, mecânicos e físicos, conforme o tratamento os painéis responderam a uniformidade.

4.4. Caracterização dos painéis: ensaios físico-mecânicos e térmicos

Para a análise das propriedades físicas e mecânicas dos painéis foi utilizado como referência a norma ABNT NBR 14810 (2013) e a norma ASTM D1037/06a (ASTM, 2009), utilizadas para *Chapas de madeira aglomerada*. Foram realizados no Laboratório de ensaios de materiais (LEM), Departamento de Engenharia Rural – FCA- Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Botucatu-SP.

Para as análises térmicas foi utilizada a norma ASTM E1530 (ASTM, 2011), a análise da resistência à transmissão térmica dos painéis foi realizada no Laboratório de Construções rurais e ambiência (Constrambi), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA- Universidade de São Paulo (USP), Câmpus Pirassununga-SP.

A análise micro morfológica de Microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada no Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA- Universidade de São Paulo (USP), Câmpus Pirassununga-SP.

Os ensaios analisados: flexão estática, densidade, absorção de água e inchamento, microscopia eletrônica de varredura e condutividade térmica; os corpos de prova necessários para os ensaios foram mapeados e extraídos conforme a Figura 18, essa figura ilustra as dimensões em milímetros.

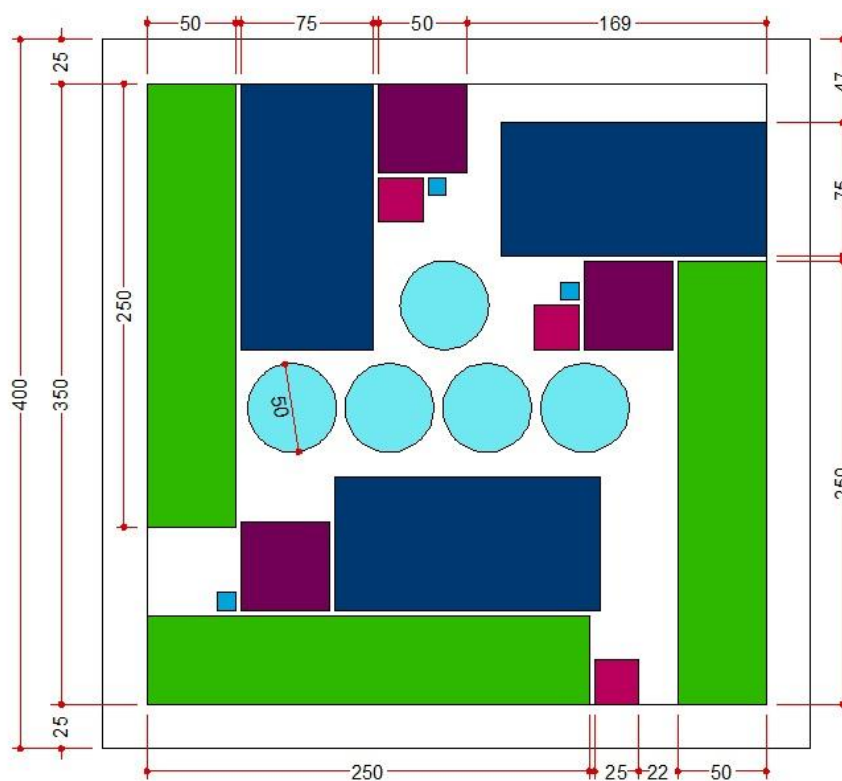
Na Tabela 10 consta a dimensão, conforme as normas e quantidade dos corpos de prova por tratamento, as siglas representam: Ensaio Físico (EF), Ensaio Mecânico (EM), Ensaio Térmico (ET) e Microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Tabela 10: Dimensão e quantidade dos corpos de prova

ENSAIOS	COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	QUANTIDADE
Densidade (EF)	50	50	10
Inchamento (EF)	25	25	10
Absorção de água (EF)	25	25	10
Flexão estática (EM)	250	50	10
Arrancamento Parafuso (EM)	150	75	10
Condutividade térmica (ET)	Ø50	-	3
MEV	10	10	3

Fonte: Norma ABNT 14.810: 2013, adaptado.

Figura 18: Mapeamento do painel



Fonte: Autora.

LEGENDA

- Flexão estática
- Densidade
- Microscopia eletrônica de varredura
- Absorção de água e Inchamento
- Arrancamento parafuso superfície
- Condutividade térmica

4.4.1. Ensaios Físicos

Para cada painel (quatro de cada tratamento) foram retirados cinco corpos de prova referentes ao tipo de ensaio: Inchamento, absorção de água e densidade; para a medição do comprimento e da largura foi utilizado um paquímetro digital STARRETT, 727 ME-6"/150 mm, com sensibilidade de 0,01 mm. A medição da espessura foi realizada com um micrômetro digital MICROMASTER 85161302-0-30 mm/0-1,2 in, com sensibilidade de 0,001 mm.

4.4.1.1. Densidade

Para o ensaio de densidade os corpos de prova foram aferidos em cinco pontos do corpo de prova, conforme a norma NBR:14810 (2013) com o uso do paquímetro digital, assim determinar as medidas (comprimento x largura x espessura) e calcular o volume (Figura 19a).

Após determinar o volume dos corpos de prova, esses foram pesados em uma balança semi analítica centesimal, marca OHAUS, modelo ARC120 (Figura 19b).

Figura 19: a) Aferição das medidas do corpo de prova; b) Pesagem do corpo de prova.



(a)

(b)

Fonte: Autora

Com os dados de massa e volume foi determinada a densidade utilizando a Equação 3. O resultado deve ser a média das densidades dos corpos de prova, e quilogramas por metro cúbico e com exatidão de 1kg/m^3 .

Equação 3 - Densidade

$$D = \frac{M}{V} * 1000000 \quad (3)$$

Onde:

D: densidade do CP em kg/m³;

M: massa do CP em g;

V: volume do CP em mm³.

4.4.1.2. Inchamento em espessura e absorção de água após 2 horas de imersão

Para o ensaio de inchamento em espessura, os corpos de prova foram saturados em água destilada a 20°C, por 2 horas (Figura 20). Após esse período, os corpos de prova foram retirados da água e mantidos na posição vertical, para secagem superficial, e na sequência pesados e medidos (em quatro pontos diferentes do corpo de prova), conforme a norma NBR 14810 (2013), por uma balança eletrônica, marca MARTE, modelo AY220, Figura 20a.

Figura 20: a) Corpos de prova submersos em água destilada; b) Pesagem inicial do corpo de prova.



(a)

(b)

Fonte: Autora

O inchamento em espessura, após 2 horas de imersão, foi calculado segundo a Equação 4:

Equação 4 – Inchamento 2h

$$I_{2h} \left[\frac{e_2 - e_1}{e_1} \right] * 100 \quad (4)$$

Onde:

- I_{2h} : inchamento dos corpos de prova após 2 horas de imersão (%);
- e_1 : espessura inicial dos corpos de prova acondicionados, antes da imersão (mm);
- e_2 : espessura dos corpos de prova após 2 horas de imersão (mm).

Para o ensaio de absorção de água foi determinada a massa dos corpos de prova, antes e após as 2 horas de imersão em água, expressa pela seguinte Equação (5):

Equação 5 – Absorção de água 2h

$$A_{2h} \left[\frac{m_2 - m_1}{m_1} \right] * 100 \quad (5)$$

Onde:

- A_{2h} : absorção após 2 horas de imersão (%);
- m_1 : massa inicial dos corpos de prova (g);
- m_2 : massa dos corpos de prova após 2 horas de imersão (g).

4.4.1.3. Inchamento em espessura e Absorção após 24 horas de Imersão

Para determinar o inchamento em espessura e da absorção de água após 24 horas de imersão, os corpos de prova foram retirados da água, ao final desse período, e mantidos na posição vertical (Figura 21a), para secagem superficial e, na sequência pesados e medidos por um paquímetro digital, marca MTX, modelo 316119 (Figura 21b).

Figura 21: a) Corpos de prova em secagem superficial; b) Aferição do corpo de prova.



(a)

(b)

Fonte: Autora

O inchamento em espessura, após 24 horas de submersão, foi calculado pela seguinte Equação (6):

Equação 6 – Inchamento 24h

$$I_{24h} \left[\frac{e_2 - e_1}{e_1} \right] * 100 \quad (6)$$

Onde:

- I_{24h} : inchamento dos corpos de prova, após 24 horas de imersão (%);
- e_1 : espessura inicial dos corpos de prova acondicionados, antes da imersão (mm);
- e_2 : espessura dos corpos de prova, após 24 horas de imersão (mm).

Para o ensaio de absorção de água após 24 horas de imersão, foi utilizada a seguinte Equação (7):

Equação 7 – Absorção de água 24h

$$A_{24h} \left[\frac{m_2 - m_1}{m_1} \right] * 100 \quad (7)$$

Onde:

- A_{24h} : absorção após 24 horas de imersão (%);
- m_1 : massa inicial dos corpos de prova (g);
- m_2 : massa dos corpos de prova, após 24 horas de imersão (g)

4.4.2. Ensaios Mecânicos

Para cada painel (sendo quatro de cada tratamento) foram retirados cinco corpos de prova referentes ao tipo de ensaio: Flexão estática e arrancamento de parafuso superfície.

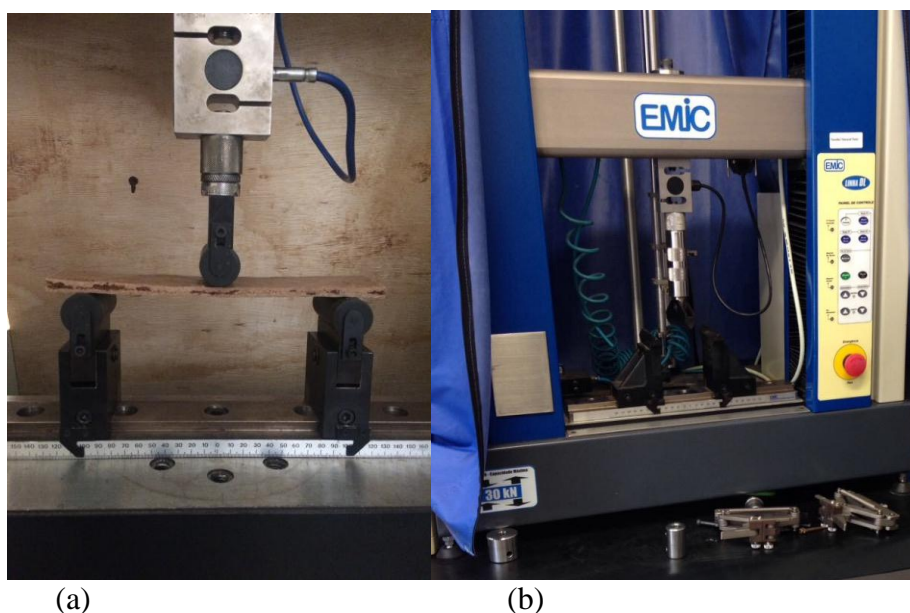
4.4.2.1. Flexão Estática

O ensaio de flexão foi realizado de acordo com a norma da ABNT NBR 14810: 2013. Com base na referida norma, os corpos de prova foram confeccionados com 1 cm de espessura, 5,0 cm de largura e 25,0 cm de comprimento, foram confeccionados 10 corpos de prova de cada tratamento.

Primeiramente foi necessário aferir as medidas do corpo de prova, em comprimento, largura, centro e a partir dessa medida delimitar as extremidades onde, o corpo de prova se encaixa nos apoios da máquina universal (Figura 22 a); de acordo com a norma acima, a velocidade ajustada na máquina foi de 6 mm/min.

Os ensaios de flexão foram realizados em uma Máquina Universal de Ensaios Servo-hidráulica, marca EMIC, modelo DL-10000 MF, com capacidade de 100 kN, pertencente ao Laboratório de ensaios de materiais (LEM), Departamento de Engenharia Rural – FCA- Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Botucatu-SP., conforme a Figura 22b.

Figura 22: a) Corpos de prova posicionado para ensaio; b) Máquina de ensaio de flexão estática EMIC



Fonte: Autora.

A partir do ensaio de flexão estática, serão obtidos os valores para o módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR), que são dados pelas equações abaixo:

Equação 8 – Módulo de elasticidade

$$MOE = \frac{P * l^3}{48 * f * I} \quad (8)$$

Onde:

P: carga (MPa);

l: distância entre apoios (mm);

f: deformação (mm);

I: momento de inércia (para seções retangulares $I=b.h^3/12$).

onde *b* é a largura e *h* é a espessura do corpos de prova.

Equação 9 – Módulo de ruptura

$$MOR = \frac{1,5 * P * l}{b * h^2} \quad (9)$$

Onde:

P: força de ruptura (N);

l: distância entre apoios (mm);

b: largura do corpo de prova (mm);

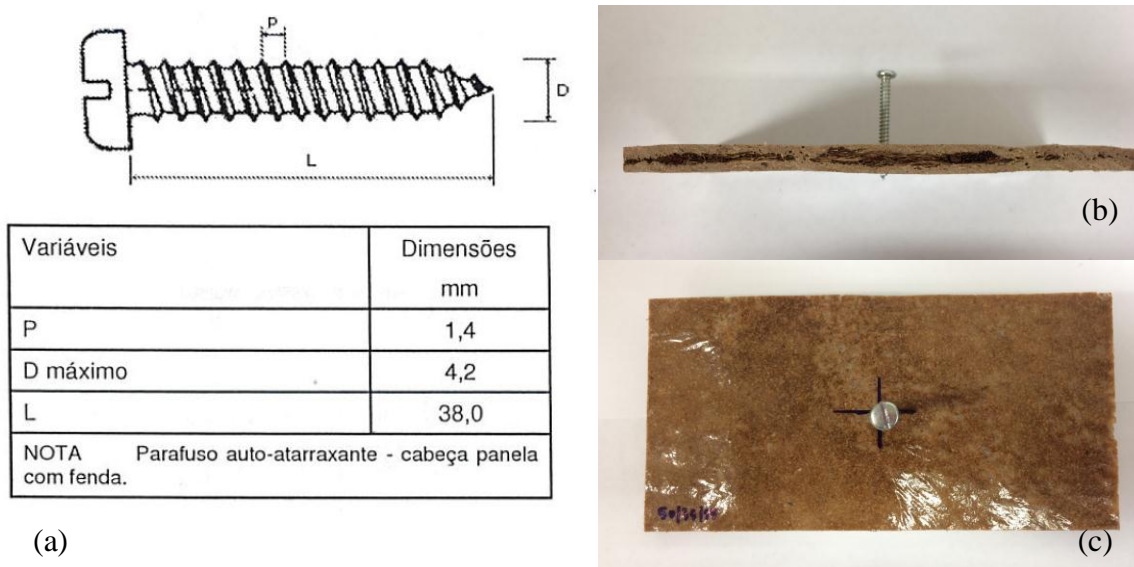
h: espessura do corpo de prova (mm).

4.4.2.2. Arrancamento de parafuso na superfície

Para o ensaio de arrancamento de parafuso tomou-se por referência a norma NBR 14810 (2013), pela referida norma os corpos de prova foram confeccionados com 7,5 cm de largura e 15,0 cm de comprimento; sendo 10 corpos de prova para cada tratamento.

De acordo com a norma referida foi necessário perfurar o corpo de prova com o auxílio de uma broca de 2,8 mm de diâmetro, centrado na superfície do corpo de prova. Foi utilizado um parafuso auto-atarraxante, cabeça panela com fenda de 4 mm (Figura 23).

Figura 23: a) Dimensão e tipo do parafuso a ser utilizado no ensaio; b) e c) Posicionamento do parafuso



Fonte: Norma da ABNT NBR 14810 (2013); b) e c) Autora.

Os ensaios foram realizados em uma Máquina Universal de Ensaio Servo-hidráulica, marca EMIC, modelo DL-10000 MF, com célula de carga de 5kN, velocidade de 15min / mm, pertencente ao Laboratório de ensaios de materiais (LEM), Departamento de Engenharia Rural – FCA- Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Botucatu-SP., conforme a Figura 24.

Figura 24: Ensaio arranchamento de parafuso de superfície.



Fonte: Autora.

4.4.3. Ensaios Térmicos: resistência térmica e condutividade térmica

Para o ensaio de avaliação da resistência à transmissão térmica foram retirados três corpos de prova de cada painel e realizado de acordo com a norma ASTM E1530 (ASTM, 2011).

Com base na referida norma, os corpos de prova foram confeccionados com 5,0 cm de diâmetro e 1 cm de espessura, como indicados no mapeamento. Essas amostras foram revestidas na parte superior e inferior com uma pasta térmica visando reduzir a resistência entre a amostra e o equipamento (Figura 25 b).

Figura 25:a) Corpo de prova no equipamento de ensaio, com pasta térmica; b) Equipamento DTC 300 para transmitância térmica.



(a)

(b)

Fonte: Autora.

Os ensaios para a avaliação da resistência à transmissão térmica foram realizados no equipamento de Determinador de Condutividade Térmica, modelo:DTC 300, Marca TA Instruments, com faixa de medição do equipamento: 0,1 – 40 W/m.K (Figura 25 a), pertencente ao Laboratório de Construções rurais e ambiência (Constrambi), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP, Câmpus Pirassununga-SP.

A condutividade térmica e a resistência térmica foram determinadas conforme a equação (10):

Equação 10 – Resistência térmica

$$R_s = \frac{e}{\lambda} \quad (10)$$

Onde:

R_s : resistência térmica da amostra m^2K/W ;

e : espessura da amostra m ;

λ : condutividade térmica w/Mk .

4.4.4. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A Microscopia Eletrônica de Varredura é usada para o estudo de estruturas superficiais ou sub-superficiais de amostras com dimensões relativamente grandes, produzindo imagens de alta resolução. O ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) é para analisar a morfologia dos painéis, agrupamentos das fibras, homogeneização do polímero com as fibras.

Foram retirados três corpos de prova de cada painel, analisados no equipamento Marca HITACHI, modelo Analytical Table Top Microscope TM3000 (Figura 26), realizado no Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA- Universidade de São Paulo (USP), Câmpus Pirassununga-SP.

Figura 26: Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).



Fonte: Autora.

Para esse ensaio foi realizado o procedimento de embutimento das amostras (Figura 27), que consiste em embutir a amostra em resina epóxi com acelerador, após o

processo de cura (24 horas) a amostra foi cortada, lixada e polida. Como os compósitos foram formulados com polímeros, se forem preparados *in natura* eles criam uma película impenetrável para a microscopia, gerando imagens lisas.

Figura 27: Embutimento das amostras.



Fonte: Autora.

O processo de embutimento das amostras foi realizado no Laboratório de Construções rurais e ambiência (Constrambi), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP, Câmpus Pirassununga-SP.

4.4.5. Delineamento estatístico e análises

O delineamento experimental realizado para as variáveis de Densidade, Flexão Estática (MOR e MOE), Arrancamento de parafuso e avaliação da resistência e condutividade térmica foi utilizado Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Como o fator estudado é qualitativo as diferenças entre as médias foram realizadas pela análise de variância ANOVA, ($p < 0,05$). Para as variáveis de Inchamento 2 e 24 h e Absorção 2 e 24 h, foi utilizado delineamento em fatorial (4 x 2, sendo 4 tratamentos e 2 tempos de análise), para as médias dos tratamentos foi adotado o teste de comparação de média ANOVA ($p < 0,05$). O software utilizado para a interpretação dos dados foi o Minitab, versão 17.1.0.

4.5. Características dos protótipos

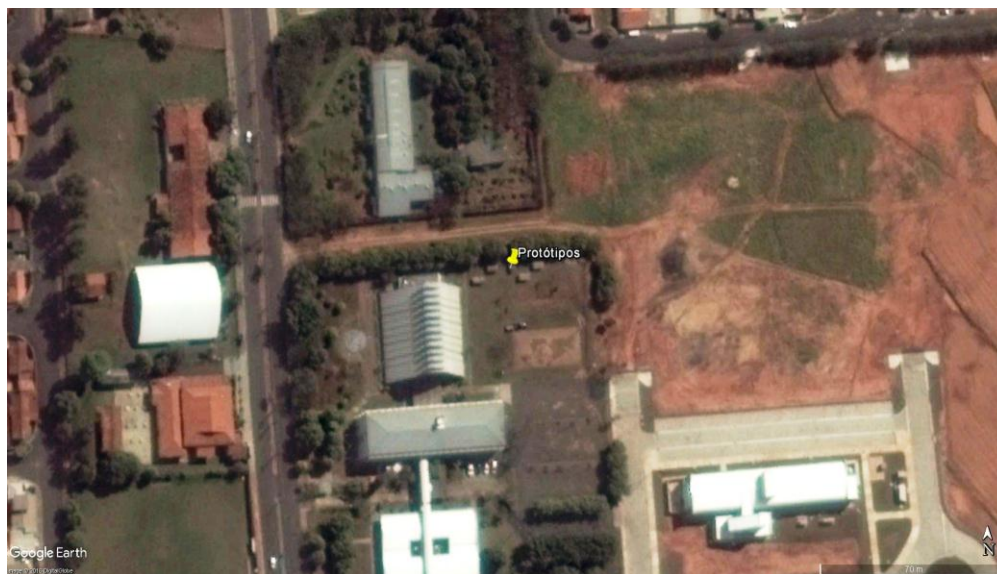
A segunda parte da pesquisa consiste em analisar o desempenho dos painéis *in locu*, que foram instalados como forro dos protótipos de aviário. Os protótipos são galpões de tamanho reduzido nas mesmas proporções de galpões convencionais. Para realizar a pesquisa foram adotadas as tipologias:

- Vedação em alvenaria e fechamento com tela metálica, cobertura com telha de fibrocimento e sem uso de forro;
- Vedação em alvenaria e fechamento com tela metálica, cobertura com telhas de fibrocimento e uso de forro com os painéis.

4.5.1. Projeto Arquitetônico

Os protótipos estão situados na Faculdade de Ciências Engenharia (FCE), Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Tupã. Foram executados na orientação leste-oeste, construídos dispostos um ao lado do outro com um espaço suficiente para circulação e manejo (Figura 28). O clima da região é tipo Cwa (Clima tropical de altitude) segundo a classificação de Köppen, estação seca bem definida durante o inverno, com temperatura média anual de 24,5°C e precipitação pluviométrica média anual de 1364.9 mm.

Figura 28: Implantação espacial dos protótipos.



Fonte: Google Earth.

Foi determinado e executado o processo construtivo:

- Base: tipo radier e nessa composição são utilizados cimento, cal, pedra, areia e tela tipo 'pop', finalizando o piso em argamassa desempenada.
- Vedação: em alvenaria com tijolo maciço, sem acabamento (como reboco ou pintura);
- Fechamento do aviário em tela metálica, tipo alambrado;

- Estrutural: o sistema foi feito em alvenaria auto-portante, foram feitas amarrações com o tijolo maciço;
- Cobertura: a sustentação com caibros e ripas de madeira e coberto com telha tipo fibrocimento.

As dimensões adotadas para o protótipo foram baseadas no projeto real de um aviário (Tabela 10) e a planta-baixa do galpão sem escala (Figura 29 e 30), com suas respectivas cotas, a Figura 31 representa a elevação frontal e a Figura 32 a lateral do galpão.

Tabela 11: Dimensões adotadas para o modelo reduzido em escala distorcida.

Escala	1:1 (real)	1:10 (horizontal)	1:2 (vertical)
Largura	14,00 m	1,70 m	-
Comprimento	30,00 m	3,20 m	-
Pé direito	3,00 m	-	1,60 m
Altura mureta	0,20 m	-	0,25 m

Fonte: Diogo Sartori.

Figura 29: Planta baixa do aviário.



Fonte: Autora

Figura 30: Planta baixa de forro.



Fonte: Autora.

Figura 31: Elevação frontal.



Fonte: Autora.

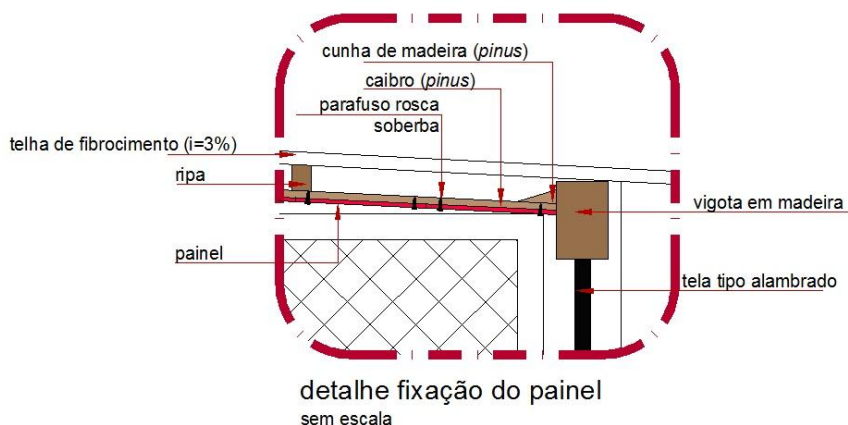
Figura 32: Elevação lateral.



Fonte: Autora.

A Figura 33 apresenta um detalhe, em corte para mostrar a fixação do painel no galpão.

Figura 33: Fixação do painel no galpão.



Fonte: Autora

4.5.2. Aferições dos Índices de Conforto em Ambiência no interior dos protótipos

Com os protótipos concluídos, foram instalados os forros para aferir a qualidade do ambiente. Foram utilizados equipamentos pertinentes à área de conforto em ambiência, como:

- Dataloggers HOBO- U12- 012 (Onset) com canal externo para sensor de temperatura TMC 0- HD (Onset);

- Para aferição da Temperatura de Globo Negro (Tgn) foi acoplado um termistor, através de um cabo de entrada externa, colocado dentro de uma esfera oca pintada externamente com tinta preta fosca;
- Câmera termográfica Marca Testo, modelo 882: fornecer imagem térmica do ambiente.

Os termômetros e data loggers foram instalados na região central dos protótipos a uma altura de 0,30 cm do piso, pois o centro de gravidade das aves corresponde a essa altura (CRAVO, 2012), os dados foram registrados a cada 15 minutos. A leitura dos dados ambientais foi realizada durante o dia 15 de Julho de 2017 ao 01 de agosto de 2017, estação de inverno.

Foram coletados dados de temperatura ambiente, umidade relativa e temperatura de globo negro, correspondendo aos horários de 8h00min, 12h00min, 14h00min e 16h00min, já a temperatura superficial do forro e da telha foram coletadas por imagens feitas pela câmera termográfica, executadas nos dias 29, 30 e 31 de Julho a 01 de Agosto, nos horários: 8h00mim, 12h00mim e 16h00mim.

4.5.3. Determinação dos índices de conforto térmico

Os índices de conforto térmico estabelecem um método para que haja a possibilidade de avaliar um determinado ambiente por meio das diversas variáveis climáticas existentes.

O ambiente construído foi para efetuar aferição dos índices de conforto térmico, neste sentido a análise foi feita por instrumentos de medição e tabelas comparativas. Para as variáveis dos índices térmicos foi utilizado delineamento em fatorial (2 x 4, sendo 2 protótipos e 4 horários de análise), para as médias dos tratamentos foi utilizado Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e adotada a análise de variância ANOVA, ($p < 0,05$). O software utilizado para a interpretação dos dados foi o Minitab, versão 17.1.0. Utilizou-se o programa Orvalho para avaliar os índices de conforto ITU e ITGU considerando as aves na fase acima de três semanas de vida.

Para isso foi processado a coleta de temperatura ambiente, umidade relativa e temperatura de globo negro. Essas coletas foram feitas no mês de Julho e Agosto, para certificar a qualidade dos painéis em dias de inverno ou temperaturas baixas.

4.5.4. Cálculo dos Índices de conforto térmico

Realizaram-se as seguintes medições: temperatura de bulbo seco (Tbs), temperatura de bulbo úmido (Tbu), temperatura de globo negro (Tgn), todos com resolução de 0,1 °C e velocidade do vento, realizadas a 0,30 m acima do nível da cama, correspondendo ao centro de massa das aves. No exterior dos galpões obtiveram-se a temperatura externa, através de dados da estação climática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada dentro do câmpus próximo ao experimento, a estação meteorológica é composta de uma unidade de memória central (*data logger*) ligado a sensores dos parâmetros meteorológicos, observado minuto a minuto e disponibilizado a cada hora.

Com esses dados, foram encontrados, tanto no interior dos galpões quanto na área externa, os valores do índice de temperatura e umidade (ITU), do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e índice de carga térmica de radiação (CTR), nos horários considerados.

4.5.4.1. Índice de temperatura e umidade – ITU

Tem como variáveis de entrada medidas de temperatura e umidade relativa do ar, conforme Equação (11) (BUFFINGTON, COLLIER e CANTON, 1983).

Equação 11 – Índice de temperatura e umidade para aves

$$ITU_{aves} = 0,8 \times T_a + \frac{RH \times (T_a - 14,3)}{100} + 46,3 \quad (11)$$

Onde:

T_a : Temperatura do ar (°C).

U_r : Umidade relativa (%).

4.5.4.2. Índice de temperatura de globo negro e umidade – ITGU

A temperatura de globo negro e de ponto de orvalho são variáveis de entrada, conforme Equação (12) (BUFFINGTON et al., 1981).

Equação 12 – Índice de temperatura de globo negro e umidade

$$ITGU = T_g + 0,36 \times T_{po} + 41,5 \quad (12)$$

Onde:

T_a : Temperatura do ar (°C).

T_{po} : Temperatura de ponto de orvalho (°C).

T_g : Temperatura de globo negro (°C).

U_r : Umidade relativa (%).

V : Velocidade do ar ($m \cdot s^{-1}$).

4.5.4.3. Índice de carga térmica de radiação - CTR

As condições térmicas ambientais podem ser representadas pela carga térmica de radiação (CTR), que irá expressar a radiação total recebida tanto pelo globo negro proveniente do ambiente como também do seu entorno. A CTR é dada pela equação (13):

Equação 13 – Índice de carga térmica de radiação

$$CTR = \alpha (TRM)^4 \quad (13)$$

Onde:

CTR : carga térmica de radiação, W/m^2

α : constante de Stefan Boltzmann, $5,67 \cdot 10^{-8} / m^2 K^4$

TRM : temperatura radiante média, K

Equação 14 – Temperatura média radiante

$$TRM = 100 \cdot \left[2,51 * v^{\frac{1}{2}} * (Tgn - Tbs) + \left(\frac{Tgn}{100} \right)^4 \right]^{\frac{1}{4}} \quad (14)$$

Onde:

V : velocidade do vento, m/s

Tgn : temperatura de globo negro, K

Tbs : temperatura de bulbo seco, K

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados abordados neste tópico são referentes á caracterização da matéria-prima e elaboração do painel; na discussão dos resultados foram utilizados siglas para facilitar a interpretação dos tratamentos efetuados. As letras indicam o tipo de material e os números à porcentagem dos mesmos. Como exemplo o tratamento 30PP45CA25FC refere-se a 30% de polipropileno, 45% de casca de arroz e 25% de fibra de coco; conforme a codificação:

- PP= polipropileno;
- CA=casca de arroz;
- FC= fibra de coco;
- FS=fibra de coco com substrato.

5.1.Caracterização da matéria-prima

5.1.1. Determinação da densidade e do teor de umidade das partículas

Para determinar à densidade das partículas a fibra e casca de arroz foram pesadas em um Becker de 100 ml para fixar o volume, e conforme a literatura foi feito o cálculo para densidade.

Para determinar o teor de umidade primeiramente as fibras de coco e casca de arroz foram mantidas ao ar livre por 7 dias, conforme Leão (2012), depois pesadas na balança de umidade. Posteriormente as fibras foram secas em estufa a uma temperatura de 105°C por 24 horas e novamente pesadas na balança de umidade. Na Tabela 12 estão contidos todos os resultados da média, referente aos ensaios de densidade aparente, teor de umidade, dimensões da fibra de coco.

Tabela 12: Resultados do estudo das partículas

Propriedades avaliadas	CA	FC
Densidade aparente (g/cm³)	0,102	0,037
Teor de umidade (%)	8,93	10,90
Teor de umidade -24 horas (%)	4,36	5,06
Dimensão máxima do comprimento (cm)	-	17,62
Dimensão do diâmetro (mm)	-	0,294

Fonte: Autora

Conforme Moura (2014) as fibras naturais geralmente apresentam de 8 a 13% de umidade, desta forma os teores de umidade encontrados correspondem á literatura; o ensaio de teor de umidade das partículas fez parte da caracterização do material e a temperatura utilizada de 105°C é estipulada, conforme a literatura para ensaios; porém para a elaboração do painel a fibra foi seca a temperatura menor e maior tempo de secagem.

Pode-se definir que ambas as partículas apresentam baixo índice de densidade; a fibra de coco apresenta quase um terço abaixo da casca de arroz. Conforme esses resultados a distribuição entre casca de arroz e fibra de coco na elaboração do painel não foi de maneira uniforme, reduzindo a quantidade de fibra de coco em 20% comparando com a casca de arroz.

5.1.2. Análise química das partículas

Conforme os ensaios descritos por Leão (2012) e Hickert (2010) os materiais foram analisados a fim de conhecer as características iniciais para inserir como reforço no painel. A casca de arroz e a fibra de coco *in natura* passaram pelo processo de caracterização química para obtenção dos valores percentuais de celulose, lignina, hemicelulose e matéria mineral, conforme a Tabela 13:

Tabela 13: Composição química da casca de arroz e fibra de coco, em porcentagem

	%MS	MM	Celulose	Hemicelulose	Lignina
CA	91,82	15,43	39,74	22,70	19,01
FC	92,00	1,80	32,88	24,20	39,13

Legenda: (MS) matéria seca; (MM) matéria mineral; (C) celulose; (H) hemicelulose; (L) Lignina

Para determinação dos teores de extrativos as amostras foram submetidas á extração com etanol a fim de remover pigmentos, corantes, taninos, flobafenos e estilbenos, entre outros.

A composição química da fibra de coco e casca de arroz, conforme a literatura (LEÃO, 2012; HICKERT, 2010) (Tabela 14), como caracterização química utilizando o método de hidrólise ácida com ácido sulfúrico, provocando a despolimerização do polissacarídeo.

Tabela 14: Composição química da fibra de coco e casca de arroz

Componentes	Fibra de coco % (mm)	Casca de arroz % (mm)
Glicose	26,3	34,1
Celobriose	1,6	0,4
Hidroximetilfurfural	0,0	0,3
Xilose	14,3	12,7
Arabinose	2,3	1,3
Ácido acético	2,7	1,3
Furtural	0,4	0,9
Lignina insolúvel	40,7	22,9
Lignina solúvel	0,3	6,1
Extrativos	8,6	3,1
Cinzas	1,3	16,9
Total	98,7	100

Fonte: Modificada (LEÃO, 2012; HICKERT, 2010)

A partir da obtenção dos componentes que constituem as fibras lignocelulósicas, são somados para obter-se a quantidade total de celulose, hemicelulose e lignina presente nas amostras, na Tabela 15 consta a comparação da análise desse trabalho e outros encontrados na literatura.

Tabela 15: Composição de celulose, hemicelulose e lignina: fibra de coco e casca de arroz, encontrados na literatura.

	Material	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)
Leão (2012) / Hickert (2010)	Fibra de coco	27,9	19,7	41
Leão (2012) / Hickert (2010)	Casca de arroz	34,8	16,2	29
Pupo (2017)	Casca de arroz	33,04	31,27	22,40
Silva (2013)	Casca de arroz	32	21	22
Da Silva (2016)	Casca de arroz	39,5	23	14,5
Este trabalho	Casca de arroz	39,74	22,70	19,01
Este trabalho	Fibra de coco	32,88	24,20	39,13

Fonte: Modificada (LEÃO, 2012; HICKERT, 2010; PUPO, 2017; SILVA, 2013; Da SILVA, 2016).

Pode-se observar a porcentagem aproximada de celulose e hemicelulose entre a casca de arroz nos trabalhos mais atuais, já a fibra de coco obteve um valor maior dessas composições, para esse trabalho.

A lignina é responsável por fortalecer e enrijecer a parede celular da fibra, nos compósitos pode ajudar no enrijecimento e união das partículas dos elementos estruturais (PUPO, 2017). Observa-se nos resultados que existe maior quantidade de lignina presente na fibra de coco e menor de celulose comparada com a casca de arroz; resultado já esperado conforme a literatura.

5.1.3. Granulometria

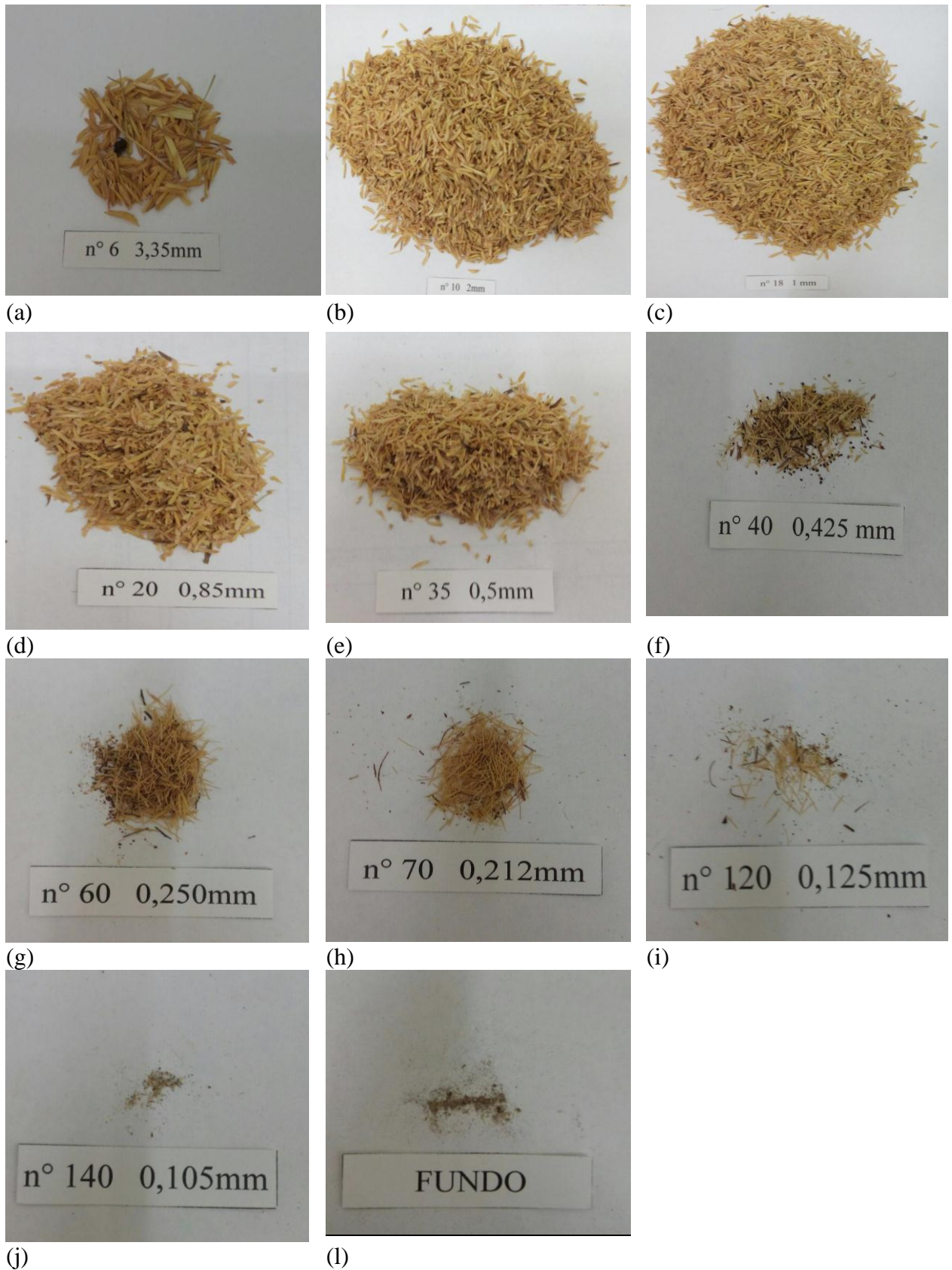
Conforme os resultados obtidos para as partículas de casca de arroz (Tabela 16) verificou-se que a dimensão máxima desses resíduos (Figura 34), de acordo com a NBR 7217/87, é de 3,35 mm (peneira n° 6) e apresenta um módulo de finura de 8,35.

Tabela 16: Distribuição em tamanho das partículas das cascas de arroz (CA).

N°	PENEIRA		PORCENTAGEM	
	µm	Retida	Retida Acumulada	Que passa na peneira
N° 6	3350	0,53	0,53	99,65
N° 10	2000	42,63	43,16	57,02
N° 18	1000	52,14	95,30	4,88
N° 20	850	2,36	97,65	2,53
N° 35	500	1,85	99,50	0,68
N° 40	425	0,14	99,64	0,54
N° 60	250	0,17	99,81	0,37
N° 70	212	0,11	99,92	0,26
N° 120	125	0,05	99,97	0,21
N° 140	105	0,01	99,98	0,20
Fundo	-----	0,02	100	-----

Fonte: Autora

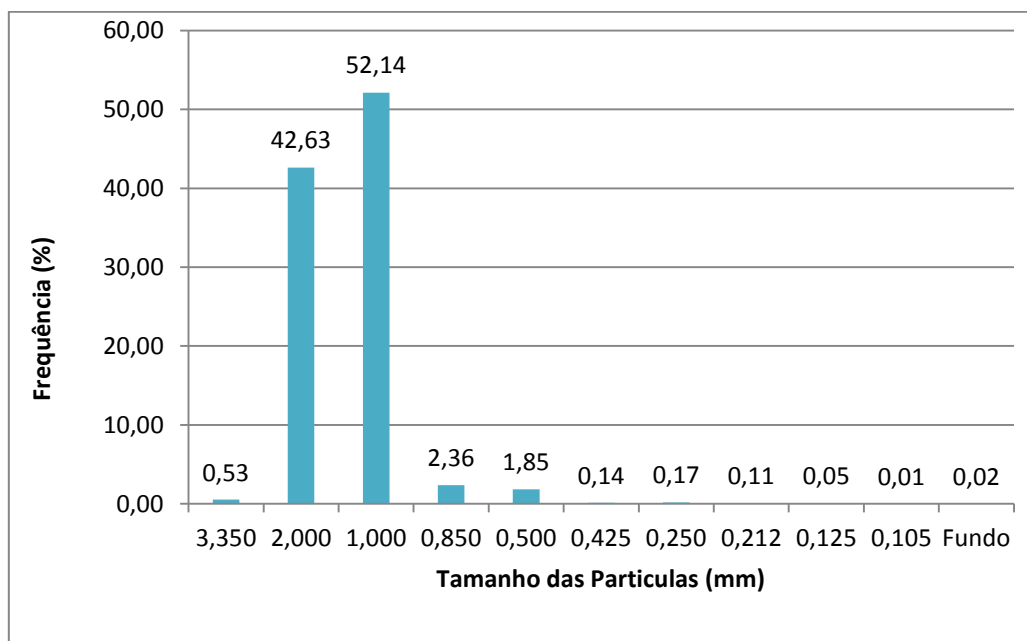
Figura 34:a); b); c); d); e); f); g); h); i); j); l) Distribuição de tamanho de partículas da casca de arroz.



Fonte: Autora

A análise granulométrica da casca de arroz mostra que a distribuição do tamanho de partículas sofre variações menores nas granulometrias de 0,425 a 0,02; a Figura 35 representa a frequência, em porcentagem dessa variação.

Figura 35: Frequência da distribuição granulométrica do tamanho das partículas de CA.



Fonte: Autora

Verifica-se que a casca de arroz apresenta mais frequência de partículas maiores, entre 2,0 e 1,0. Essa frequência é de 52,14% (Tabela 15), isso demonstra a uniformidade nas partículas e baixa variação em teor de pó, pois a partir do tamanho de partículas em 0,125 ao fundo foi retido 0,8%.

5.2.Desenvolvimento dos Painéis

No processo de prensagem três fatores são fundamentais, conforme Chamma (2004): tempo, temperatura e pressão. Para definir esses fatores foram realizados ensaio pilotos com os seguintes resultados representados na Tabela 17.

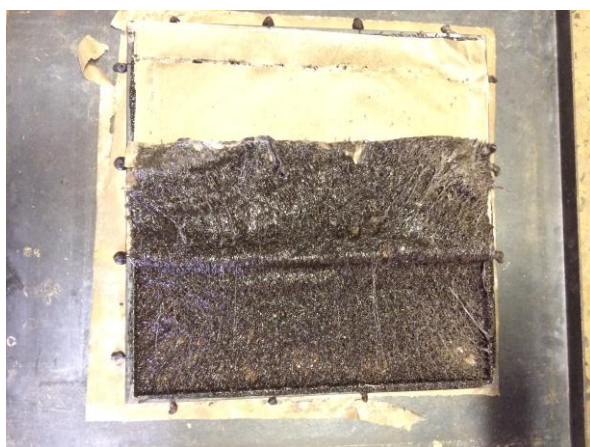
Tabela 17: Ensaio Piloto do painel

Material %	Temperatura	Tempo (min.)	Pressão	Tempo resfriamento (min.)
90PP+10FS	170°C	15	50 kgf/cm ²	15
80PP+20FS	180°C	15	50 kgf/cm ²	15
50PP+50FS	180°C	15	50 kgf/cm ²	10
50PP+50FSCA	190°C	6	50 kgf/cm ²	10
50PP+50FSCA	170°C	20	50 kgf/cm ²	10
70PP+15CA+15FC	200°C	6	32 kgf/cm ²	10
50PP+25CA+25FC	190°C	12	50 kgf/cm ²	10
50PP+25CA+25FC	180°C	15	50 kgf/cm ²	15
30PP+45CA+25FC	190°C	15	50 kgf/cm ²	15
50PP+35CA+15FC	190°C	15	50 kgf/cm ²	15

Fonte: Autora

Os primeiros ensaios não atingiram a uniformidade dos painéis. Devido á fluidez do PP o tempo de resfriamento exemplificado na Tabela 17, não foi suficiente para que o painel moldasse conforme os espaçadores, se desprendendo da manta antes de formar um painel, conforme a Figura 36.

Figura 36: Painéis sem tempo de resfriamento, FS+PP+CA.



Fonte: Autora.

Outros ensaios pilotos com maior quantidade de PP e CA não atingiram a fundição total do painel (Figura 37), já os ensaios com PP, CA e FS atingiram a homogeneização do painel, porém não se comportou assim para os demais tratamentos na mesma proporção; impossibilitando trabalhar com o material de fibra e substrato.

Figura 37: Painéis irregulares com FS+PP+CA.



Fonte: Autora.

O método adotado foi de um painel com três camadas: as duas externas em PP e CA e no miolo com a FC, conforme o ensaio piloto chegou-se a uma temperatura, tempo e pressão com resultados de uniformidade do painel, conforme a Figura 38. A Figura 39 representa os painéis que foram instalados como forro do protótipo.

Figura 38: a) Painel de 50PP30CA10FC; b) Painel de 30PP45CA25FC



(a)

(b)

Fonte: Autora.

Figura 39: Painel dispostos conforme o forro (50PP30CA10FC).



Fonte: Autora.

5.2.1 Ensaios Físicos

5.2.1.1. Densidade

Na Tabela 18 é apresentada a análise descritiva para a variável de densidade aparente, foi utilizada a média aritmética e adotado desvio padrão e coeficiente de variação (CV).

Tabela 18: Densidade aparente

Densidade	20PP50CA30FC	30PP45CA25FC	50PP35CA15FC	60PP30CA10FC
Média (kg/m ³)	445,12	428,31	608,35	648,27
Desv. Padrão (kg/m ³)	50,0	36,5	41,0	47,7
CV (%)	11	8	6	7

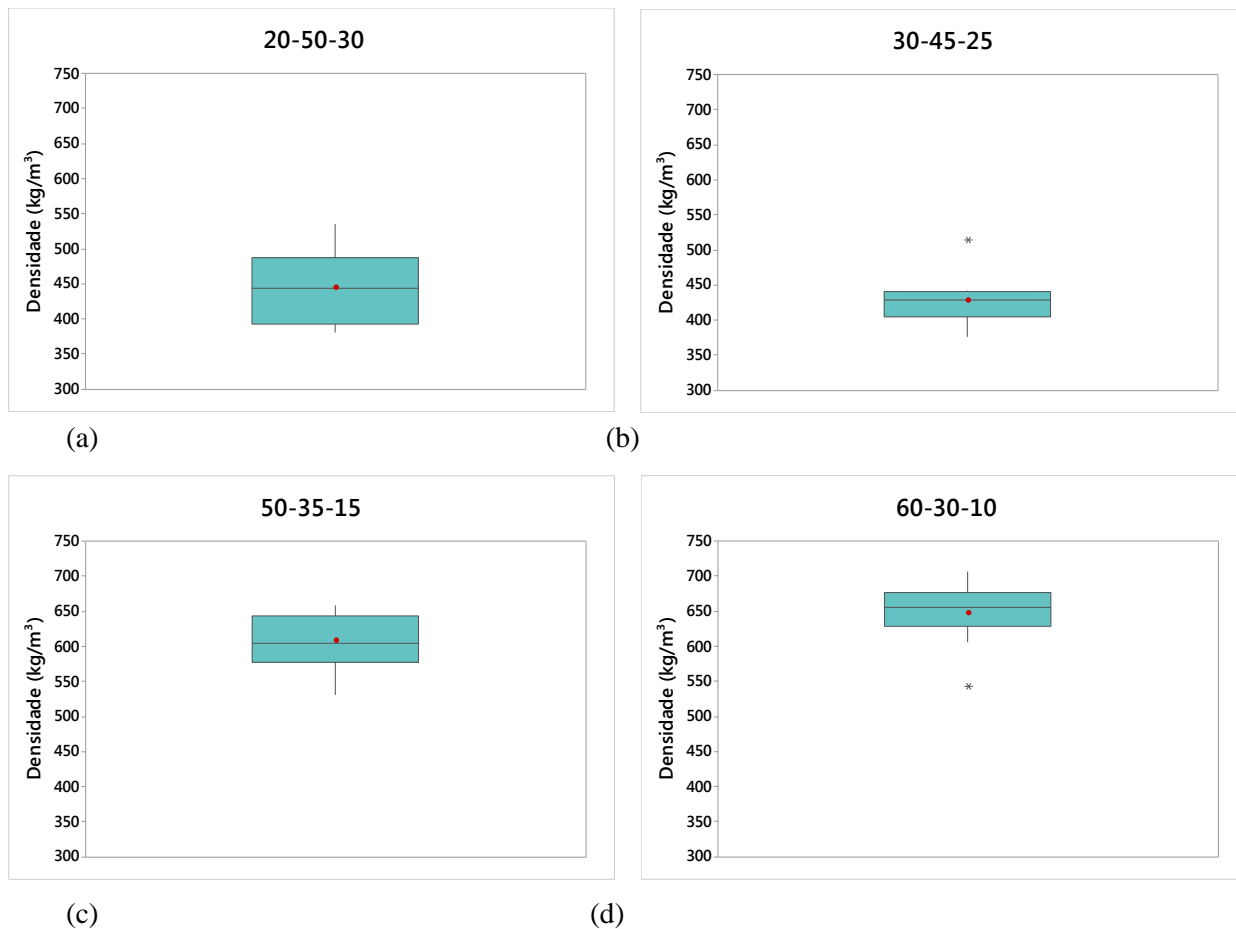
Legenda: Desv. Padrão: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação.

Fonte: Autora

Os painéis apresentaram um crescimento gradativo conforme o aumento na porcentagem de polipropileno, com a maior média de 648,27 Kg/m³ para densidade aparente nos tratamentos de 60-30-10. Em relação às medidas de dispersão o menor CV (%) foi para o tratamento 50-35-15, porém a diferença entre os CV (%) foram mais baixos nos tratamentos 30-45-25/ 50-35-15 e 60-30-10, em 1% entre eles. O tratamento com maior porcentagem de fibras apresentou uma média de diferença em 4% do CV,

demonstrando maior heterogeneidade no painel. A Figura 40 representa a dispersão dos conjuntos de dados da variável de densidade dos quatro tratamentos.

Figura 40: a); b); c); d); Gráficos Boxplot de Densidade.

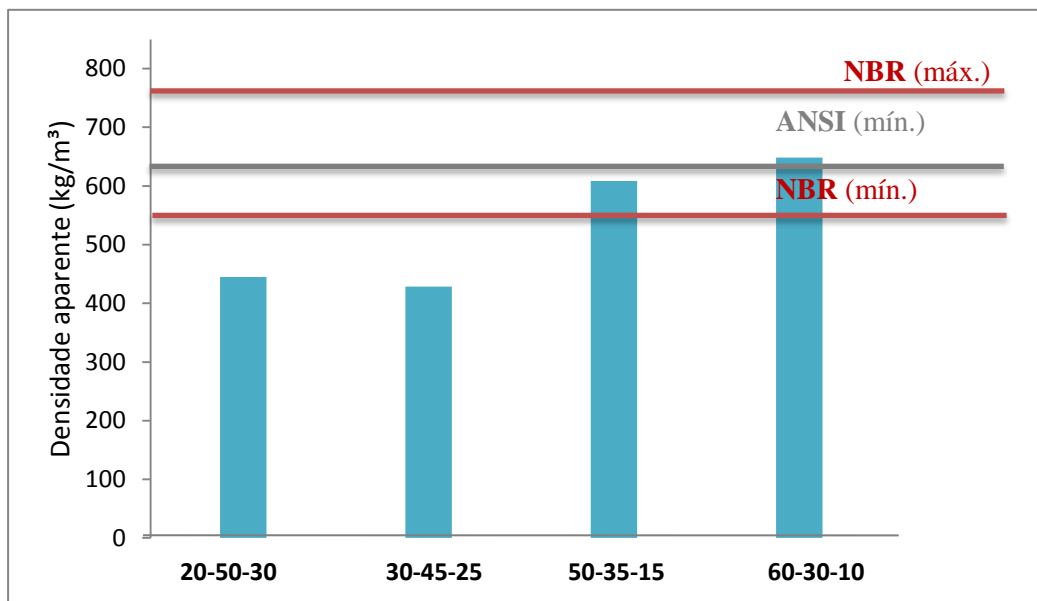


Fonte: Autora.

Conforme a norma ANSI A208.1-2006, é classificado painéis de baixa densidade: abaixo de 640 kg/m³ e média densidade: 640 – 800 kg/m³, assim os resultados obtidos com os tratamentos 20-50-30/ 30-45-25 e 50-35-15 mostraram valores de 445,12 kg/m³ a 608,35 kg/m³, sendo assim é possível classificar os painéis como de baixa densidade. O tratamento 60-30-10 obteve o valor de 648,27, classificado pela norma como alta densidade.

De acordo com a NBR 14810 (2013) é classificado painéis como média densidade os resultados de: 551 kg/m³ a 750 kg/m³, então os tratamentos com maior porcentagem de PP: 50-35-15 e 60-30-10 ficaram dentro da média. A Figura 41 representa a comparação entre as duas normas e os quatros tratamentos.

Figura 41: Gráficos comparativos entre os valores médios e as normas.



Fonte: Autora.

A densidade nominal calculada no início do processo para a confecção dos painéis foi de 551 kg/m³, considerada como baixa densidade (ANSI A208.1-2006), pode-se observar que nos tratamentos com maior porcentagem de fibras, a densidade média apresentou-se abaixo da densidade nominal, e o inverso ocorreu nos tratamentos com maior porcentagem polipropileno, com densidade acima da nominal.

A análise de variância (ANOVA) para a variável densidade aparente demonstrou o P-valor menor que 0,05 (Tabela 19), podendo afirmar que existe efeito de tratamento (4 tratamentos). De acordo com o método Tukey a 5% de probabilidade pode-se afirmar que a diferença significativa do valor médio experimental da densidade dos Tratamentos 20-50-30/30-45-25 (43%/44% respectivamente) com o valor médio da densidade aparente dos Tratamentos 50-35-15/60-30-10 (65%/61% respectivamente), as médias foram compartilhadas com agrupamentos A/A/B/B.

Tabela 19: ANOVA da densidade aparente dos tratamentos.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	P-valor
Tratamento	3	376465	125488	64,36	0,000*
Erro	36	70194	1950		
Total corrigido	39	446659			

*valor significativo a $p < 0,05$.

Fonte: Autora.

5.2.1.2. Inchamento em espessura e absorção de água após 2 e 24 horas de imersão

A Tabela 20 apresenta a análise para a variável de inchamento 2h e 24h, foi utilizada a média aritmética e adotado desvio padrão e coeficiente de variação (CV).

Tabela 20: Inchamento em 2h e 24h

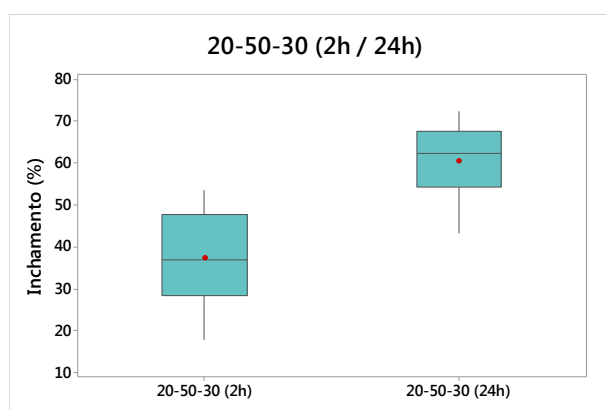
Inchamento	20PP50CA30FC		30PP45CA25FC		50PP35CA15FC		60PP30CA10FC	
	2h	24h	2h	24h	2h	24h	2h	24h
Média (%)	37,22	60,56	30,61	40,12	10,14	12,15	3,10	6,66
Desv. Padrão (%)	11,75	9,21	11,04	16,40	6,53	9,56	3,91	2,37
CV (%)	29,95	14,43	34,22	38,78	61,13	74,65	55,74	72,54

Legenda: Desv. Padrão: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação.

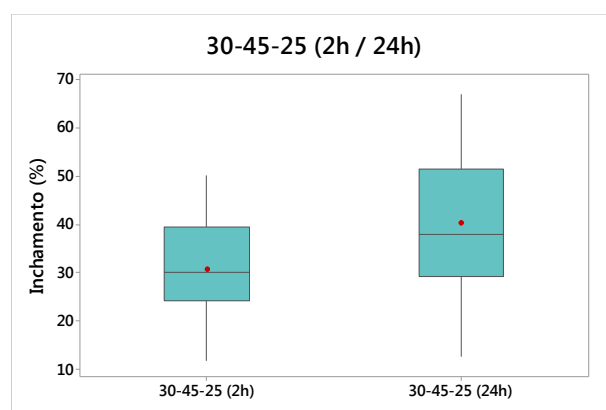
Fonte: Autora

Os painéis com maior porcentagem de fibras 20-50-30 e 30-45-25 apresentaram maiores valores médios para a variável de inchamento (2h e 24h). Em relação ao coeficiente de variação (%) os painéis de tratamentos 50-35-15 e 60-30-10 apresentaram em média 61/55%, podem-se observar maior heterogeneidade devido a maior porcentagem de polipropileno. A Figura 42 representa a dispersão dos conjuntos de dados da variável de Inchamento 2 e 24h dos quatro tratamentos.

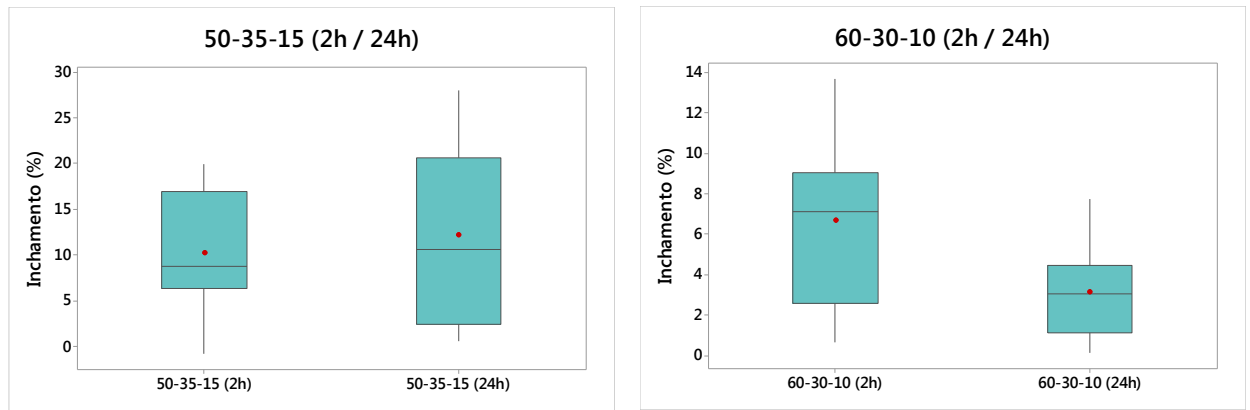
Figura 42: a); b); c); d); Gráficos Boxplot de Inchamento 2h e 24 h.



(a)



(b)

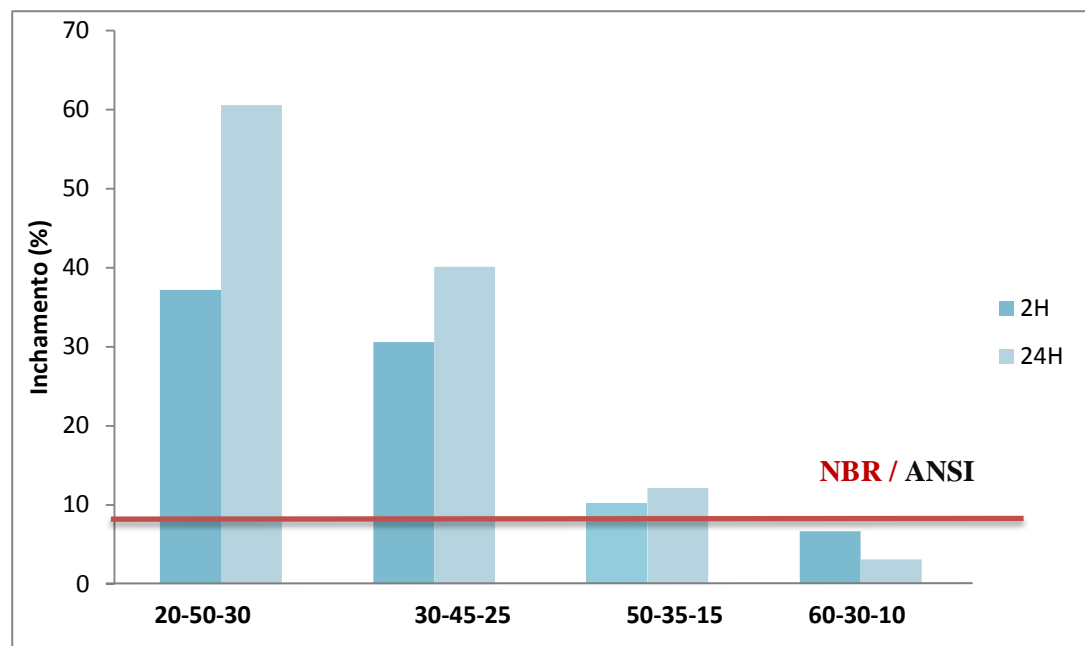


(b)
Fonte: Autora.

(d)

A norma NBR 14810- 2013 estipula o valor máximo de 8% para inchamento em 2h, sobre painéis com espessura de 8-13 mm. Somente o tratamento 60-30-10 atingiu os parâmetros da norma, o tratamento 50-35-15 ficou acima do valor em 2%. Os demais tratamentos apresentaram alta distorção, entre 29% e 23%. A norma ANSI A208.1-2006 exige valor para inchamento em 24h com o valor máximo de 8%, somente o tratamento 60-30-10 atingiu esse parâmetros. Na Figura 43 compara os valores médios de inchamento em 2h e 24h com os valores preconizados pelas normas.

Figura 43: Gráficos comparativos entre os valores médios e as normas.



Fonte: Autora.

A análise de variância (ANOVA) para a variável Inchamento 2h demonstrou o P-valor menor que 0,05 (Tabela 21), podendo afirmar que existe efeito de tratamento (4 tratamentos). De acordo com o método Tukey a 5% de probabilidade pode-se afirmar que a diferença significativa do valor médio experimental de Inchamento 2h dos Tratamentos 20-50-30/30-45-25 (37%/31% respectivamente) com o valor médio de Inchamento dos Tratamentos 50-35-15/60-30-10 (10%/7% respectivamente), as médias foram compartilhadas com agrupamentos A/B/C/C.

Tabela 21: ANOVA de Inchamento 2h.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	P-valor
Tratamento	3	6792	2264,10	28,48	0,000*
Erro	36	2862	79,49		
Total corrigido	39	9654			

*valor significativo a $p < 0,05$.

Fonte: Autora.

A análise de variância (ANOVA) para a variável Inchamento 24h demonstrou o P-valor menor que 0,05 (Tabela 22), podendo afirmar que existe efeito de tratamento (4 tratamentos). De acordo com o método Tukey a 5% de probabilidade pode-se afirmar que a diferença significativa do valor médio experimental de Inchamento 24h do Tratamento 20-50-30 (60%), Tratamento 30-45-25 (40%) com o valor médio de Inchamento dos Tratamentos 50-35-15/60-30-10 (12%/3% respectivamente), as médias foram compartilhadas com agrupamentos A/B/C/C.

Tabela 22: ANOVA de Inchamento 24h.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	P-valor
Tratamento	3	20740	6913,5	61,34	0,000*
Erro	36	4058	112,7		
Total corrigido	39	24798			

*valor significativo a $p < 0,05$.

Fonte: Autora.

A Tabela 23 apresenta a análise para a variável de absorção 2h e 24h, foi utilizada a média aritmética e adotado desvio padrão e coeficiente de variação (CV).

Tabela 23: Absorção em 2h e 24h

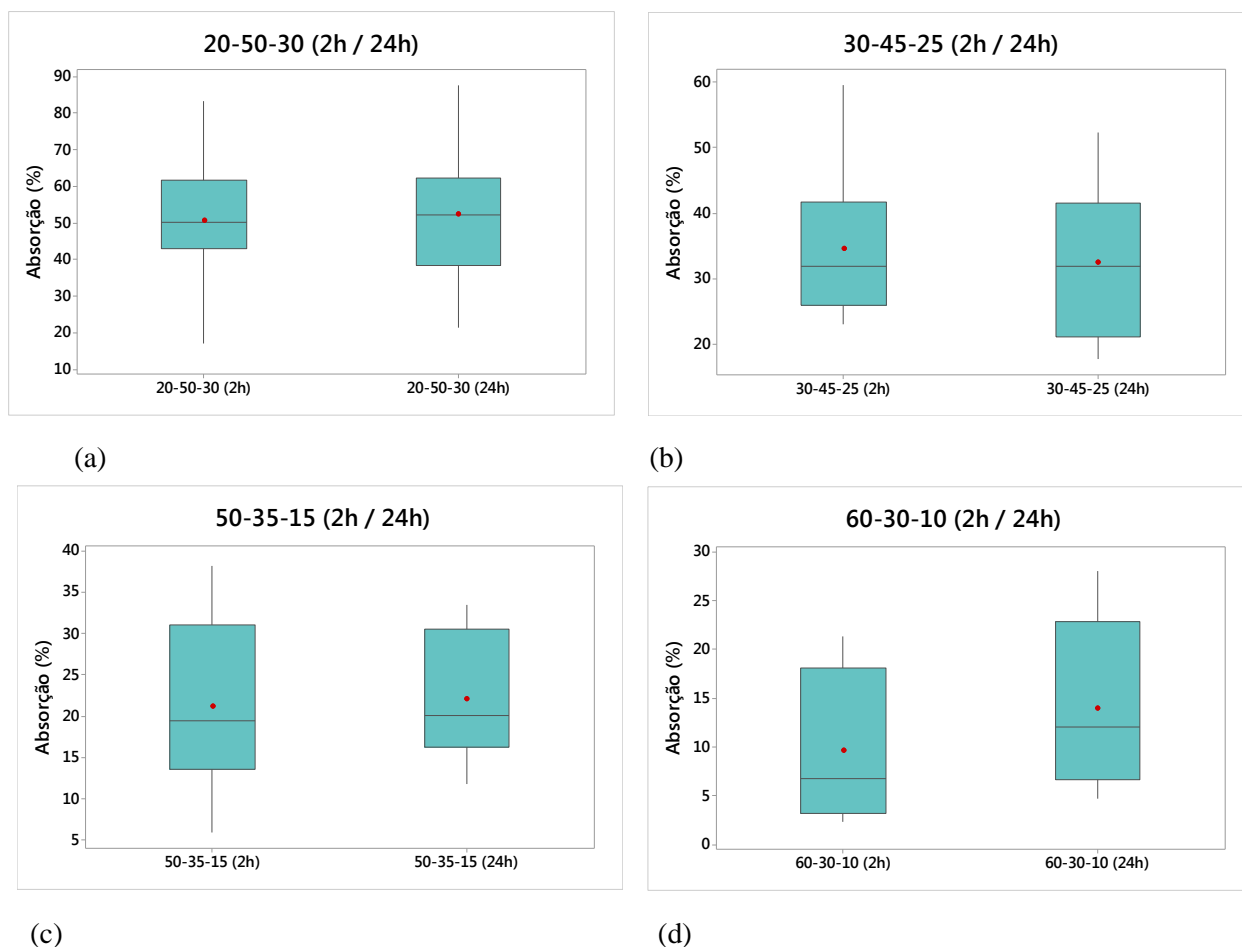
	20PP50CA30FC		30PP45CA25FC		50PP35CA15FC		60PP30CA10FC	
Absorção	2h	24h	2h	24h	2h	24h	2h	24h
Média (%)	50,69	52,30	34,57	32,47	21,21	22,02	9,61	13,94
Desv. Padrão (%)	18,57	19,69	11,41	12,35	9,99	7,34	7,16	8,13
CV (%)	34,75	35,71	31,31	36,08	31,62	44,70	55,31	70,70

Legenda: Desv. Padrão: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação.

Fonte: Autora

De acordo com os resultados observa-se que os tratamentos com maior proporção de fibra 20-50-30 e 30-45-25 apresentaram maior porcentagem de absorção, nos dois períodos. O maior índice de CV(%) ocorreu no tratamento de 60-30-10, podendo observar maior heterogeneidade devido a maior porcentagem de polipropileno. A Figura 44 representa a dispersão dos conjuntos de dados da variável de Inchamento 2 e 24h dos quatro tratamentos.

Figura 44: a); b); c); d); Gráficos Boxplot de Absorção 2h e 24 h.



Fonte: Autora.

A análise de variância (ANOVA) para a variável Absorção 2h demonstrou o P-valor menor que 0,05 (Tabela 24), podendo afirmar que existe efeito de tratamento (4 tratamentos). De acordo com o método Tukey a 5% de probabilidade pode-se afirmar que a diferença significativa do valor médio experimental de Absorção 2h do Tratamento 20-50-30 (51%), Tratamento 30-45-25 (35%), com o valor médio de Absorção dos Tratamentos 50-35-15 (21%) e Tratamento 60-30-10 (10%), as médias foram compartilhadas com agrupamentos A/B/BC/C.

Tabela 24: ANOVA de Absorção 2h.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	P-valor
Tratamento	3	9382	3127,2	19,98	0,000*
Erro	36	5634	156,5		
Total corrigido	39	15015			

*valor significativo a $p < 0,05$.

Fonte: Autora.

A análise de variância (ANOVA) para a variável Absorção 24h demonstrou o P-valor menor que 0,05 (Tabela 25), podendo afirmar que existe efeito de tratamento (4 tratamentos). De acordo com o método Tukey a 5% de probabilidade pode-se afirmar que a diferença significativa do valor médio experimental de Absorção 24h do Tratamento 20-50-30 (52%), Tratamento 30-45-25 (32%), com o valor médio de Absorção dos Tratamentos 50-35-15 (22%) e Tratamento 60-30-10 (14%), as médias foram compartilhadas com agrupamentos A/B/BC/C.

Tabela 25: ANOVA de Absorção 24h.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	P-valor
Tratamento	3	8250	2749,8	16,67	0,000*
Erro	36	5940	165,0		
Total corrigido	39	14190			

*valor significativo a $p < 0,05$.

Fonte: Autora.

5.2.2. Ensaios Mecânicos

5.2.2.1. Módulo de ruptura (MOR) e Módulo de Elasticidade (MOE)

A Tabela 26 e 27 apresenta a análise descritiva da variável MOR e MOE. Foi utilizada a média aritmética e desvio padrão de coeficiente de variação (CV).

Tabela 26: MOR e MOE médio do tratamento 50PP35CA15FC

50PP35CA15FC	Flexão - MOR (MPa)	Flexão - MOE (MPa)
Média	13,73	1254
Desv. Padrão	5,00	374
CV(%)	36,38	29,75

Legenda: Desv. Padrão: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação.
Fonte: Autora

Tabela 27: MOR e MOE médio do tratamento 60PP30CA10FC

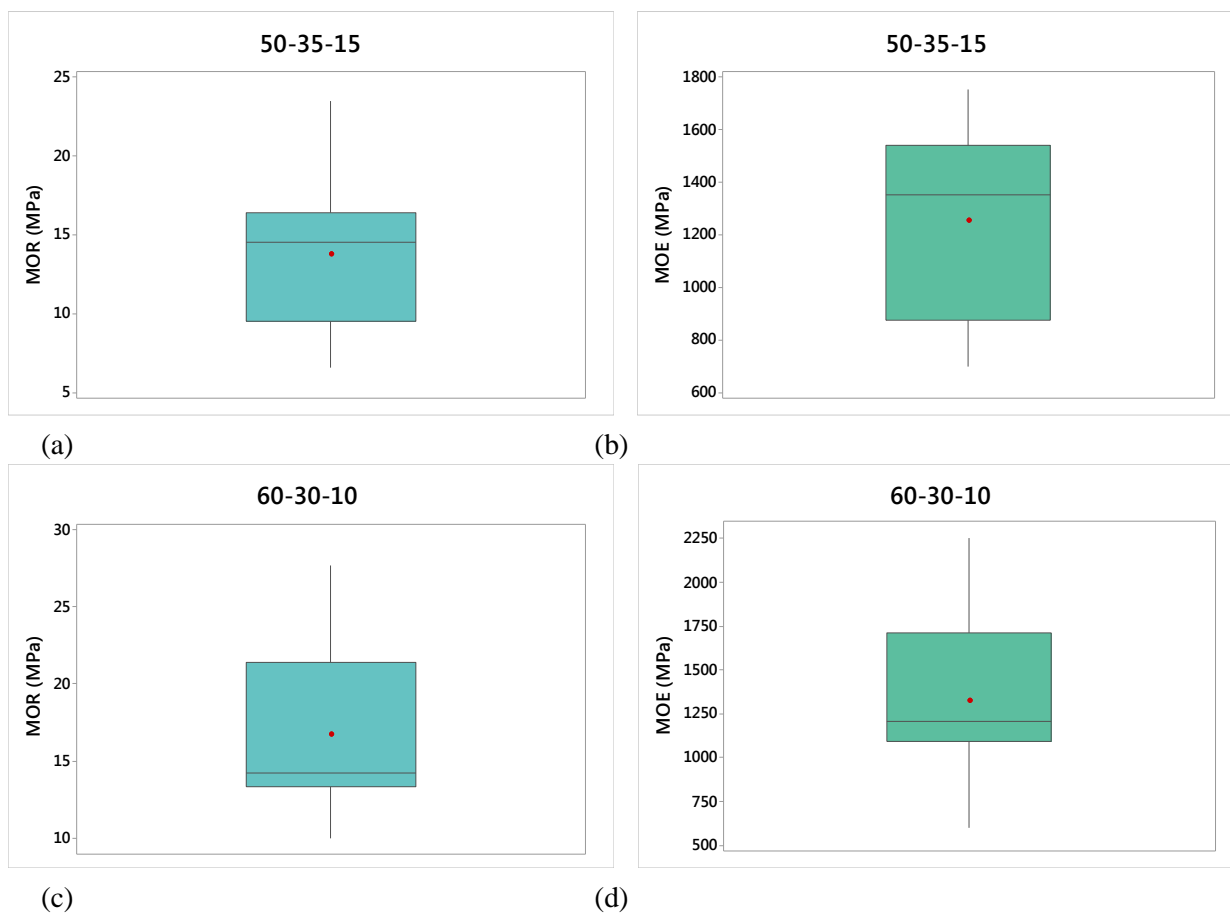
60PP30CA10FC	Flexão - MOR (MPa)	Flexão - MOE (MPa)
Média	16,74	1322
Desv. Padrão	5,62	463
CV(%)	32,12	33,08

Legenda: Desv. Padrão: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação; MPa: Mega Pascal.
Fonte: Autora

De acordo com a norma NBR 14810 (2013) é estipulado o valor mínimo de 17 MPa para painéis com espessura de 8-13 mm sobre o valor do MOR, para a normativa ANSI A208.1:1999 é estipulado valor 16,5 MPa. O tratamento 60-30-10 foi o que mais se aproximou do valor estipulado pela norma. Em relação às medidas de dispersão os painéis com tratamento 60-30-10 apresentaram menor CV(%) representando maior homogeneidade para a variável MOR.

Para os dados de MOE a norma ANSI A208.1:1999 define valor de 2400 MPa, nessa condição nenhum dos dois tratamentos atingiram o valor estipulado pela norma. De acordo com o ensaio houve deformação de 0,44 cm no tratamento 50-35-15 e 0,12 cm para o tratamento 60-30-10. A Figura 45 representa a dispersão dos conjuntos de dados da variável de MOR e MOE dos dois tratamentos.

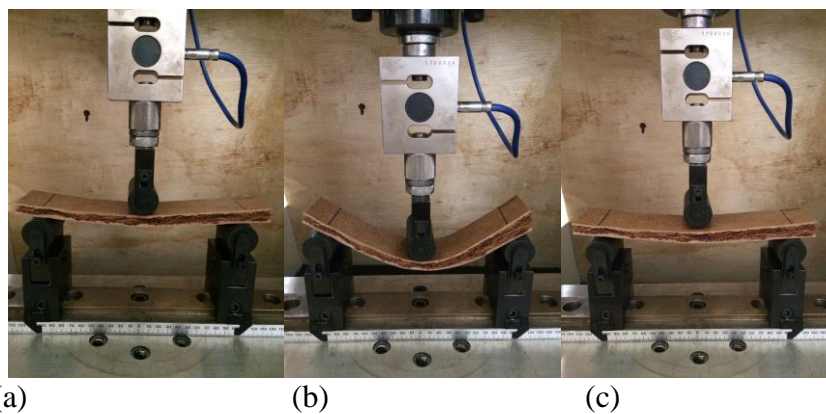
Figura 45: a); b); c); d); Gráficos Boxplot de MOR e MOE.



Fonte: Autora.

Conforme a Figura 46, não foi possível realizar os ensaios nos tratamentos de 20-50-30 e 30-45-25, de acordo com o ensaio houve deformação de 2,92 cm para o tratamento 20-50-30, porém devido à maior flexibilidade dos painéis os corpos de prova não atingiram o momento de ruptura. Na camada interna do painel foi utilizado fibra de coco longa, fator que impediu a ruptura.

Figura 46: Ensaio de MOR (20PP50CA30FC): a) início do ensaio; b) durante o ensaio; c) final do ensaio.



Fonte: Autora.

A análise de variância (ANOVA) para a variável MOR demonstrou o P-valor maior que 0,05 (Tabela 28), podendo afirmar que não existe efeito de tratamento (4 tratamentos). Mesmo não havendo diferença pode-se observar com o método Tukey a 5% de probabilidade, que a diferença do valor médio experimental de MOR do Tratamento 50-35-15 foi maior que o valor médio de MOR do Tratamento 60-30-10, as médias foram compartilhadas com agrupamentos A/A.

Tabela 28: ANOVA de Módulo de ruptura (MOR).

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	P-valor
Tratamento	1	45,21	45,21	1,60	0,222*
Erro	18	509,16	28,29		
Total corrigido	19	554,37			

*valor significativo a $p < 0,05$.

Fonte: Autora.

A análise de variância (ANOVA) para a variável MOE demonstrou o P-valor maior que 0,05 (Tabela 29), podendo afirmar que não existe efeito de tratamento (4 tratamentos). Mesmo não havendo diferença pode-se observar com o método Tukey a 5% de probabilidade, que a diferença do valor médio experimental de MOR do Tratamento 50-35-15 foi maior que o valor médio de MOR do Tratamento 60-30-10, as médias foram compartilhadas com agrupamentos A/A.

Tabela 29: ANOVA de Módulo de elasticidade (MOE).

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	P-valor
Tratamento	1	23530	23530	0,13	0,720*
Erro	18	3190280	177238		
Total corrigido	19	3213810			

*valor significativo a $p < 0,05$.

Fonte: Autora.

5.2.2.2. Arrancamento de parafuso

Na tabela 30 são apresentados os valores médios para a propriedade de arrancamento de parafuso.

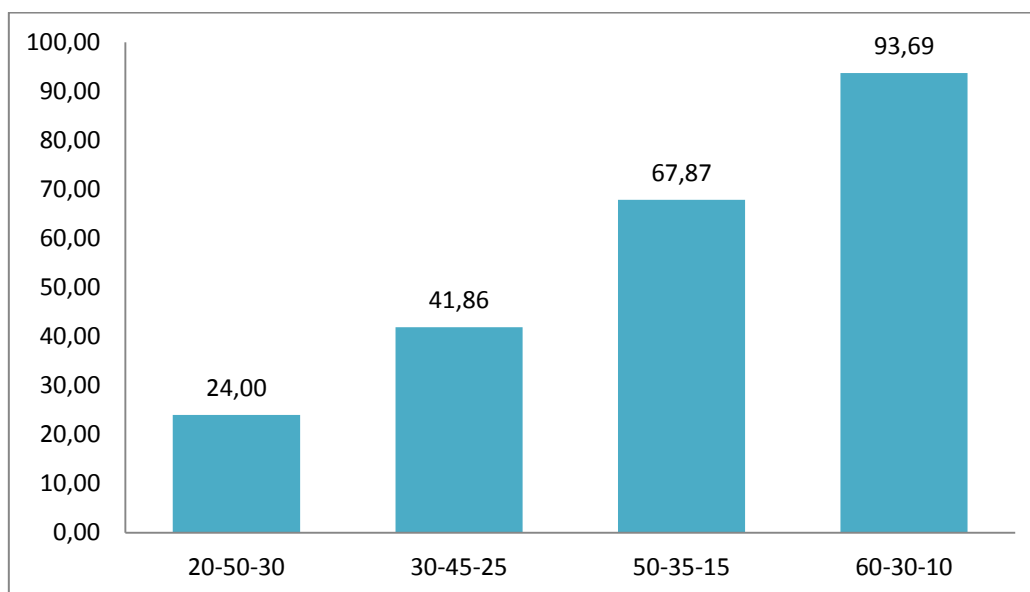
Tabela 30: Ensaio arrancamento de parafuso (N)

Tratamento	20PP50CA30FC	30PP45CA25FC	50PP35CA15FC	60PP30CA10FC
Média (N)	271,8	374,1	722,1	831,2
Desv.Padrão	97,8	83,13	160,4	128,9
Coef.Var.(%)	35,98	22,22	22,22	15,51

Legenda: Desv. Padrão: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação; N: Newton.
Fonte: Autora

De acordo com Sartori (2015); NBR 14810 (2013) são estipulados valores de arrancamento de parafuso de superfície para chapas com espessuras de 14 e 20 mm, entre 800 N a 1200 N, porém essa é a espessura mínima estipulada pela referida norma. Sendo assim o painel não atende as características, devido a sua espessura em 10 mm, a Figura 47 representa os quatro tratamentos com os valores do ensaio em Kgf, por que mesmo não atendendo a Norma esse ensaio foi realizado para averiguar quantos quilos os painéis suportam.

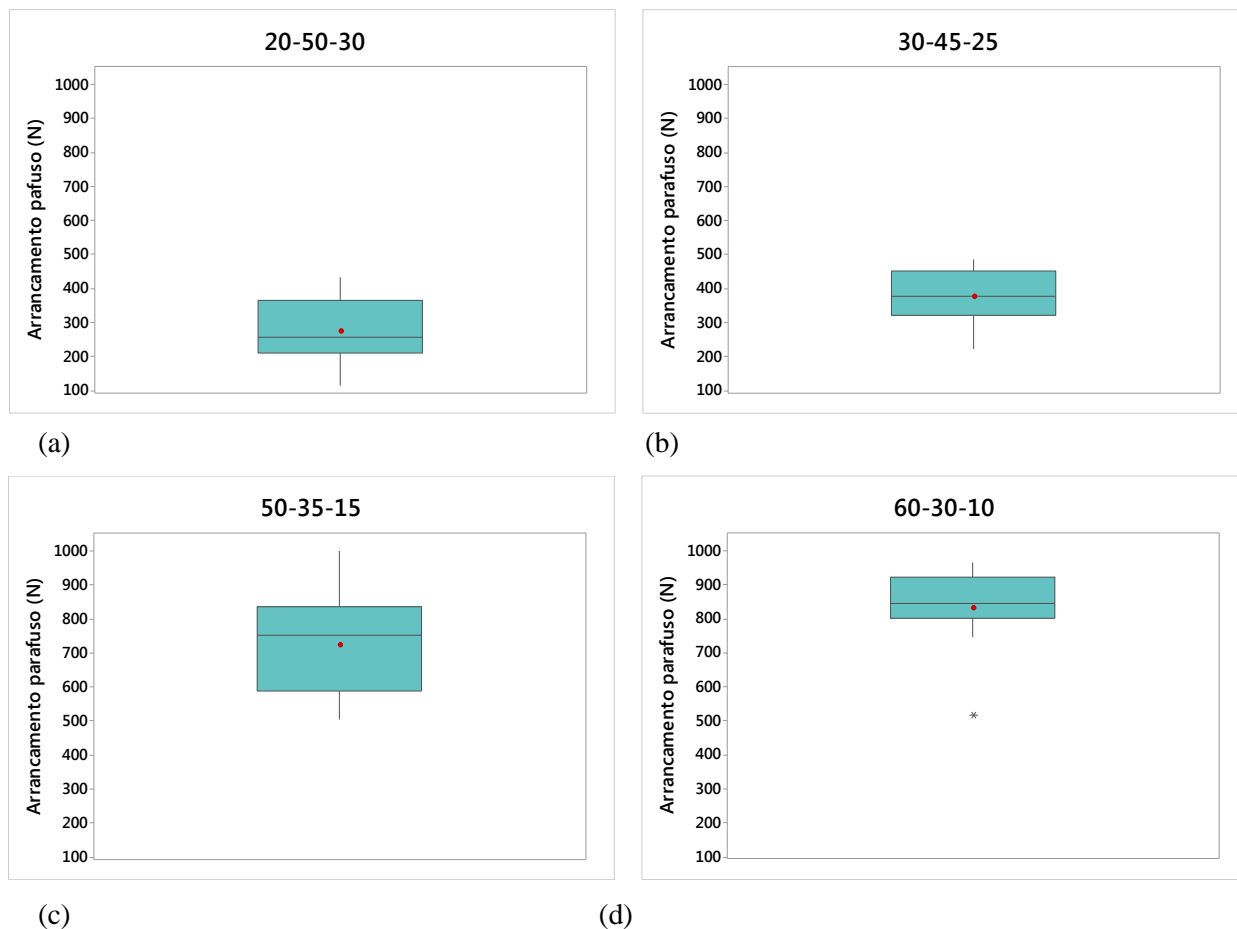
Figura 47: Gráficos representativo entre os valores (Kgf) e os tratamentos ensaiados.



Fonte: Autora.

A Figura 48 representa a dispersão dos conjuntos de dados da variável de arrancamento de parafuso dos quatro tratamentos.

Figura 48: a); b); c); d); Gráficos Boxplot de Arrancamento de parafuso.



Fonte: Autora.

A análise de variância (ANOVA) para a variável arrancamento de parafuso demonstrou o P-valor menor que 0,05 (Tabela 31), podendo afirmar que existe efeito de tratamento (4 tratamentos). De acordo com o método Tukey a 5% de probabilidade pode-se afirmar que a diferença significativa do valor médio experimental da densidade dos Tratamentos 20-50-30/30-45-25 foi maior que o valor médio da densidade aparente dos Tratamentos 50-35-15/60-30-10, as médias foram compartilhadas com agrupamentos A/A/B/B.

Tabela 31: ANOVA de arrancamento de parafuso dos tratamentos.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	P-valor
Tratamento	3	2170175	723392	49,20	0,000*
Erro	36	529335	14704		
Total corrigido	39	2699510			

*valor significativo a $p < 0,05$.

Fonte: Autora.

5.3.1. Ensaios Térmicos: resistência térmica e condutividade térmica

Através dos ensaios térmicos foi possível avaliar as propriedades térmicas como resistência e condutividade térmica. Barreto et al., (2016) refere-se a condução como um processo de transferência de energia em partícula por partícula, uma partícula ao receber energia aumenta seu estado de vibração e transfere essa energia às partículas vizinhas. Quanto mais partículas, mais rápido ocorre essa transferência aumentando a condutividade térmica.

A Tabela 32 apresenta valores médios de condutividade térmica dos 3 corpos de prova de cada tratamento, com os dados de condutividade foi calculada a resistência térmica dos materiais, utilizando a equação da Normativa Desempenho Térmico de Edificações (02:135.07-001/2).

Tabela 32: Propriedades térmicas dos painéis.

Tratamento	Condutividade (W/m.K)	Resistência Térmica
20PP50CA30FC	0,129	0,078
30PP45CA25FC	0,130	0,071
50PP35CA15FC	0,141	0,071
60PP30CA10FC	0,151	0,066

Fonte: Autora.

De acordo com a densidade a transferência de calor ocorre mais rápido, classificando os materiais como bons condutores, conforme os ensaios de densidade são possíveis relacionar os dados apresentados na Tabela 16. Os tratamentos com maior porcentagem de polipropileno (50PP35CA15FC e 60PP30CA10FC), que são mais densos, obtiveram maior índice de condutividade entre 0,141 e 0,151 W/mK.

Cravo (2013) descreve os valores de condutividade térmica de materiais orgânicos e inorgânicos que são comparados com o compósito elaborado neste trabalho (Tabela 33). Além da condutividade térmica é apresentada a densidade dos painéis, pois essa variável tem a relação direta com a condutividade.

Tabela 33: Condutividade térmica de diferentes materiais

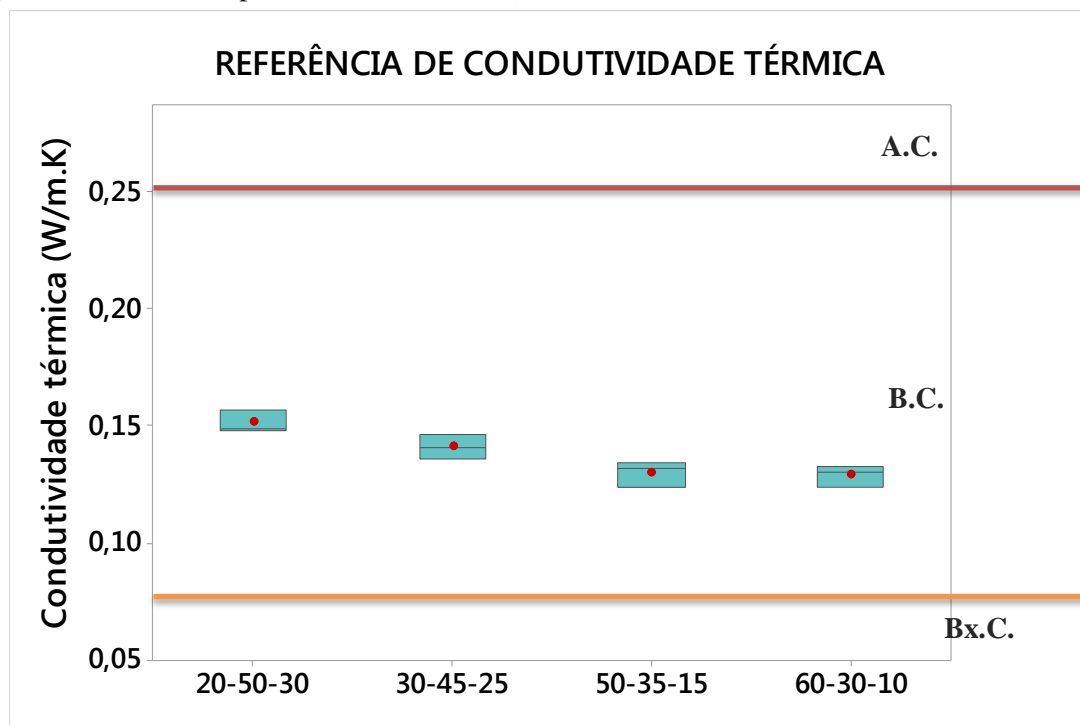
MATERIAL	CONDUTIVIDADE (W/m.K)	DENSIDAD E (Kg/m³)	FONTE
Painel de Amendoim e Fibra de Coco	0,2971	500	Cravo (2013)
Painel de Casca de Arroz e Fibra de Coco (50PP35CA15FC)	0,141	608,35	
Painel de Caule de Algodão	0,085	150-450	Zhou et al. (2010)
Painel de Casca de Coco	0,057	250-350	PanyaKaew e Fotios (2011)
Painel de Bagaço de Cana	0,052	250-350	PanyaKaew e Fotios (2011)
Painel de Fibra de Papiro	0,0305	232-266	Tangjuank e Kumfu (2011)

Fonte: Adaptado (CRAVO, 2013).

Apesar da pequena diferença entre os valores de condutividade, o tratamento de 20PP50CA30FC atingiu o valor de 0,129 W/mK, considerado o melhor material de compósito para ser usado como isolante térmico. Todos os tratamentos foram considerados como isolantes térmicos, de acordo com Wang (1988) a classificação mínima para isolantes é de 0,25 W/mK, de condutividade térmica (Figura 49).

Conforme os resultados obtidos nesse ensaio o tratamento 20PP50CA30FC seria o ideal para a confecção dos painéis que foram instalados no protótipo, porém conforme a homogeneidade e aspecto visual do painel o tratamento 50PP35CA15FC foi o que atingiu maior uniformidade, com valor de 0,141W/mK.

Figura 49: Gráfico Boxplot de Condutividade (W/m.K) com faixa de referência.



Legenda: A.C.: Alta Condutividade; B.C.: Baixa Condutividade; Bx. C.: Baixíssima Condutividade
 Fonte: Autora.

Com o objetivo de comparar a condutividade térmica com o material composto foi elaborado a Tabela 34, com referências da norma de Desempenho Térmico de Edificações.

Tabela 34: Referências de condutividade térmica.

Material	Condutividade Térmica (W/m.K)	Nível de Condutividade e Isolamento Térmico
Diamante	1000	Altíssima condutividade
Ouro	314	E
Alumínio	230	Baixíssimo Isolamento
Granito	3,00	Alta condutividade
Concreto Normal	1,75	E
Vidro comum	1,00	Baixo Isolamento
Placas de fibrocimento	0,95	
Tijolo e telha de barro	0,70	
Poliestileno	0,40	Baixa condutividade
Gesso cartonado	0,35	E
Madeiras (pinus e cedro)	0,23	Alto Isolamento

PVC	0,20	
Compósito deste trabalho (50PP35CA15FC)	0,141	
Lã de rocha	0,045	Baixíssima condutividade
Lã de vidro	0,045	E
Espuma poliuretano	0,02	Altíssimo Isolamento

Fonte: Adaptado (Norma de Desempenho Térmico de Edificações (02:135.07-001/2; PUPO, 2017).

A análise de variância (ANOVA) para a variável de condutividade térmica demonstrou o P-valor menor que 0,05 (Tabela 35), podendo afirmar que existe efeito de tratamento (4 tratamentos). De acordo com o método Tukey a 5% de probabilidade pode-se afirmar que a diferença significativa do valor médio experimental da condutividade térmica dos Tratamentos 20-50-30/30-45-25 foi maior que o valor médio dos Tratamentos 50-35-15/60-30-10, as médias foram compartilhadas com agrupamentos A/AB/B/B.

Tabela 35: ANOVA de condutividade térmica dos tratamentos.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	P-valor
Tratamento	3	0,000995	0,000332	13,49	0,002*
Erro	8	0,000197	0,000025		
Total corrigido	11	0,001192			

*valor significativo a $p < 0,05$.

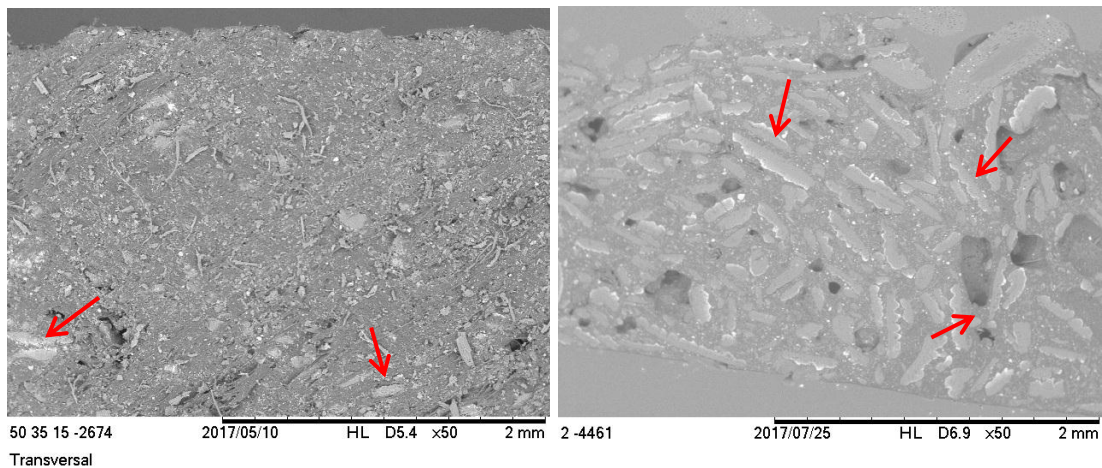
Fonte: Autora.

5.4.1. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As imagens da microscopia eletrônica de varredura foram obtidas pelo equipamento Marca HITACHI, modelo TM300. As medições de todas as amostras foram feitas com ampliação de 50X e 100X, para visualização foi executado o embutimento das amostras.

Foi necessário realizar o embutimento devido ao fato dos corpos de prova serem cortados com serra circular convencional, os materiais polipropileno e casca de arroz foram arrastados pelo movimento de corte, impossibilitando a visualização da casca de arroz (Figura 50a).

Figura 50: a) MEV sem embutimento (50X); b) MEV com embutimento (50X).

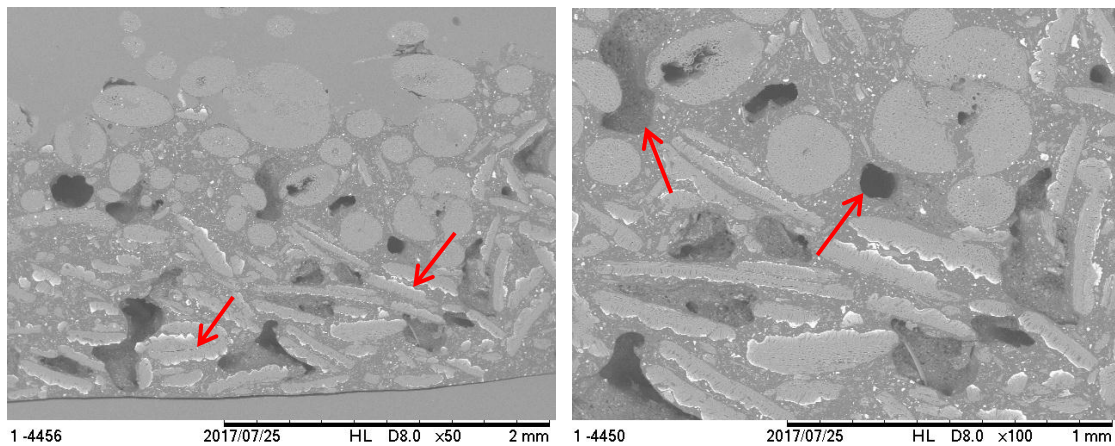


(a) (b)
Fonte: Autora.

A figura 51 representa o tratamento de 20PP50CA30FC, nesse tratamento os painéis foram produzidos com baixa concentração de polipropileno e maior em casca de arroz. Na Figura 51a pode-se observar uma faixa inferior cinza (limite do corpo de prova, esse material corresponde à resina epóxi do embutimento), e logo acima um aglomerado de casca de arroz, representado pela seta, que corresponde aos 50% da casca de arroz nesse painel.

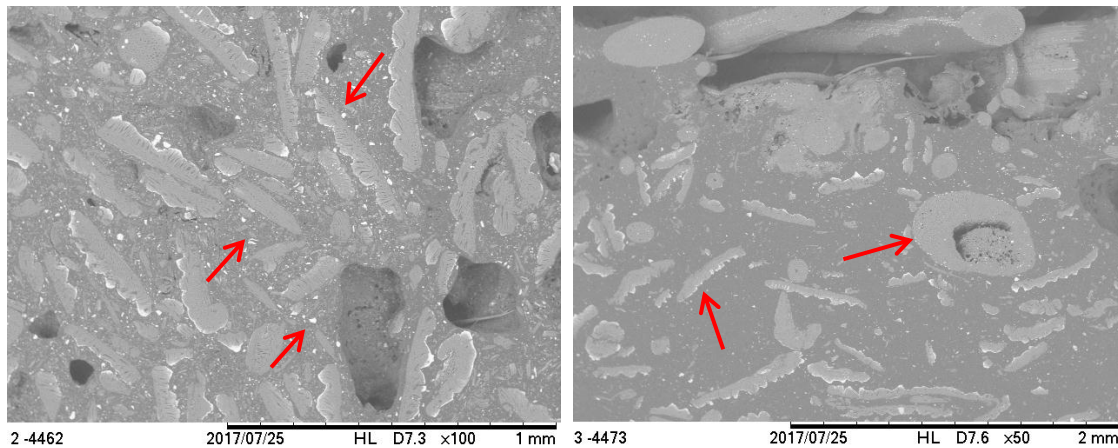
Observa-se também, os espaços vazios formados nessa região, o que era esperado desde o início do processo, pois esses vazios formam “colchões” de ar, agregando qualidade para o atraso térmico.

Figura 51: a) Painel com **20-50-30** (50X); b) Painel com **20-50-30** (100X).



(a) (b)
Fonte: Autora.

,Figura 52: a) Painel com **30-45-25** (50X); b) Painel com **50-35-15** (100X).



(a)

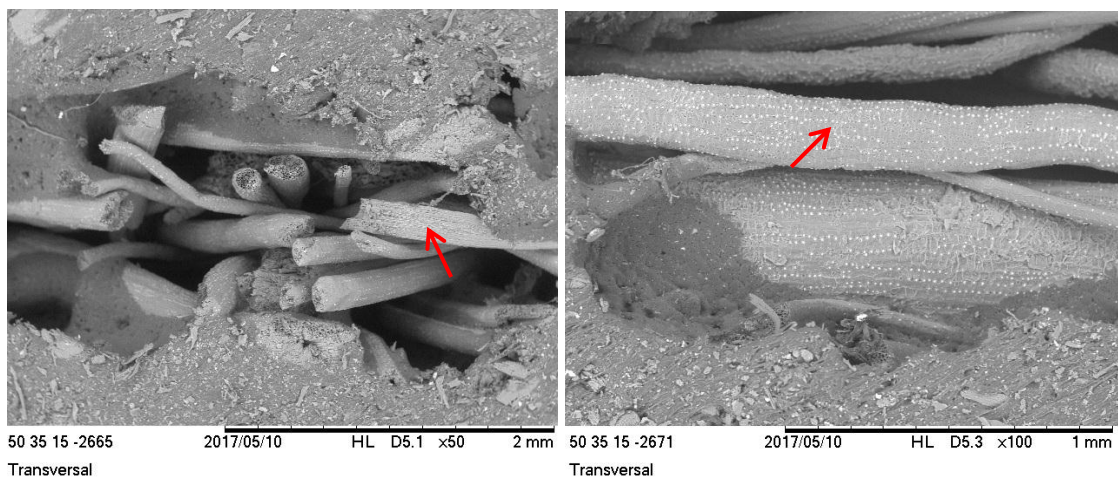
(b)

Fonte: Autora.

Na Figura 52a observa-se que existem alguns pontos claros dispersos sob o cinza mais escuro (representando o polipropileno). De acordo com os dados da imagem eletrônica (fornecidos na MEV) esses pontos são materiais inorgânicos presentes na casca de arroz, como o silício e o carbono. Na figura 43b é possível observar a boa aderência das fibras com o polipropileno.

A Figura 53 foi obtida com a amostra sem embutimento, por serem imagens transversais quando submetidas ao uso da resina epóxi, a mesma penetra na camada central do painel impossibilitando a imagem das fibras de coco. Observam-se pontilhados brancos nas fibras, que representam a organização celular da fibra (não foi degradada pelo processo de prensa e corte).

Figura 53: a) Painel com **50-35-15** (50X); b) Painel com **50-35-15** (100X).



(a)

(b)

Fonte: Autora.

5.5 Índices de conforto térmico

Conforme os ensaios realizados foi selecionado o tratamento 50PP35CA15FC para confecção dos painéis e instalados no protótipo de aviários. Os protótipos foram nomeados em:

- Instalação 1 (I1): forro com painéis instalados;
- Instalação 2 (I2): sem painéis.

As análises foram feitas durante quatro horários: 8h, 12h, 14h e 16h; no período de 18 dias (15 de Julho a 01 de Agosto de 2017), estação de inverno. A análise de variância (ANOVA) para a variável dos índices de conforto térmico demonstrou o P-valor menor que 0,05 em alguns horários (Tabela 36 e 37), podendo afirmar que existe efeito de tratamento para o delineamento análise fatorial 2 x 4 (2 protótipos e 4 horários). Essa diferença pode-se observar pelo método Tukey a 5% de probabilidade que as médias foram compartilhadas com agrupamentos AA/AB.

Tabela 36: Variáveis térmicas da Instalação 1.

Variáveis	Temp. (°C)	Tgn (°C)	UR (%)	ITU	ITGU	CTR
8h	15,48 a	15,62 a	69,88 a	59,35 a	60,39 a	394,53 a
12h	23,85 a	24,19 b	46,56 a	69,53 a	70,80 a	443,60 b
14h	25,65 a	26,06 b	41,27 a	71,20 a	72,15 b	454,86 b
16h	25,34 a	25,62 a	41,87 a	70,84 a	71,78 a	452,13 a

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Legenda: Temp.: Temperatura; Tgn: Temperatura de globo negro; UR: Umidade Relativa; ITU: Índice de Temperatura e Umidade; ITGU: Índice de Temperatura de Globo Úmido; CTR: Carga Térmica Radiante; Fonte: Autora.

Tabela 37: Variáveis térmicas da Instalação 2.

Variáveis	Temp. (°C)	Tgn (°C)	UR (%)	ITU	ITGU	CTR
8h	15,32 a	15,49 a	68,14 a	59,11 a	60,05 a	393,80 a
12h	26,34 a	27,57 a	41,83 a	72,05 a	73,13 a	464,28 a
14h	28,44 b	30,53 a	36,24 a	73,83 a	75,59 a	482,85 a
16h	26,48 a	27,18 a	38,43 a	71,79 a	73,08 a	461,71 a

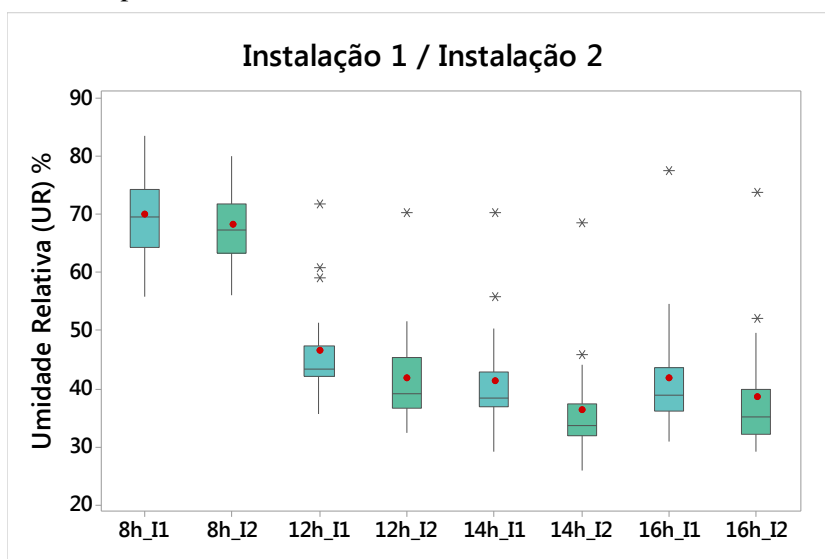
Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Legenda: Temp.: Temperatura; Tgn: Temperatura de globo negro; UR: Umidade Relativa; ITU: Índice de Temperatura e Umidade; ITGU: Índice de Temperatura de Globo Úmido; CTR: Carga Térmica Radiante; Fonte: Autora.

Conforme os resultados a I1 obteve melhor desempenho térmico, no horário das 8h as temperaturas foram próximas para as duas instalações dentro dos 15°C que conforme Tinôco (2001) esse valor estaria no limite da faixa de termoneutralidade para aves adultas, abaixo dessa temperatura as aves estariam em estresse por frio. A partir das 12h ocorreu alteração de 2,49°C a mais na I2 e às 16h houve diferença em 2,79°C, essa diferença fez com que a I1 mantivesse dentro da faixa de termoneutralidade proposto pelo mesmo autor, onde a temperatura limite é de 25°C, já a I2 estava acima desse valor e as aves estariam estresse causado pelo calor. Cassuce et al. (2013) cita que a faixa de conforto para as aves com três semanas de vida está em 22,5° e 23,2°C, demonstrando que apenas as aves submetidas ao horário das 12h na I1 estariam em conforto. O mesmo ocorreu para a temperatura de globo negro, no horário das 8h as temperaturas foram próximas para as duas instalações, porém nos horários das 12h, 14h e 16h houve aumento de 3,38°C, 4,47°C e 1,56°C respectivamente para a I2. Eram esperadas temperaturas mais altas nesses horários e foi possível avaliar que a instalação com painel obteve menor índice de temperatura.

Considerando-se a faixa de conforto para umidade relativa do ar entre 49 a 65%, 40 a 70%, 50 a 70%, 60% de acordo com os autores (CELLA et al., 2001; ÍANGLIO et al., 2007; TINÔCO, 2001; CASSUCE et al, 2013), a I1 atingiu a faixa de 41,87% a 69,88%, obtendo UR ideal nos quatro horários coletados. A I2 obteve-se dois horários (8h e 12) dentro da faixa ideal de 68% e 41%, porém obtiveram-se níveis abaixo do indicado entre 36,24% e 38,43% nos horários das 14h e 16h. A Figura 54 representa a dispersão dos conjuntos de dados da umidade relativa do ar para as duas instalações.

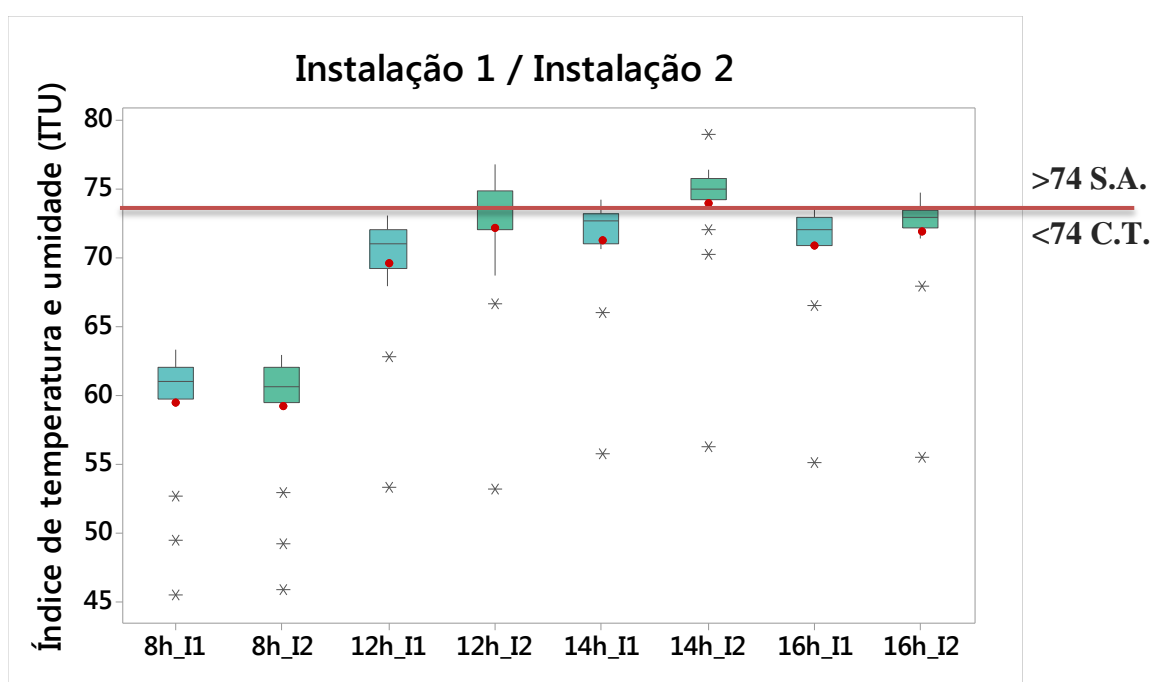
Figura 54: Gráfico Boxplot de Umidade relativa.



Fonte: Autora.

Utilizou-se o programa Orvalho para avaliar os índices de conforto ITU e ITGU. Conforme os valores de ITU, a I1 atingiu média de 70/71, sendo assim as aves estariam em situação de conforto considerando as aves acima de três semanas de vida, Azevedo (2015) estipula valores $<74,0$ para condição de conforto. O mesmo ocorreu na I2 em três horários coletados, porém o ITU para as 14h foi de 75,59% o que se refere à situação de alerta conforme os limites de conforto térmico para as aves. A Figura 55 representa a dispersão dos conjuntos de dados do índice de temperatura e umidade para as duas instalações.

Figura 55: Gráfico Boxplot de ITU com limite de conforto térmico para aves.



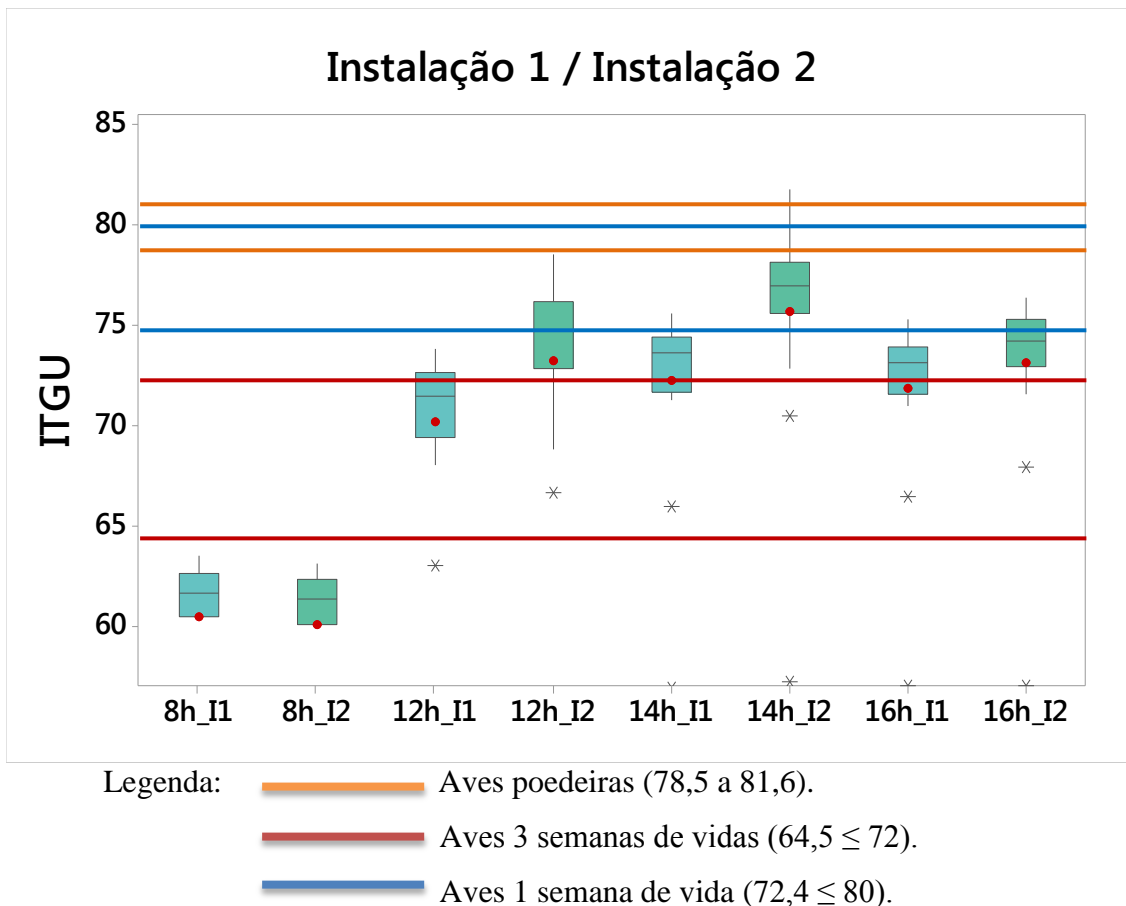
Legenda: C.T.: Conforto Térmico; S.A.: Situação de alerta e perigo.

Fonte: Autora.

Para os índices de temperatura de globo úmido (ITGU) analisados pelo programa Orvalho, a I1 encontra-se em situação de conforto em três horários coletados, com valores entre 70,8 a 72,15 para aves com três semanas de vida. De acordo com Oliveira et al. (2016) os índices são de $64,5 \leq 72$ para três semanas de vida, portanto o horário das 8h estaria em condições de estresse pelo frio. Conforme os mesmos índices proposto pelo autor acima a I2 encontra-se em situação de estresse pelo frio nos quatro horários coletados; porém estaria em conforto para as aves na primeira semana de vida. Ao analisar essas instalações para aves poedeiras com os índices de 78,5 a 81,6, as duas instalações estariam em situação de estresse pelo frio. A Figura 56 representa a

dispersão dos conjuntos de dados do índice de temperatura de globo úmido para as duas instalações.

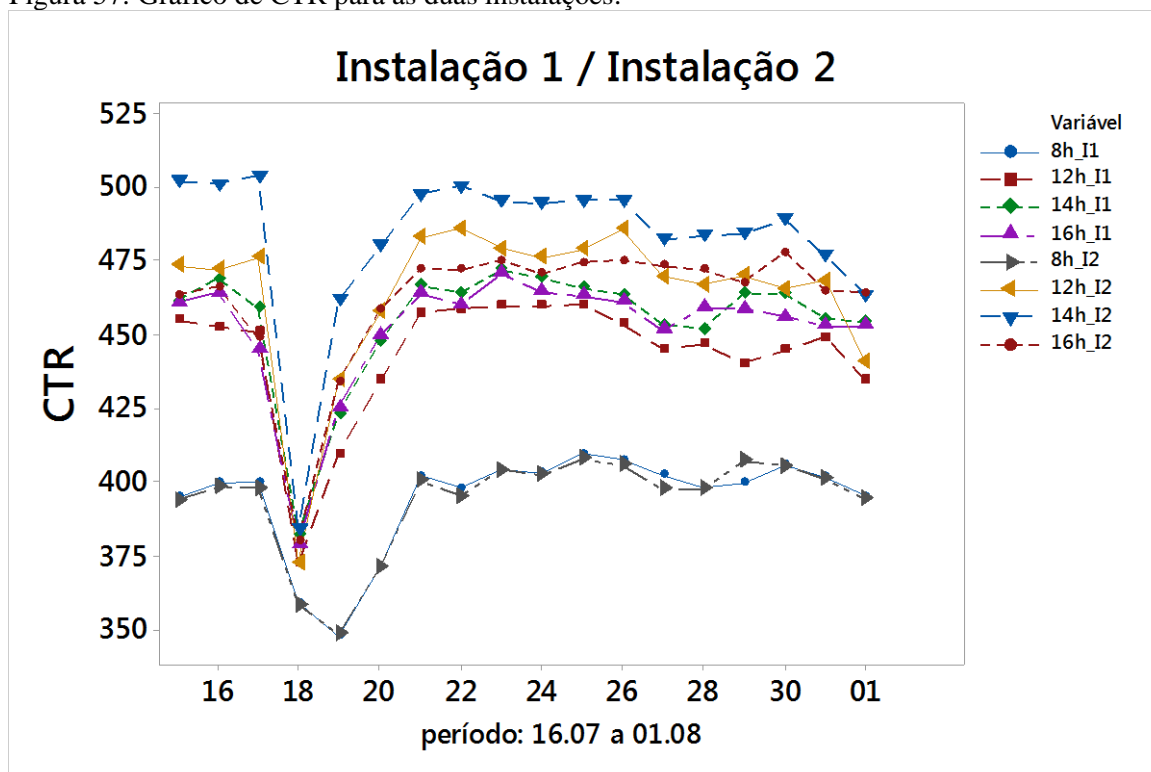
Figura 56: Gráfico Boxplot de ITGU com limite de conforto térmico para aves e idade de vida.



Fonte: Autora.

Quando a radiação solar atinge o telhado das instalações parte dessa radiação é absorvida e transmitida para dentro do interior do protótipo. Ao atingir o forro essa radiação é refletida, forma-se uma camada de ar entre o forro e a telha de fibrocimento devido á baixa condutividade do painel instalado. Consequentemente a carga térmica radiante (CTR) da I1 obteve menor valor em relação a I2, com diferença em média de $14,25 \text{ Wm}^{-2}$, infere-se que o forro tenha emitido menores quantidades de radiação, levando a menor temperatura ambiente interna da I1, que está proporcional ao índice de ITGU. De acordo com Rosa (1984) é recomendado uma faixa de CTR de até $498,3 \text{ Wm}^{-2}$, portanto as duas instalações estão dentro dos índices de CTR, na Figura 57 é possível analisar a curva dos quatro horários para as duas instalações nos valores obtidos de CTR.

Figura 57: Gráfico de CTR para as duas instalações.



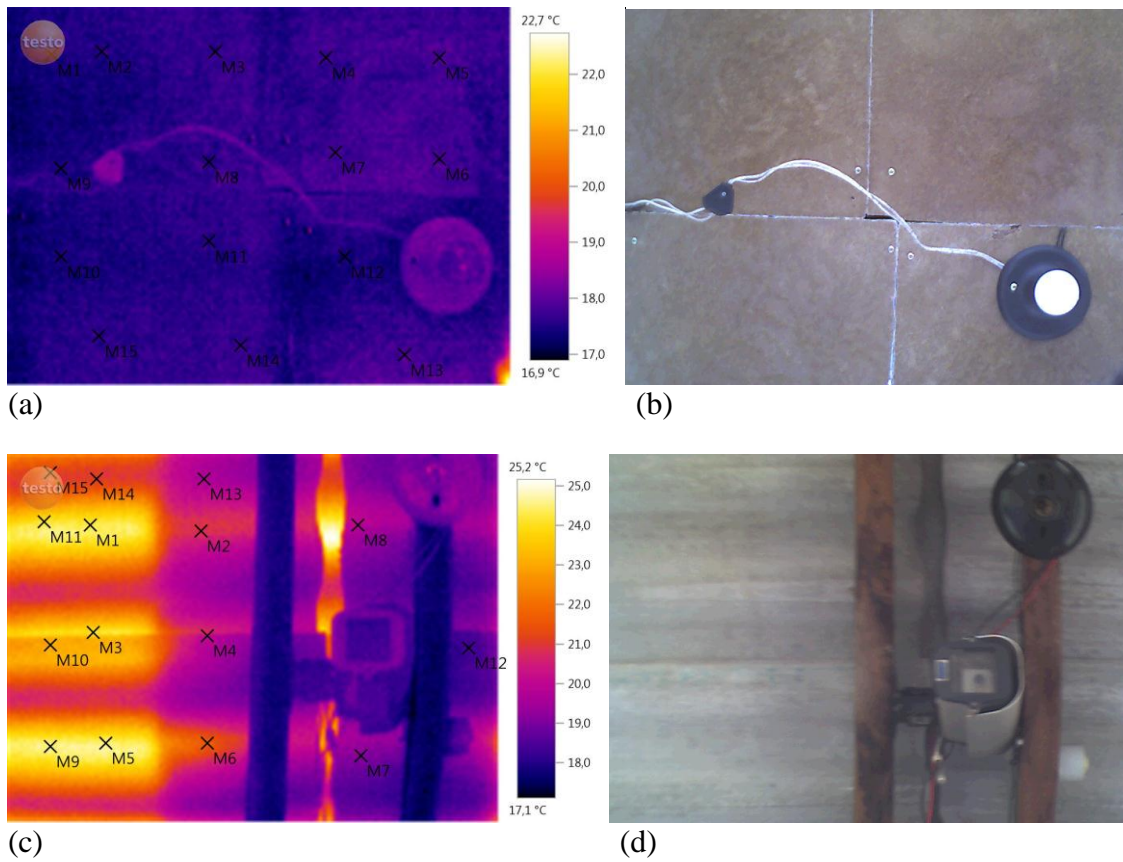
Fonte: Autora.

5.5 1 Análises termográfica

As análises foram feitas durante três horários: 8h, 12h e 16h; no período de 04 dias (29 de Julho a 01 de Agosto de 2017), estação de inverno. A termografia infravermelha, conforme Eddy et al. (2001) é baseada no princípio em que os corpos são formados de matéria e emitem certa carga de radiação vermelha proporcional a sua temperatura. A análise pela câmera termogravimétrica registrou temperaturas máximas entre 41 a 43,6°C na instalação sem forro (I2), isso demonstrou melhor desempenho térmico na instalação com forro (I1) que registrou a máxima em 27,1 a 27,8° C, indicando que o forro agiu como um isolante térmico.

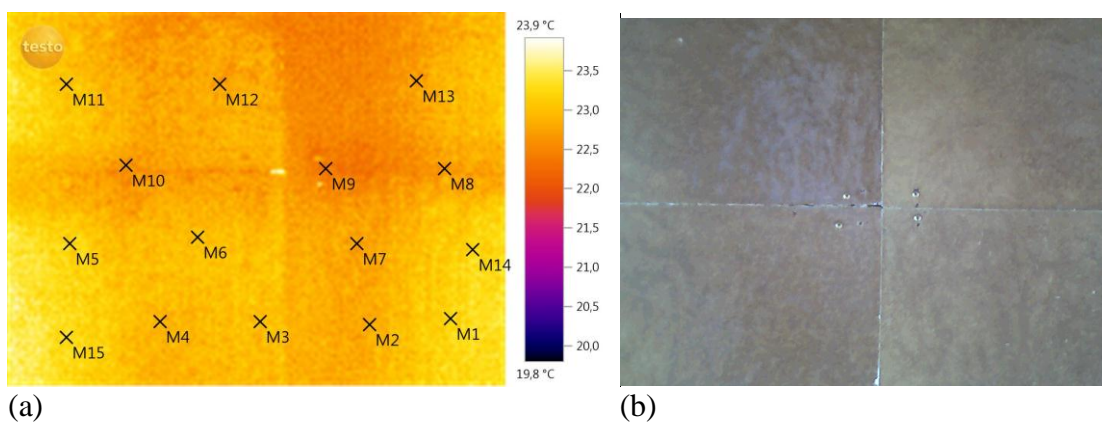
As imagens selecionadas (Figuras 58, 59 e 60) foram coletadas no dia 01.08.2017, durante os três horários. Observa-se que no horário das 8h a I1 obteve temperaturas médias em 16,9 a 22,7°C, a I2 obteve valores superiores em 2,5°C e no horário das 16h a I2 atingiu a temperatura máxima de 40,3°C diferindo da I1 que atingiu a máxima com 26,4°C.

Figura 58: a) Imagem termográfica da I1 (8h); b) Imagem real da I1 (8h); c) Imagem termográfica da I2 (8h); d) Imagem real da I2 (8h).



Fonte: Autora.

Figura 59: a) Imagem termográfica da I1 (12h); b) Imagem real da I1 (12h); c) Imagem termográfica da I2 (12h); bd) Imagem real da I2 (12h).



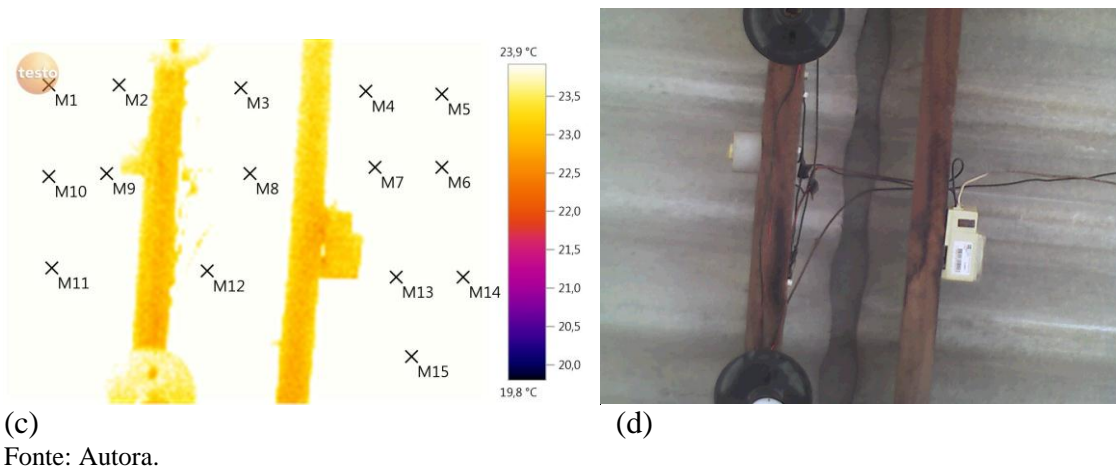
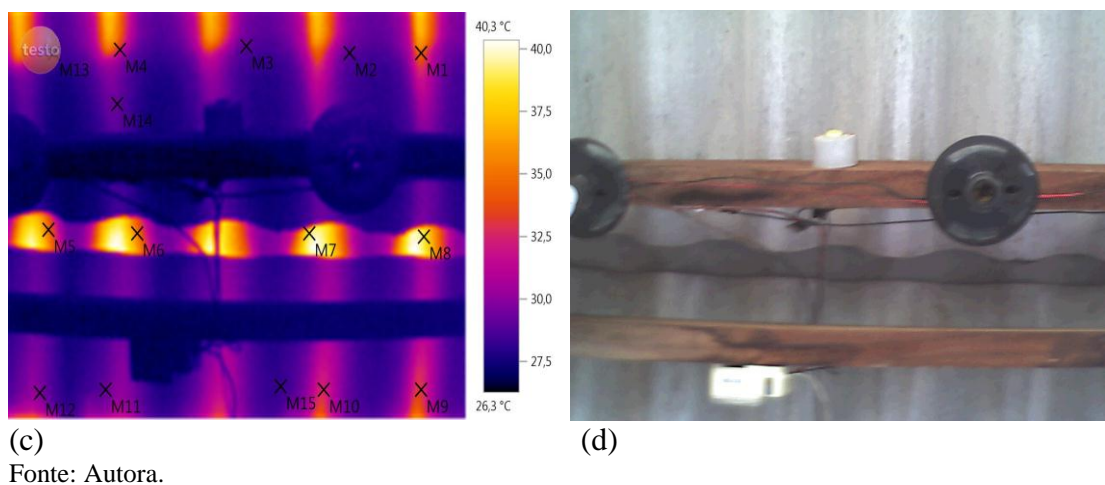
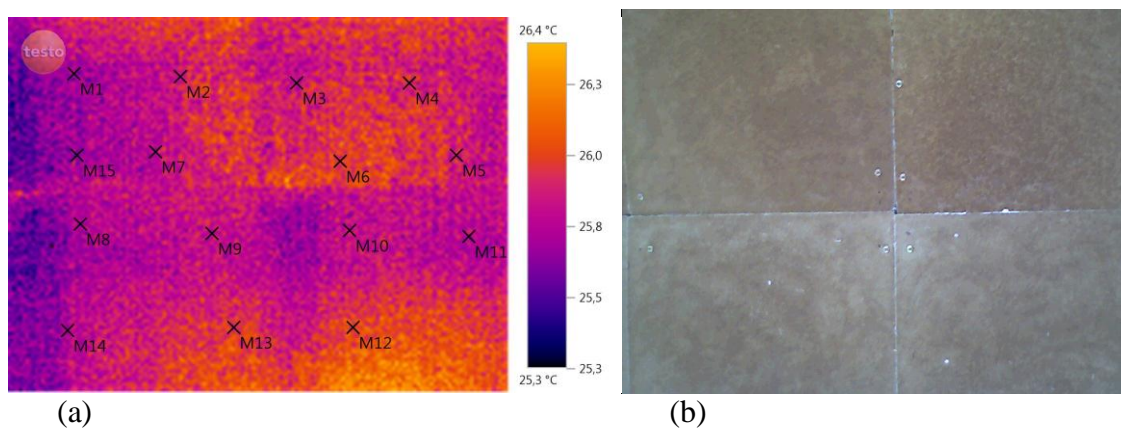


Figura 60: a) Imagem termográfica da I1 (16h); b) Imagem real da I1 (16h); c) Imagem termográfica da I2 (16h); d) Imagem real da I2 (16h).



A Tabela 38 apresentam valores médios de temperatura e emissividade obtidos através de delineamento inteiramente casualizado (DIC) com os quinze pontos estipulados no forro das duas instalações, em três horários e durante 4 dias. A análise de variância (ANOVA) para a variável dos índices de conforto térmico demonstrou o P-valor menor que 0,05 em alguns horários, podendo afirmar que existe efeito de

tratamento, essa diferença pode-se observar pelo método Tukey a 5% de probabilidade que as médias foram compartilhadas com agrupamentos AA/AB.

Tabela 38: Variáveis de temperatura e emissividade das Instalações 1 e 2.

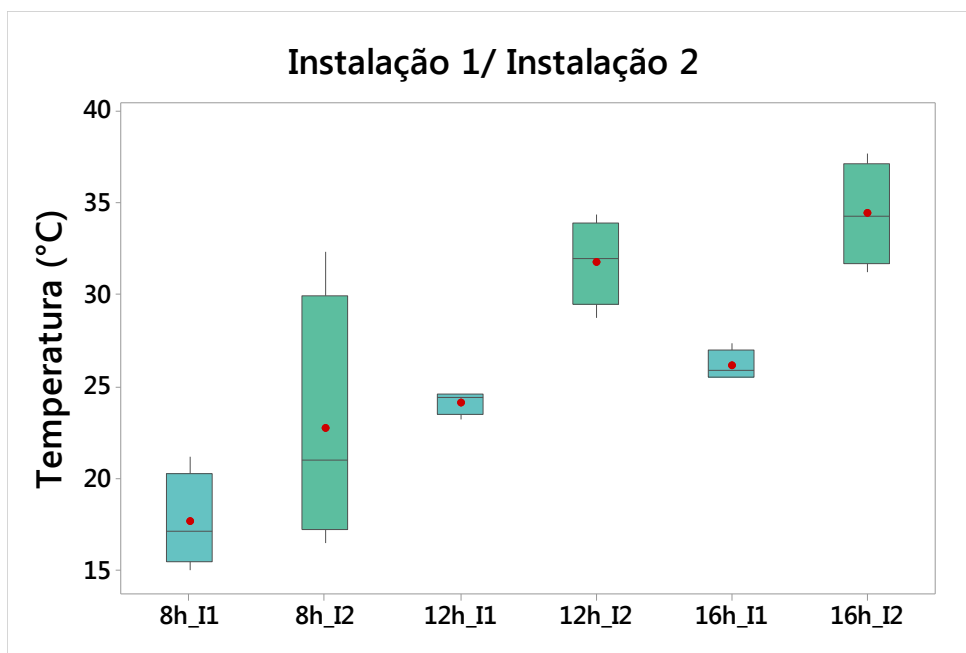
Variáveis	Temperatura (°C)	Temp. Refletida (°C)	Emissividade (ε)
Instalação 1			
8h	17,65 a	19,0 a	0,977 a
12h	24,16 a	19,0 a	0,977 a
16h	26,16 b	19,0 a	0,977 a
Instalação 2			
8h	22,75 a	19,0 a	0,977 a
12h	31,81 a	19,0 a	0,977 a
16h	34,41 a	19,0 a	0,977 a

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Fonte: Autora.

Observa-se que as médias foram mais brandas que as temperaturas máximas atingidas, a I1 manteve-se entre 17,65 a 26,16°C enquanto a I2 chegou à temperatura média de 34,4°C no horário das 16h. A Figura 61 representa a dispersão dos conjuntos de dados de temperatura das Instalações 1 e 2.

Figura 61: Gráfico Boxplot de Temperatura (I1 e I2).



Fonte: Autora.

A emissividade é relacionada com as fontes baixas de temperatura (ondas longas), quando a superfície está exposta à radiação solar as propriedades desta superfície são representadas pela absorvidade; de acordo com Souza (2010) todo material com temperatura acima de zero Kelvin (zero absoluto) emite radiação eletromagnética, essa emissão é denominada como emissividade (ϵ). Os índices de emissividade (ϵ) foram iguais para as duas instalações com valores reais de 0,97 e 0,98, definidos pela média em 0,977; o mesmo autor nomeia os valores na faixa de $0 < \epsilon < 1$, que fornece uma medida na capacidade de emissão de energia dependendo da superfície e de seu acabamento. São apresentados na Tabela 39 alguns valores típicos de emissividade e do tratamento 50PP35CA15FC, utilizado neste ensaio.

Tabela 39: Valores típicos de emissividade para alguns materiais.

Tipo de superfície	Emissividade (ϵ)
Alumínio – altamente polido	0,04
Água	0,96
Areia	0,90
Concreto	0,88 / 0,93
Vidro comum de janela	0,90 / 0,95
Placas de amianto	0,93 / 0,96
Placas de gesso	0,90 / 0,92
Concreto aparente	0,85 / 0,95
Telha de barro	0,85 / 0,95
Tijolo aparente	0,85 / 0,95
Reboco claro	0,85 / 0,95
Madeira	0,82 / 0,92
Painel 50PP35CA15FC	0,97 / 0,98
Vegetação	0,92 / 0,96

Fonte: Adaptado (SOUZA, 2010; <http://www.labeee.ufsc.br>).

6. CONCLUSÕES

Foram produzidos painéis com resíduos da agroindústria como a casca de arroz e a fibra de coco, e utilizado para matriz polimérica o polipropileno, sendo quatro tratamentos. Conforme os ensaios físicos-mecânicos e térmicos foi selecionado o Tratamento 50PP35CA15FC para elaboração de painéis.

O desenvolvimento dos painéis em diferentes tratamentos permitiu observar o comportamento de um polímero que geralmente, usado para processo de injeção e com alto índice de fluidez, não se comportaria adequadamente em uma máquina de prensa, mas com a distribuição do painel em camadas e a utilização da fibra *in natura* possibilitaram esse processo.

A avaliação dos painéis produzidos foram por meio de ensaios de densidade, inchamento e absorção de água (2h e 24h), flexão estática (MOR e MOE), arrancamento de parafuso, microscopia eletrônica de varredura (MEV) e condutividade térmica, conforme as normas NBR 14810 (2013) e ANSI A208. 1-2006. De acordo com a análise estatística de delineamento inteiramente casualizado (DIC) e a análise de variância ANOVA, ($p < 0,05$) foi caracterizado o tratamento 50PP30CA20FC, por atingir a densidade de $608,35 \text{ kg/m}^3$, que se classifica como média densidade de acordo com a NBR 14810 (2013). A classificação mínima para materiais isolantes é de $0,25 \text{ W/mK}$, nesse ensaio todos os tratamentos foram considerados como isolantes térmicos de baixa condutividade, porém conforme a homogeneidade e aspecto visual do painel o tratamento 50PP35CA15FC foi o que atingiu maior uniformidade, com valor de $0,141 \text{ W/mK}$.

Foram instalados os painéis em um protótipo (localizado na UNESP, câmpus de Tupã) e avaliado seu desempenho comparando com outro protótipo sem forro, coberto em telha de fibrocimento. Para a análise dos índices de conforto ITU e ITGU utilizou-se o programa Orvalho considerando as aves com três semanas de vida, obteve-se média de 70 / 71 para o ITU, onde as aves estariam em situação de conforto nas duas instalações. Para o ITGU somente a instalação 1 (com forro) encontrou-se em situação de conforto nos horários das 12h, 14h e 16h, a instalação 2 (sem forro) registrou situação de estresse pelo frio nos quatro horários coletados.

O resultado das imagens termográficas demonstraram que as temperaturas foram menores na instalação 1 com média de $22,65^\circ\text{C}$, temperatura dentro da faixa de termoneutralidade para aves com três semanas de vida. A instalação 2 apontou

temperatura média de 29,65°C, provocando estresse por calor nas aves com três semanas de vida. Observa-se que o forro agiu como um isolante térmico, mesmo que as temperaturas registradas pelos *dataloggers* no período apontaram um ambiente confortável para ambas as casas.

7. PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE

- Testar a vida útil (durabilidade) dos painéis em ambientes externos;
- Agregar materiais na camada interna, elaborando um painel termo-acústico;
- Analisar o uso com outros tipos animais e construções;
- Ensaios com outros tamanhos de fibras e diferentes proporções de polímeros, para analisar a homogeneidade.
- Continuar com a pesquisa, no período de um ano, para coletar os dados de ambiência térmica, relacionando com o desenvolvimento dos aviários e a qualidade dos ovos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-1: **Desempenho térmico de edificações** – Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2: **Desempenho térmico de edificações** – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: **Desempenho térmico de edificações** – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810: **Chapas de madeira aglomerada**. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

AGUNSOYE, J.O.; ISAAC, T.S.; SAMUEL, S.O. Study of mechanical behaviour of coconut Shell reinforced polymer matrix composite. **Journal of minerals and materials characterization and engineering**, v. 11, p.774-779, 2012.

ALONGE, F.A.; CHAMMA, P.V.C.; ROCHA, R.R. Produtos ecoeficientes na arquitetura: a produção de painéis feitos a partir do compósito de plástico e casca de arroz. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 1, 2014, pp. 13-27.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE . **ANSI A208.1-1993**: mat-formed wood particleboard: Specification. Gaithersburg: National Particleboard Association, 1993. p.1-9.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D1037-90**: standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials. Philadelphia: Anual Book of ASTM Standards, v.04.09 Wood, 1996. 30 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2565-99**: standard practice for xenon-arc exposure of plastic intended for outdoor applications. Philadelphia: Anual Book of ASTM Standards, v.08.01, 1999.

AZEVEDO, M. de et al., 2005. **Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação**. R. Bras. Zootec., vol.34, n.6.

AZEVEDO, J.B.; VIANA, J.D.; CARVALHO, L.H.; et al. Caracterização de compósitos obtidos a partir de polímeros biodegradável e casca de arroz utilizando duas técnicas de processamento. **Revista matéria**, v.21, n.2, pp. 391-406, 2016.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2.Ed. Viçosa: EDUFV, 2010, 269p.

BENINI, K.C.C.C.; **Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos reforçados com fibras lignocelulósicas: HIPS / fibra de casca do coco verde e bagaço de cana de açúcar.** 2011. 125 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.

BOARD. SCAN-C46:96: **Wood chips for pulp production** - Bulk Density. Stockholm, Sweden, 1996. 4 p.

BOTELHO, M. W.; OLIVEIRA, J.L.; DAMASCENO, F.A.; et al. Conforto térmico em instalação comercial de as poedeiras no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Energia na Agricultura**, v.31, n.1, p. 64- 71, 2016.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.;PITT, D. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as a comfortequation for dairy cows. **Transactions of the A.S.A.E.**, v.24, p.711-714, 1981.

BUFFINGTON, D.E., COLLIER, R. J., CANTON, G. H. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. Transactions of the A.S.A.E, no 26, pp. 1798-1802, 1983.

CAMERINI, N.L.; SILVA, R.C.; NASCIMENTO, J.W.B.; et al. Variação de temperatura superficial de aves poedeiras criadas em dois sistemas de criação utilizando termografia. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.12, n. 2, p. 145-152, 2016.

CAMPOS, E. J. **Programa de alimentação e nutrição para aves de acordo com o clima.** Reprodutoras. In: Simposio Internacional de Ambiência e Instalação na Avicultura Industrial, 1995, Campinas. Anais. Campinas: FACTA, 1995. p.251-257.

CARVALHO, R.L.L.; SANTOS, A.O.dos; ALVES, C.R.; et al. **Influência da cor do telhado nos índices de conforto térmico animal.** 4º Encontro em engenharia de edificações e ambiental, EEEA, Cuiabá, 2016.

CASSUCE, D.D; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; et al. Atualização de temperatura de conforto térmico para frangos de corte até 21 dias de idade. **Revista Engenharia Agrícola**, vol. 33, nº 1. Jaboticabal, 2013.

CELLA, P. S.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. M.; et al. Níveis de lisina mantendo a relação aminoacídica para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade, em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.30, n.2, p.440- 448, 2001.

CHAMMA, P. V. C. **Produção de painéis a partís de resíduos sólidos para uso como elemento arquitetônico.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** – v. 3, n.4. Brasília: Conab, 2016.

CORDEIRO, M. B., TINÔCO, I. F.F., FILHO, R.M.M.; et al. Análise de imagens digitais para avaliação do comportamento de pintinhos de corte. **Revista engenharia agrícola**. v.31, n.3, 2011.

CORDEIRO, M. B., TINÔCO, I. F.F., SILVA, J. N., et al. Conforto Térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.217-224, 2010.

COSTA, E. C. G. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural**. – São Paulo, Ed. Blucher, 1982.

CRAVO, J.C.M; SARTORI, D.L.; NAKANISHI, E.Y.; et al. Forro ecológico de resíduos agroindustriais para galpões avícola. **Ciência rural**, v.44, n.8, p. 146-1471, 2014.

CRAVO, J.C.M. **Compósito particulado de baixa densidade com casca de amendoim, fibra de coco verde e resina poliuretana à base de óleo de mamona para aplicação como forro de galpões avícolas**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – USP, Pirassununga, 2013.

CRAVO, J.C.M. **Painéis de partículas de saco de cimento e embalagem longa vida aplicados como forro em protótipos de aviários**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – USP, Pirassununga, 2016.

CUNHA, E. G. (organizador). **Elementos de arquitetura de climatização natural**. 2º edição – Porto Alegre, Ed. Masquatro, 2006.

DINHANE, F.C.R. **Propriedades físico-mecânicas de painéis de mdp (*medium density particleboard*) constituído de bambu e fibra de coco**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2015.

EDDY, A.L., VANHOOGMOED, L.M., SNYDER, JR (2001). The Role of Thermography in the Management of Equine Lameness. **Veterinary of Journal**, 162:172-181, 2001.

FERRO, W.P.; **Utilização da cinza da casca de arroz como carga em matriz de poliamida 6 submetida à radiação ionizante**. Tese (Doutorado). São Paulo: IPEN, 2009.

FROTA, A. B., SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 5º edição- São Paulo, Ed. Studio Nobel, 2001.

GATES, R. S.; ZHANG, H.; COLLIVER, D. G.; OVERHULTS, D. G. Regional Variation in Temperature Humidity Index for Poultry Housing. **Transactions of the A.S.A.E.**, v.38, n.1, p.197-205, 1995.

GEMELLI, Carolina S. B. **Avaliação de conforto térmico, acústico e lumínico de edificação escolar com estratégias sustentáveis e bioclimáticas: o caso da Escola Municipal de Ensino Fundamental Frei Pacífico**. 2009. Tese (Mestrado em Engenharia)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

GLATZ, P. e RODDA, B. Turkey farming: Welfare and husbandry issues. **Academic Journals**, v. 8, pp. 6149-6163, 2013.

HICKERT, L.R. **Otimização da hidrólise da casca de arroz (oryza sativa) e avaliação da capacidade de bioconversão deste hidrolisado a etanol e xilitol por leveduras** (dissertação). Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2010.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de S. Houaiss – dicionário da língua portuguesa. 3º edição rev. e aumentada. Rio de Janeiro, Ed. Objetiva, 2009.

KIM, H.; KIM, S.; KIM, D.; et al. Effect of silane coupling ligent on the flexural property of glass fiber reinforce composite film. **Journal of materials science and chemical engineering**, p. 38-42, 2014.

KOWALTWSKI, Doris C. C. K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo, Ed. Oficina de textos, 2011.

KOWALTWSKI, Doris C. C. K. et al. **Ensino de projeto bioclimático: o papel dos problemas e restrições no processo criativo**. In: IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 10 ago. 2007, Ouro Preto, MG. Anais. Ouro Preto, 2007. p. 280-289.

ISHIZAKI, M. H.; VISCONTE, L. L. Y.; et all. Caracterização mecânica e morfológica de compósitos de polipropileno e fibras de coco verde: influência do teor de fibras e das condições de misturas. **Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.16, n.3, p.182-186, 2006.

JÁCOME, I.M.T.D.; FURTADO, D.A.; LEAL, A.F.; et al. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. **Revista Engenharia Agrícola**, vol. 11, n° 5. Campina Grande, 2007.

JAFELICE, D.A. **Caracterização de compósitos de polipropileno reciclado e fibra de coco**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2013.

LAMBERTS, R., DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo, Ed. PW, 1997.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto Térmico e Stress Térmico**. Disponível em: <<http://dec.ufms.br/lade/docs/cft/ap-labee.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.

LEÃO, R.M. **Tratamento superficial de fibra de coco e aplicação em materiais compósitos como reforço do polipropileno**. Dissertação (Mestrado)- Universidade de Brasília – UnB. 2012.

LEÃO, R.M.; LUIZ, S.M.; ARAÚJO, J.A.; et al. The recycling of sugareane fiber/polypropylene composites. **Materials Research**, v.18, n.4, Aug., 2015.

LOBO, R.N.B.; VILLELA, L.C.V.; LOBO, A.M.B.O.; et al. Parâmetros genéticos de características estimadas da curva de crescimento de ovinos da raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1012-1019, 2006.

MACHADO, B.A.S.; REIS, J.H.O.; SILVA, J.B.; et al. Obtenção de nanocelulose da fibra de coco verde e incorporação em filmes biodegradáveis de amido plastificados com glicerol. **Química Nova**, v.37, n.8, São Paulo, 2014.

MACHADO, N. S.; TINÔCO, I. F. F.; ZOLNIER, S.; et al. Aspersão de água de chuva armazenada sobre a cobertura de aviários com telhas de aço na região centro oeste do Brasil. **Nucleus**, v. 13, n.1, 2016.

MACIEL, A. A. **Integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MANO, B. I. S. **Compósitos de PP com fibras de curauá obtidos por extrusão/injeção: processamento, formulação, degradação e estabilização**. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

MASCARÓ, L. R. **Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. 2º edição – São Paulo, Ed. Projeto, 1991.

MENDES, LM.; MENDES, S.A.; IWAKIRI,S.; et al. Influência da densidade do painel e da composição em camadas nas propriedades físico-mecânicas de painéis “OSB” de clones de eucalyptus spp. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 379-385. 2008

MOHAN, M.; GUPTA, A. e BHATI, S. A modified approach to analyze thermal comfort classification. **Atmospheric and climate sciences**, v.4, p. 7-19, 2014.

MILAGRES, E.G.M; VITL, B.R.V.; LÚCIA, .M.D.; et al. Compósitos de partículas de madeira de *eucalyptus grandis*, polipropileno e polietileno de alta e baixa densidades. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.463-470, 2006.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 15: ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2014. 82 p.

MONTEIRO, S. N.; TERRONES, L. A. H.; CARVALHO, E. A. de.; et al. Efeito da interface fibra/matriz sobre a resistência de compósitos poliméricos reforçados com fibras de coco. **Revista Matéria** (On line: <<http://www.scielo.br/pdf/rmat/v11n4/v11n4a04>>), v.11, n.4, p.394-402, 2006.

MOURA, A.S. **Estudo comparativo das propriedades mecânicas e térmicas entre compósitos de phb (polihidroxibutirato) reforçados com casca de arroz ou fibra de coco**. Dissertação (Mestrado)- Universidade de Brasília – UnB. 2014

NÄÄS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo, ed. Ícone, 1989.

NÄÄS, I.A. Princípios de bem-estar animal e sua aplicação na cadeia avícola. **Rev. Biológica**, v. 70, n.2, 105-106. São Paulo, 2008.

NAM, G.; WU, N.; OKUBO, K.; et al. Effect of natural fiber reinforced polypropylene composite using resin impregnation. **Agricultural Sciences**, v.5, p. 1338- 1343, 2014.

ONO, H.S.P.; KAWAMURA, T. Sensible climates in monsoon Asia. **International Journal of Biometeorol**, Ibaraki, v. 35, p.39-47, jan. 1991

OWADA, A.N.; NÄÄS, I.A.; MOURA, D.J.; et al. Estimativa de bem-estar de frango de corte em função da concentração de amônia e grau de luminosidade no galpão de produção. **Eng. Agrícola**, v.7, n.3 p.611-61. Jaboticabal, 2007.

PUPO, H. F. F. de. **Painéis alternativos produzidos a partir de resíduos termoplásticos e da pupunheira (*Bactris gasipaes Kunth*)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

PUPO, H. F. F. de. **Viabilidade técnica de produção de compósitos, a partir de resíduos, processados por extrusora ou drais e moldados por injeção**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

SANDA, M.E. e OYINANE, S. I.; Evaluation of the performance of laying hens placed on drinking water fortified with warterleaf (*Talinum triangulare* (Jacq.) Willd) aqueous extract. **Academic Journals**, v.5, pp. 34-35, July, 2015.

ROSA, Y. B. C. J. **Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico em condições de verão, para Viçosa**. Viçosa: UFV, 1984. 77p. Dissertação Mestrado.

SANTOS, R. C.; TINÔCO, I. F. F.; PAULO, M. O.; CORDEIRO, M. B.; SILVA, J. N. Análise de coberturas com telhas de barro e alumínio, utilizadas em instalações animais para duas distintas alturas de pé-direito. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, vol.6, n.1, pp. 142-146, 2002.

SARTORI, D.L. **Painel portante estrutural com chapa de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina de mamona para centro de manejo de bovinos**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – USP, Pirassununga, 2012.

SARTORI, D.L. **Painel modular de chapas de partículas de bagaço de cana para fechamento lateral de instalação para bovinos**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – USP, Pirassununga, 2015.

SMITH, W.F. e HASHEMI, J. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais**. Ed. AMGH Ltda e Bookman, 5° ed. São Paulo, 2012.

SPADETTI, C.; FILHO, E.A.S.; SENA, G.L.; et al. Propriedades térmicas e mecânicas dos compósitos de polipropileno pós-consumo reforçados com fibras de celulose. **Polímeros**, v.27, p. 84- 90, São Carlos, 2017.

SILVA, C.C.C.; TROIAN, S.P.; ROCHA, L.A.O.; et al. Simulação numérica e método *Constructal Design* aplicados ao estudo de placas perfuradas de material compósito submetidos à flexão. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.7, n.2, 2015.

SILVA, D.G.C.; SILVA, A.J.C.; SILVA, D.; et al. Estudo do efeito e fibras de coco em argamassa de revestimento. **Cenar**, v.2, n.2, 2016.

SILVA, I.J.O e VIEIRA, F.M.C. **Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: o caso da avicultura de corte brasileira**. Arch. Zootec. 59: 113-131. Núcleo de pesquisa em ambiência (NUPEA/ ESALQ- USP) 2010.

SIMONS, B.; KORANTENG, C.; ADINYIRA, E.; et al. An assessment of thermal comfort in multi storey office building in Ghana. **Journal of building construction and planning research**, v.2, p. 30-38, 2014.

SOUZA, A. PAVÃO, H. G., LASTORIA, G., et all. Um estudo de conforto térmico para o Mato Grosso do Sul. **Revista de estudos ambientais** (On line), v.12, p.15-25, jul./ de. 2010.

SOUZA, C.T. Construção, conforto ambiental e uso racional de energia. PIBIC / CNPq – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

STAUB, L.; MORAES, M.D.G.; SANTOS, M.G.; et al. Ambiência interna e externa em galpão de frangos de corte nas diferentes épocas do ano e fases de criação. **Nativa**, v.4, n.3, p.128-133. Sinop, 2016.

TINÔCO, I.F.F.; FIGUEIREDO, J.L.A.; SANTOS, R.C. et al. Placas porosas utilizadas em sistemas de resfriamento evaporativo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.12, n.1, p.17-23, 2004.

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

VERZA, S.P.; PEIXOTO, T.M.; TAMEIRO, C.Y.; et al. LED in production systems of laying hens: An alternative to increase sustainability. **Academic Journals**, v. 12, pp. 1379- 1384, April, 2017.

VIEIRA, R.J.A. **Desenvolvimento de painéis confeccionados a partir de fibras de coco para controle acústico de recintos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, 2008.

VOGADO, G.M.S.; VOGADO, K.T.S.; FONSECA, W.J.L.; et al. Evolução da avicultura brasileira. **Nucleus Animalium**, v.8, n.1, 2016

WANG, S. H. Construction Material Science, China Construction Industry Publisher, Beijing, 1988.

WENDY, R.C. e RODRIGUE, D.; Auto-hybridization of polyethylene/ maple composites: the effect of fiber size and concentration. **Polymers e polymer composites, shropshire**, v.25, p. 471-482, 2017

WONDMENEH, E.; WAAIJ, E. H. der; USO, H.M.J.; et al. Village poultry production system: Perception of farmers and simulation of impacts of interventions. **African Journal of Agriculture Research**, v.11, pp. 2075- 2081, June, 2016.

<http://blogmundopossivel.ne10.uol.com.br/economia/empresa-aproveita-a-agua-a-polpa-e-os-residuos-do-coco-que-se-transformam-em-novas-fontes-de-receita/>< Acesso em 23/03/2016>

<http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?id=4563>< Acesso em 23/03/2016>

<http://www.labeee.ufsc.br/> < Acesso em 19/01/2016>

<https://www.asiacomentada.com.br/2016/06/tecnologia-da-produo-de-frangos-nos-eua/#more-21978>< Acesso em 26/02/2017>

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_09_00_46_boletim_graos_janeiro_2016.pdf< Acesso em 02/03/2017>

<http://flores.culturamix.com/informacoes/fibra-de-coco-verde> < Acesso em 10/01/2017>

<http://www.mfrural.com.br/detalhe/casca-de-arroz-moida-119331.aspx> < Acesso em 10/01/2017>

<http://www.permutalivre.com.br/689892/polipropileno-pp-granulado-virgem.html>< Acesso em 10/01/2017>