



JÉSSICA THAIS MÜZEL LIMA

**ESTUDO DA PRODUÇÃO DE COMPÓSITO COM BAMBU
Dendrocalumus asper E CASCA DE LARANJA PARA UTILIZAÇÃO EM
EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS**

Itapeva – São Paulo

2022



JÉSSICA THAIS MÜZEL LIMA

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE COMPÓSITO COM BAMBU
***Dendrocalumus asper* E CASCA DE LARANJA PARA UTILIZAÇÃO EM**
EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Itapeva, como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Maristela Gava

Itapeva – São Paulo

2022

L732e

Lima, Jéssica Thais Müzel

Estudo da produção de compósito com bambu *Dendrocalumus asper* e casca de laranja para utilização em embalagens biodegradáveis
/ Jéssica Thais Müzel Lima. -- Itapeva, 2022

50 f. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciências e Engenharia, Itapeva

Orientadora: Maristela Gava

1. Embalagens biodegradáveis. 2. Casca de Laranja. 3. Recursos naturais renováveis. 4. Bambu. I. Título.

JÉSSICA THAIS MÜZEL LIMA

**ESTUDO DA PRODUÇÃO DE COMPÓSITO COM BAMBU
Dendrocalumus asper E CASCA DE LARANJA PARA UTILIZAÇÃO
EM EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira, da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Itapeva.

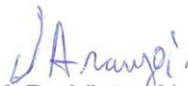
BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof.^a Dr.^a Maristela Gava
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Itapeva.



2º Examinador: Prof.^a Dr.^a Juliana Cortez Barbosa
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Itapeva.



3º Examinador: Prof. Dr. Victor Almeida de Araújo
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Itapeva.

Itapeva, 03/02/2023.

“Com grandes poderes, vêm grandes responsabilidades.”

(Homem aranha), HQ Comics

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre está ao meu lado me guiando, me protegendo e dando sabedoria e conhecimento. Sem a sua força dada a mim não conseguiria seguir Teus caminhos até o dia de hoje.

À minha mãe Irai, que sempre esteve ao meu lado me apoiando com amor em cada tomada de decisão desde sempre e para sempre.

Quero agradecer aos meus colegas de turma, por esses 6 anos de convivência, muitas risadas e também muito aprendizado.

Quero agradecer ao meu grupo, Carlla Camilly, Gabriela Lima, Jasmine Borba e Juliano Murilo pela parceria, pela paciência e por nossos inúmeros trabalhos juntos. Essa amizade que vai além da faculdade.

Agradeço à professora, tutora, orientadora e também amiga Maristela Gava, a qual me deu primeiramente a oportunidade de trabalhar com o grupo PET e também esse trabalho maravilhoso ao qual sinto muito orgulho em desenvolvê-lo.

Agradeço também pelo grupo PET, o qual foi uma oportunidade ímpar, e que agregou demais em minha vida. Ao qual dediquei meu tempo e amor. Levarei grande bagagem do aprendizado adquirido nesse grupo.

Por último, mas não menos importante agradeço à universidade e todos os seus funcionários (professores, técnicos, administradores, pessoal da limpeza, segurança e mais) por ter promovido essa oportunidade de estudar em um ambiente maravilhoso, no qual nunca me faltou nada, somente acrescentou conhecimentos, os quais levarei para o resto da vida

Sou imensamente grata a cada um que contribuiu para a realização do meu trabalho, meu muito obrigada.

RESUMO

O crescimento populacional e econômico mundial tem como consequência o aumento na geração de lixo urbano. Em vista disso, cada dia aumenta o interesse em desenvolver embalagens biodegradáveis a fim de substituir as embalagens tradicionais que utilizam como matéria-prima materiais sintéticos não biodegradáveis, que comprometem o meio ambiente em consequência de seu descarte incorreto. Os materiais de origem agrícola são os insumos mais utilizados como matéria-prima para produção de embalagens biodegradáveis, destacando-se a casca da laranja, devido ao seu baixo custo, baixa densidade e biodegradabilidade. Nesse sentido, o trabalho propôs avaliar a viabilidade técnica da produção compósito para aplicação em embalagens biodegradáveis, a partir de resíduos da casca de laranja e partículas de bambu da espécie *Dendrocalumus asper*, já que o mesmo é considerado um recurso renovável e também gera um grande volume de resíduos. Foram realizados vários testes variando a umidade dos materiais e as condições de temperatura, pressão e tempo de prensagem. O compósito com resultado mais satisfatório foi com 70% de casca de laranja e 30% de partículas de bambu com prensagem à 140°C por 12 minutos, apresentando boa resistência com o manuseio, além de boa aparência. Em seguida foram confeccionados os corpos de prova, e realizados os ensaios de caracterização física (densidade, teor de umidade, inchamento durante 24h, biodegradação em solo e análise sensorial) baseadas na norma ABNT NBR 14810-2/2018. Pode-se concluir que há viabilidade técnica de produzir compósitos com casca de laranja e partículas de bambu para a elaboração de embalagens biodegradáveis, porém, como trabalhos futuros, sugere-se a realização do teste de Determinação do desempenho em exposição à umidade, além de mais estudos a cerca principalmente da casca de laranja, devido à pouca bibliografia disponível.

Palavras-chave: Bioresíduos, casca de laranja, bambu.

ABSTRACT

The worldwide population and economic growth has resulted in an increase in the generation of urban waste. In view of this, every day there is an increasing interest in developing biodegradable packaging in order to replace traditional packaging that uses non-biodegradable synthetic materials as raw material, which compromise the environment as a result of its incorrect disposal. Materials of agricultural origin are the most used inputs as raw material for the production of biodegradable packaging, highlighting the orange peel, due to its low cost, low density and biodegradability. In this sense, the work proposed to evaluate the technical feasibility of producing composite for application in biodegradable packaging, from orange peel waste and bamboo particles of the *Dendrocalumus asper* species, since it is considered a renewable resource and also generates a large volume of waste. Several tests were carried out varying the humidity of the materials and the conditions of temperature, pressure and pressing time. The composite with the most satisfactory result was made with 70% orange peel and 30% bamboo particles, pressed at 140°C for 12 minutes, showing good resistance to handling, in addition to good appearance. Then, the test specimens were made, and the physical characterization tests were carried out (density, moisture content, swelling for 24 hours, biodegradation in soil and sensory analysis) based on the ABNT NBR 14810-2/2018 standard. It can be concluded that there is technical feasibility of producing composites with orange peel and bamboo particles for the elaboration of biodegradable packages, however, as future works, it is suggested the performance of the Determination of performance test in exposure to humidity, in addition to further studies mainly concern the orange peel, due to the limited bibliography available.

Keywords: Biowaste, orange peel, bamboo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura Molecular do ácido cítrico	8
Figura 2: Estrutura de um material compósito com diferentes arranjos das fibras.....	11
Figura 3: Material após corte na serra circular de bancada.....	12
Figura 4: Moinho	13
Figura 5: Estufa.....	13
Figura 6: Partículas de bambu em processo de secagem em estufa	14
Figura 7: Casca de laranja.....	14
Figura 8: Material após secagem em estufa por 48h.....	15
Figura 9: Material após moinho	15
Figura 10: Casca de laranja úmida	16
Figura 11: Processo de formação do compósito úmido e seco.....	17
Figura 12: Prensa Hidráulica.....	17
Figura 13: Corpos de prova.....	19
Figura 14: – Local da medição da espessura e das dimensões do corpo de prova	19
Figura 15: Dispositivo para submersão de corpos de prova em água	21
Figura 16: Corpo de prova para o ensaio de Inchamento.....	22
Figura 17: Ensaio de biodegradação em solo	23
Figura 18: Recipiente 1	24
Figura 19: Recipiente 2	24
Figura 20: Teste 1	25
Figura 21: Teste 2	26
Figura 22: Teste 3	26
Figura 23: Teste 4	27
Figura 24: Teste 5	27
Figura 25: Resultado Inchamento por 24h.....	30
Figura 26: Após 20 dias de teste.....	31



Figura 27: Após 40 dias de teste.....	31
Figura 28: Após 60 dias de teste.....	31



LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição Química do Bambu	10
Tabela 2: Proporção dos materiais para formação dos compósitos.....	16
Tabela 3: Dimensões dos corpos de provas para cada tipo de ensaio	18

Sumário

1. INTRODUÇÃO:	2
2. OBJETIVO:.....	3
2.1. Objetivos específicos:.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:	4
3.1 EMBALAGENS	4
3.2 A IMPORTÂNCIA DAS EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS	4
3.3 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	5
3.3.1 CASCA DE LARANJA	7
3.3.2 ÁCIDO CÍTRICO	8
3.4 PARTICULADO DE BAMBU	9
3.5 COMPÓSITOS.....	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS:	12
4.1 Local de realização do trabalho	12
4.2 Preparo das partículas de bambu	12
4.3 Preparo da casca de laranja.....	14
4.5 Produção dos compósitos e preparação dos corpos de prova	16
4.6 Ensaios de Determinação das Propriedades Físicas	18
4.6.1 Densidade.....	19
4.6.2 Teor de Umidade	20
4.6.3 Inchamento durante 24h	21
4.6.4 Ensaio de biodegradação em solo	22
4.6.5 Ensaio de análise sensorial	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES:	25
5.1 Testes preliminares	25
5.2 Resultado dos ensaios físicos e biológicos.....	28
5.2.1 Densidade.....	28
5.2.2 Teor de umidade	28
5.2.3 Inchamento durante 24h	29
5.2.3 Teste de biodegradação em solo.....	30
5.2.4 Análise sensorial.....	32
6. CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1. INTRODUÇÃO:

O crescimento populacional e econômico mundial tem como consequência o aumento na geração de lixo urbano. Estima-se que no ano de 2030 haverá mais de 8,6 bilhões de pessoas no mundo (ONU, 2022). Conforme dados da Associação Brasileira de Embalagens (ABRE, 2022), a produção de embalagens apresenta uma estimativa de crescimento anual de 2,7%. Entretanto, a mesma instituição aponta que, atualmente, a maioria das embalagens são produzidas a partir de polímeros sintéticos provenientes de fontes não renováveis, como o petróleo. O uso desse tipo de polímero gera um volume expressivo de resíduos sólidos que levam muito tempo para se degradar no ambiente, tornando-se fundamental a busca por novas alternativas que ofereçam menor impacto ambiental e ecológico.

Sendo assim, os problemas que são gerados pela dificuldade de reciclagem da grande maioria das embalagens disponíveis, aliada à geração de resíduos, têm incentivado pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de materiais biodegradáveis com características que permitam a sua utilização na indústria.

Os materiais de origem agrícola são os insumos mais utilizados como matéria-prima para produção de embalagens biodegradáveis, destacando-se a laranja, devido ao seu baixo custo, baixa densidade, baixa toxicidade e biodegradabilidade. A casca da laranja foi escolhida para o desenvolvimento deste projeto também por ser muito consumida na região de Itapeva, SP, visando assim, o reaproveitamento do resíduo gerado localmente.

Um outro ramo do processamento de materiais lignocelulósicos, embora menos conhecido e ainda incipiente no Brasil, é a indústria do bambu, sendo este um material que, assim como a madeira, apresenta uma grande versatilidade de aplicações que vão desde a produção de alimentos à indústria de construção civil. O Bambu é considerado um recurso renovável, pois é cultivado sem o uso de pesticidas ou fertilizantes químicos, apresenta rapidez no crescimento, alta produção e comercialização e a possibilidade de colheita anual sem replantio e ao ser mecanicamente processado, também gera um grande volume de resíduos.

Cada vez mais os resíduos vêm despertando o interesse dos pesquisadores e empresários, principalmente para verificar as possibilidades de reutilização desses materiais. Uma das formas para diminuir o desperdício e valorizar a matéria-prima é a reutilização dos resíduos.

Buscando uma alternativa economicamente viável e não prejudicial ao meio ambiente, este trabalho apresenta um estudo de uma possível forma de embalagem biodegradável, utilizando o bioresíduo da casca de laranja usualmente descartado pela indústria.

2. OBJETIVO:

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a viabilidade da produção de um compósito para aplicação em embalagens biodegradáveis, utilizando resíduos da casca de laranja e partículas de bambu da espécie *Dendrocalumus asper*.

2.1. Objetivos específicos:

Os objetivos específicos deste trabalho, são:

- Identificar a proporção do bambu e da casca de laranja, mais adequada para a produção de um compósito destinado à produção de embalagens biodegradáveis;
- Estudar a influência do bambu e da casca de laranja nas propriedades físicas do compósito, como teor de umidade e inchamento após 24 horas, conforme a NBR 14810-2:2018;
- Estudar a influência da biodegradação em solo do corpo de prova por um período de 60 dias;
- Avaliar a cor, aparência, sabor e textura das amostras através da análise sensorial após 10 dias de armazenamento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

3.1 EMBALAGENS

Segundo Faria (2002), a reciclagem de embalagens plásticas preocupa a sociedade mundial, face ao crescente volume de utilização e as implicações ambientais inerentes ao seu descarte não racional pós-consumo, como no setor de alimentos

As embalagens fazem parte da vida do homem desde as civilizações mais antigas, quando, na história da humanidade, o homem se deparou com a necessidade de um recipiente para transportar, armazenar e conservar alimentos e água para garantir sua sobrevivência em tempos de escassez (MARIANO, 2004).

Em geral seu principal objetivo é proteger o produto, com a finalidade de preservar as características do alimento, por meio das propriedades de barreira aos fatores ambientais, tais como luz, umidade, oxigênio e microrganismos, mantendo o produto sem alterações indesejáveis durante o transporte e armazenamento. Dessa forma, as embalagens passaram a conservar, expor, vender os produtos e por fim conquistar o consumidor por meio de seu visual atraente e comunicativo (MESTRINER, 2002).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2022), um terço do lixo doméstico é composto por embalagens das quais possivelmente 80% foram descartadas depois de utilizadas somente uma vez. O problema desse excesso de embalagens descartadas, ainda de acordo com o MMA, é que muitas delas, por não serem recicladas acabam por superlotar os lixões e aterros ou, também, são descartadas de forma incorreta em rios, sendo a maior quantidade formado por embalagens de sacolas plásticas.

3.2 A IMPORTÂNCIA DAS EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS

A cada dia aumenta o interesse em desenvolver embalagens biodegradáveis a fim de substituir as embalagens tradicionais que utilizam como matéria-prima materiais sintéticos não biodegradáveis, que comprometem o meio ambiente em consequência de seu descarte incorreto. Uma alternativa que não prejudica a natureza, de caráter renovável e economicamente viável, é a utilização de matérias-primas vegetais – como amido e celulose – na substituição do poliestireno expandido (NAIME, 2009).

O descarte de embalagens alimentares constitui um dos grandes problemas ambientais da atualidade. Em todo o planeta, são produzidos anualmente mais de 350 milhões de toneladas de plásticos e estima-se que 85% do lixo presente nos oceanos seja constituído por esse material. O Brasil ocupa o quarto lugar no ranking mundial, com a produção de aproximadamente 11 milhões de toneladas por ano. O agravante é que a maioria das embalagens plásticas é fabricada a partir de fontes não renováveis, como o petróleo (ARANTES, 2022).

Naime (2009), atesta que o fator que diferencia significativamente embalagens biodegradáveis de embalagens convencionais é o tempo que levam para a degradação após seu descarte. As embalagens de fontes renováveis levam de 6 a 12 meses para se degradar, enquanto as outras demoram até 200 anos.

Como alternativa tangível para substituir os polímeros não biodegradáveis na produção de embalagens alimentícias, surgem os biopolímeros renováveis naturais, cuja degradação ocorre primariamente pela ação de microrganismos, tais como bactérias, fungos e algas de ocorrência natural (STOLL, 2015).

A utilização dos biopolímeros proporciona a elaboração das embalagens biodegradáveis, que podem ser produzidas em forma de coberturas ou filmes. As coberturas são aplicadas e formadas diretamente sobre o alimento, enquanto os filmes são pré-formados separadamente e posteriormente aplicados sobre o produto (KROCHTA; MULDER-JOHNSTON, 1997).

Uma alternativa que pode conferir um maior grau de sustentabilidade às embalagens é a utilização de resíduos agroindustriais que, além de contribuir para a redução do volume a ser descartado nos aterros sanitários, aumentando sua vida útil, são também biodegradáveis, de rápida decomposição na natureza podendo, em alguns casos, serem até próprios para consumo humano.

3.3 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

A Organização das Nações Unidas Para a Alimentação e a Agricultura – FAO, estima que a produção mundial de resíduos agroindustriais atinja 1,3 bilhão de toneladas por ano, dando conta que, 1/3 dos alimentos potencialmente destinados ao consumo

humano são desperdiçados, seja como resíduos, oriundos do processamento ou como perda na cadeia produtiva (FAO, 2021).

Os resíduos agroindustriais são provenientes de processos produtivos da atividade agrícola, ou seja, são provenientes de matérias-primas produzidas no campo, resultantes das atividades de colheita ou beneficiamento dos produtos agrícolas, como por exemplo, bagaço e palhiço da cana-de-açúcar, casca de arroz, sabugo de milho, bagaço de limão e laranja, casca de amendoim, palha de trigo, entre outros (PUPO, 2012). Os resíduos agroindustriais são gerados também no processamento de alimentos, fibras, couro, madeira, produção de açúcar e álcool, etc., sendo sua produção, geralmente, sazonal, condicionada pela maturidade da cultura ou oferta da matéria-prima (MATOS, 2005).

Segundo Rosa (2011), o aproveitamento de resíduos agroindustriais se mostra, frente ao desperdício de alimentos e ao beneficiamento e processamento desses, uma grande oportunidade de desenvolvimento de subprodutos, como também agregação de valor perdido e utilização sustentável desses resíduos. Diversas agroindústrias têm realizado o aproveitamento de resíduos na produção de subprodutos, atentando a agregação de valor. No Brasil, dentre os resíduos agroindustriais, destacam-se aqueles provenientes da citricultura e da indústria de processamento de materiais lignocelulósicos.

No setor de cítricos, o Brasil destaca-se mundialmente como um dos maiores produtores e exportadores de laranja, com produção anual estimada de 17,8 milhões de toneladas (safra 2019/2020) (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2020). No estado do Paraná, a produção de laranja é um setor importante na economia, tendo registrado o valor de aproximadamente 780 mil toneladas em 2019 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020).

No que tange o processamento de materiais lignocelulósicos, a indústria madeireira é, certamente, a mais conhecida. Trata-se de uma atividade altamente geradora de resíduos, de modo que, uma tora de madeira, ao ser desdobrada, gera cerca de 30% de madeira serrada. O restante se transforma em resíduo na forma de serragem, cavacos, maravalhas, dentre outros. Contudo, atualmente, esses resíduos tem sido amplamente

utilizados em atividades, tais como, produção de energia a partir de biomassa e agrícola, utilizando-os como cama de animais, produção de composto orgânico, dentre outras.

Um outro ramo do processamento de materiais lignocelulósicos, embora ainda incipiente no Brasil, é a indústria do bambu. O bambu é um material que, assim como a madeira, apresenta uma grande versatilidade de aplicações que vão desde a produção de alimentos à indústria de construção civil. Da mesma forma, ao ser mecanicamente processado, o bambu também gera um grande volume de resíduos que, embora apresente similaridade com os resíduos madeireiros, nem sempre pode ser empregado para as mesmas utilizações, dadas suas características físicas, mecânicas e químicas. É importante desenvolver, no presente momento, estudos para identificar alternativas de utilização desses resíduos de modo a evitar as dificuldades enfrentadas pela indústria madeireira em seu passado recente.

3.3.1 CASCA DE LARANJA

A casca de laranja é um subproduto da agroindústria, podendo ser considerada um passivo ambiental. Como grande parte da massa da fruta corresponde à casca e ao bagaço, tem-se uma quantidade considerável de resíduos a ser descartada ao final do processo.

A laranja está entre as frutas mais produzidas e consumidas no mundo, sendo que sua produção ultrapassa as 80 milhões de toneladas/ano (FAO, 2022). Os resíduos gerados ultimamente são destinados a complemento para ração animal, porém a parte reutilizada é o bagaço sobrando o albedo e a casca. No caso das cascas e sementes da laranja, cerca de 90% que são de descarte de indústrias de sucos, não possuem uma devida alternativa de reaproveitamento.

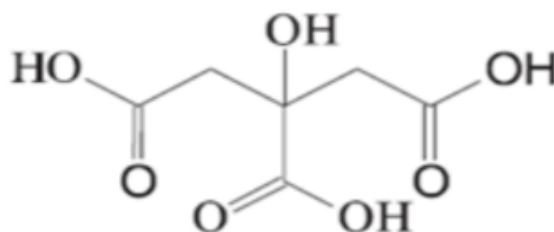
Casca de laranja é, em grande parte, composta de pectina de celulose, hemicelulose, lignina e outros compostos de baixa massa molecular, incluindo calcário. Ela pode ser utilizada como um bioadsorvente eficiente e de baixo custo para remoção de corantes orgânicos e metais poluentes do efluente industrial. Além disso, a casca de laranja é uma alternativa mais sustentável de adsorvente por sua abundância na natureza e por ser biodegradável (ABDURRAHMAN et al., 2013).

3.3.2 ÁCIDO CÍTRICO

O ácido principal das frutas cítricas é o ácido cítrico. A casca de laranja normalmente contém 1-1,3% de ácido cítrico, porém essa quantidade pode variar de 0,5 a 1,3%. O ácido com a segunda maior concentração nos sucos cítricos é o ácido málico. Em laranjas, a concentração vai de 1,4 a 1,8 mg/ml de suco.

O ácido cítrico (2-Hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico) é um sólido cristalino branco, inodoro, com sabor suavemente ácido. Sua massa molecular é de 192,13 kg/kmol e o seu ponto de fusão é de 175°C, se decompondo produzindo dióxido de carbono e água, não tóxico, não inflamável, biodegradável e não apresenta perigo à saúde humana. É um ácido orgânico fraco e está presente nos frutos cítricos (WIDSTEN, 2014). A Figura 1 apresenta a estrutura molecular do ácido cítrico.

Figura 1: Estrutura Molecular do ácido cítrico



Fonte: WIDSTEN, 2014

O ácido cítrico pode ser obtido de três formas diferentes; a sua extração das frutas cítricas, por meio da síntese ou da fermentação da glicose e sacarose. O processo mais utilizado pela indústria é a fermentação, uma vez que o mesmo se apresenta como mais econômico, no qual são utilizados microrganismos conhecidos como *Aspergillus niger* (SILVA, 2015).

Para Widyroni (2016), o setor industrial tem buscado novas formas adesivas fundamentadas em materiais renováveis, não tóxicos e biodegradáveis. Com isso, autores vêm pesquisando a utilização do ácido cítrico como material com grande potencial ligante para os compósitos e painéis, tanto de partículas quanto de fibras, de diversas espécies. A escolha do ácido mencionado se dá devido à sua estrutura molecular, o qual apresenta três

grupos carboxilas, podendo tornar-se ésteres ao se ligarem aos grupos hidroxilas, encontradas na madeira.

Foi realizado, por Umemura (2012a), um estudo sobre a utilização do ácido cítrico como agente colante para madeira pelo meio de lascas de casca de *Acacia mangium*. Os resultados obtidos apresentaram formações de ligações ésteres entre os grupos carboxilas provenientes do ácido assim como grupos hidroxilas da casca, afirmando que o ácido provocou uma adesão por ligações químicas, garantido o seu uso de forma segura e natural. Diante disso, Umemura (2015) testou o uso de adesivo do ácido cítrico e sacarose para produção de painéis de particulados de madeira, resultando em painéis com excelentes propriedades físicas.

Zacarias (2019) propôs avaliar a capacidade da aglutinação das partículas de bambu com e sem casca, com o uso do ácido cítrico, como aglutinante, pois é uma substância renovável, biodegradável e inofensiva a saúde humana, e comparar com os resultados obtidos com resina poliuretana a base de mamona, sendo que os painéis de ácido cítrico (com e sem casca) obtiveram melhores resultados comparados aos painéis confeccionados com resina poliuretana

3.4 PARTICULADO DE BAMBU

A fibra de bambu apresenta algumas propriedades interessantes como possuir propriedade bactericida. O bambu é considerado um recurso renovável, pois é cultivado sem o uso de pesticidas ou fertilizantes químicos, apresenta rapidez no crescimento, alta produção e comercialização e a possibilidade de colheita anual sem replantio (ARTACHO, 2017)

O bambu tem acompanhado o ser humano a milênios, proporcionando alimento, abrigo, ferramentas e uma infinidade de outros itens. Hoje em dia avalia-se que a planta contribui para a subsistência de mais de 1 bilhão de pessoas, além do crescente desenvolvimento no uso industrial (FARRELY, 1984).

O bambu é uma planta predominantemente tropical, que cresce mais rapidamente que qualquer outra, levando em média de 3 a 6 meses para que um broto atinja sua altura máxima. Esse fator está relacionado ao seu colmo lenhoso que possui uma estrutura mais

simples e arranjos mais regulares. Devido ao fato do crescimento e diferenciação celular ocorrerem rapidamente, as estruturas dos seus tecidos necessitam ser simples e eficientes. Conforme o CBRC (2006), o material lignocelulósico lenhoso originário dos colmos do bambu é um combinado de substâncias químicas orgânicas, muito semelhantes à madeira.

A Tabela 1 apresenta a composição química do bambu, a qual é muito semelhante à da madeira.

Tabela 1: Composição Química do Bambu

	Celulose (%)	Lignina (%)	Hemicelulose (%)
BAMBU	55	25	20
MADEIRA DE CONÍFERAS	50	25	25

Fonte: JANSSEN, 1981

No Brasil as espécies mais comuns são: *Bambusa vulgaris*, *Bambusa vulgaris variedade vittata*, *Bambusa tuldoides*, *Dendrocalamus asper* e algumas espécies de *Phyllostachys*. A espécie exótica *Bambusa vulgaris vittata* é vulgarmente conhecida como bambu comum, ou verde amarelo, ou imperial, ou brasileiro (devido a sua cor), e é encontrada com maior incidência nos estados do Acre, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (SALGADO, 1994); (MOTA, 2017).

Segundo Gauss (2019), os painéis de partículas de bambu são normalmente produzidos a partir de colmos e resíduos do processamento de bambu, o fornecimento de matéria-prima é abundante e economicamente acessível. Sua taxa de utilização de matéria-prima é muito alta, e as tecnologias necessárias para a produção de aglomerado de bambu são semelhantes aos aglomerados de madeira.

Os particulados de bambu são normalmente produzidos por uma mistura de partículas de bambu (de um determinado tamanho) com resina. A resina normalmente consiste em um adesivo orgânico: uréia formaldeído, fenol formaldeído, poliuretano à base de óleo de rícino resina, acetato de polivinila (PVA) e outros. Os processos a seguir

são normalmente executados para a produção de painéis de partículas de bambu: as lascas/partículas de bambu são secas, misturadas com resina, pré-formados e prensados a quente na forma de painéis (VALARELLI, 2014; GAUSS, 2019).

3.5 COMPÓSITOS

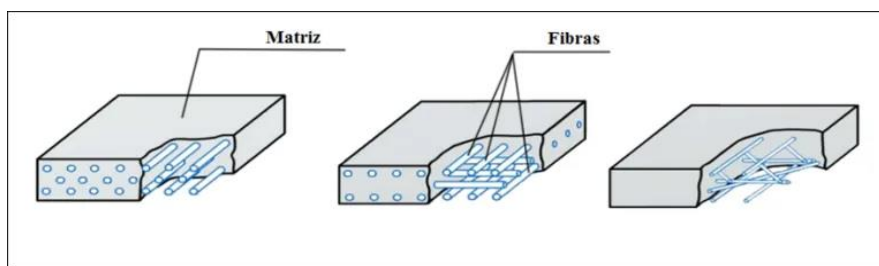
Compósitos são materiais de duas ou mais fases que buscam melhorar determinadas propriedades que cada material em separado não apresenta, o que remete a uma grande vantagem.

Por exemplo, exibem qualidades melhores do que seus constituintes isolados em algumas propriedades como: resistência, rigidez, resistência a corrosão, resistência ao desgaste, peso, durabilidade, comportamento dependente da temperatura, isolamento térmico, condutibilidade térmica, isolamento acústico, podem ser visivelmente melhoradas (ARAÚJO, 2015).

Os materiais compósitos podem ser classificados em três classes, quais sejam: compósitos com fibras, que consistem em fibras dispersas ou alinhadas dentro de uma matriz; compósitos laminados, que são constituídos de camadas de diferentes materiais, e compósitos particulados (ou em partículas), que são partículas de determinado material inserido dentro de uma matriz (JONES, 1975).

Observa-se na figura 2, uma proposta de estrutura de um material compósito com diferentes arranjos das fibras dada por Biscainho (2017).

Figura 2: Estrutura de um material compósito com diferentes arranjos das fibras.



Fonte: Biscainho (2017).

4. MATERIAIS E MÉTODOS:

4.1 Local de realização do trabalho

O trabalho foi realizado nos laboratórios de Propriedades dos Materiais, Laboratório de Painéis e Secagem e Serraria, todos situados na UNESP Campus de Itapeva.

4.2 Preparo das partículas de bambu

A espécie *Dendrocalamus asper*, popularmente conhecida como bambu gigante, foi escolhida nesse projeto por apresentar ótimos resultados das propriedades mecânicas, além de paredes mais grossas com intuito de maior geração de partícula.

O bambu foi utilizado em seu formato natural, ou seja, roliço. O material foi cortado entre os nós, com auxílio de uma serra circular de bancada e um facão agrícola, obtendo a forma conforme Figura 3.

Figura 3: Material após corte na serra circular de bancada



Fonte: Autor

Posteriormente, a fim de obter uma menor granulometria, o material passou por um moinho, também da marca Marconi, com aberturas de 4mm, Figura 4.

Figura 4: Moinho



Fonte: Autor

Após a moagem, para que fosse obtida uma granulometria mais homogênea, as partículas foram classificadas em uma placa agitadora com um conjunto de peneiras de 40 mesh. Em seguida, o material foi arranjado em fôrmas de alumínio e seco em estufa com renovação e circulação forçada de ar, da marca Nova Ética, a $103^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, buscando alcançar o teor de umidade necessário abaixo de 3%. A figura 5 mostra a estufa utilizada para o processo e a figura 6 mostra a distribuição do material durante o tal processo.

Figura 5: Estufa



Fonte: Autor

Figura 6: Partículas de bambu em processo de secagem em estufa



Fonte: Autor

4.3 Preparo da casca de laranja

Foram utilizados bagaços de laranjas doadas da Escola Municipal Prof. Francisco Prado Margarido, localizada em Itapeva, SP. O resíduo da laranja foi lavado com água pura e retirada a casca, com o auxílio de uma faca. A Figura 7 mostra as cascas após limpeza.

Figura 7: Casca de laranja



Fonte: Autor

A casca de laranja foi dividida entre úmida e seca, para posterior análise das proporções durante a formação do bioresíduo.

Para a casca de laranja seca, o material foi arranjado em fôrmas de alumínio e seco em estufa com renovação e circulação forçada de ar, da marca Nova Ética, a $103^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 48 horas, buscando alcançar o teor de umidade necessário abaixo de 3%. A Figura 8 mostra as cascas após secagem.

Figura 8: Material após secagem em estufa por 48h



Fonte: Autor

A fim de obter uma menor granulometria, o material passou por um moinho, também da marca Marconi, com aberturas de 4mm – a mesma granulometria das partículas de bambu. Conforme Figura 9.

Figura 9: Material após moinho



Fonte: Autor

Após a passagem da casca de laranja no moinho, o material macerado retornou à estufa por mais 24h, buscando alcançar novamente o teor de umidade necessário abaixo de 3%.

Para a preparação da casca de laranja úmida, após à separação do bagaço e da casca da laranja, as cascas foram cortadas em pequenos pedaços e batidas no liquidificador com água pura numa proporção de 50/50 para a chegar à consistência de um suco, conforme Figura 10.

Figura 10: Casca de laranja úmida



Fonte: Autor

4.5 Produção dos compósitos e preparação dos corpos de prova

Para as moldagens dos compósitos, foram testadas diferentes proporções entre os materiais. As proporções de resíduos de laranja e partículas de bambu e as relações de temperatura e tempo na prensa adotadas estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Proporção dos materiais para formação dos compósitos

	Casca de laranja úmida (%)	Casca de laranja seca (%)	Partículas de bambu secas (%)	Temperatura (°C)	Tempo (minutos)
Teste 1	50	0	50	180	12
Teste 2	70	0	30	180	12
Teste 3	0	70	30	180	12
Teste 4	0	70	30	180	6
Teste 5	0	70	30	140	12

Fonte: Autor

Após a mistura dos resíduos em cada teste, o mesmo foi levado à prensa hidráulica (Figura 12), da marca Hidral-Mac modelo PHH 80T, previamente aquecida. Para todos os testes, usou-se a pressão de 40kgf/cm². Nos testes 1, 2, 3 e 5 o tempo de prensagem foi 12 minutos.

Figura 11: Processo de formação do compósito úmido e seco



Fonte: Autor

Durante o processo de prensagem houveram 4 ciclos, de 30 segundos cada, de alívio de pressão, o qual possibilitou a eliminação/evaporação dos gases gerados durante o processo, evitando defeitos, como bolhas de ar, nos biocompósitos. No teste 4, o período de prensagem foi de 6 minutos, com 4 ciclos de 30 segundos para alívio de pressão.

Figura 12: Prensa Hidráulica



Fonte: Autor

Os biocompósitos, após processo de prensagem, foram identificados conforme sua proporção de resíduos e levados ao laboratório de mobiliário para o processo de acondicionamento, permanecendo por cerca de 3 semanas. Foram produzidos 3 biocompósito do teste 5, pois apresentaram maior resistência para a extração dos corpos de prova descritos a seguir:

Os corpos de prova foram obtidos a partir dos biocompósitos produzidos no teste 5. Foram utilizadas régua e caneta para definir as dimensões e uma serra circular de bancada para o recorte. A Tabela 3 apresenta as dimensões dos corpos de provas para cada tipo de ensaio.

Tabela 3: Dimensões dos corpos de provas para cada tipo de ensaio

Propriedades	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Quantidade de corpos de prova
Densidade	50	50	10
Teor de umidade	50	50	10
Inchamento durante 24h	50	50	10
Biodegradação	50	50	1
Análise Sensorial	50	50	12

Fonte: Adaptado pelo autor com base na ABNT NBR 14810-2/2018.

4.6 Ensaios de Determinação das Propriedades Físicas

Os ensaios físicos realizados foram: densidade, teor de umidade, inchamento e absorção de água. Para tais ensaios, foi necessário o uso de um paquímetro digital da marca Digimess com precisão de 0,01mm, um micrômetro digital da marca Digimess, modelo IP54, com precisão de 0,001mm, uma balança digital semi-analítica da marca Ohaus modelo ARC120, uma estufa de secagem da marca Nova Ética, fôrmas de alumínio e um dessecador de vidro.

As realizações dos ensaios de determinação das propriedades físicas foram baseadas na norma ABNT NBR 14810-2/2018.

4.6.1 Densidade

Para determinação da densidade dos compósitos, foram confeccionados 10 corpos de prova, com dimensões de largura e comprimento de 50 x 50 mm, respectivamente, atendendo as especificações da norma ABNT NBR 14810-2/2018.

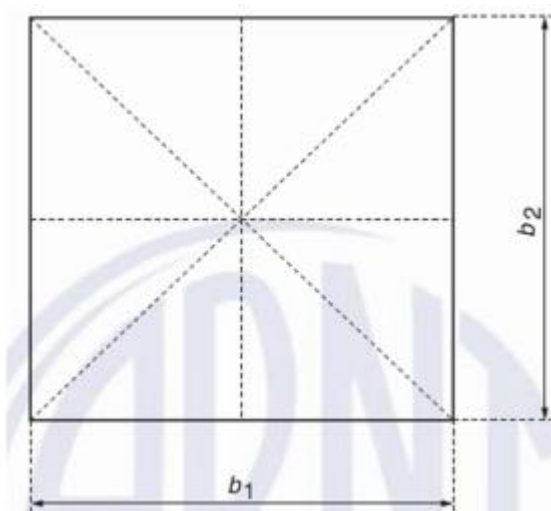
Figura 13: Corpos de prova



Fonte: Autor

Os corpos de prova foram pesados com precisão de 0,1 g e após, utilizando um paquímetro digital mediu-se a espessura dos mesmos no ponto de interseção das diagonais. Também foram medidas as dimensões laterais do corpo de prova, definidos na Figura 13 como b_1 e b_2 .

Figura 14: – Local da medição da espessura e das dimensões do corpo de prova



Fonte: NBR 14810-2 (ABNT, 2013).

O cálculo da densidade foi realizado por meio da equação abaixo:

$$D = \frac{m}{b1 \times b2 \times E} \times 10^6$$

Onde:

D = densidade do corpo de prova, em kg/m³;

m = massa do corpo de prova, em gramas;

$B1$ = largura do corpo de prova, em milímetros;

$B2$ = comprimento do corpo de prova, em milímetros;

E = média aritmética da espessura do corpo de prova, em milímetros.

4.6.2 Teor de Umidade

Neste ensaio foram utilizados os mesmos 10 corpos de prova de 50 x 50 mm do ensaio anterior. Após a retirada dos corpos de prova do compósito e sem a inclusão dos mesmos na câmara climática, registrou-se a massa como sendo a “massa úmida”.

Assim, pesou-se individualmente cada corpo de prova, já identificado, para obtenção do valor da massa úmida e, em seguida, foram dispostos em formas de alumínio e levados à estufa com temperatura de 103°C ± 2°C até obtenção de massa constante. É considerada massa constante quando a mesma não varia mais do que 0,1% ocorridas 4 horas na estufa.

Após a retirada da estufa, os corpos de prova foram pesados novamente, sendo esta classificada como “massa seca”. Para o cálculo da porcentagem do teor de umidade foi utilizada a seguinte equação:

$$TU = \frac{M_U - M_S}{M_S} \times 100$$

Onde:

TU = umidade residual do corpo de prova, em porcentagem;

M_u = massa úmida do corpo de prova, em gramas;

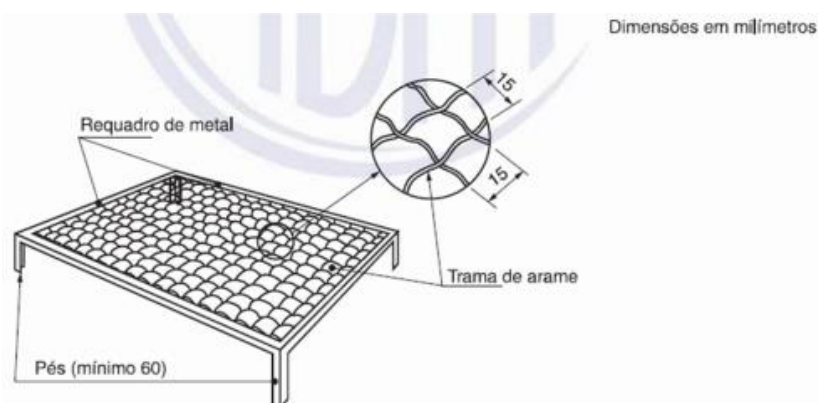
M_s = massa seca do corpo de prova, em gramas.

A média dos resultados é o teor de umidade, com precisão de 0,1%. Para todos os tipos de painéis, a NBR 14810-2 (ABNT, 2018) determina que o valor permaneça entre 5 e 13%.

4.6.3 Inchamento durante 24h

O ensaio de determinação de inchamento durante 24 horas foi realizado utilizando um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm, um recipiente com água com temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$, termômetro, um dispositivo para manter os corpos de prova submersos, conforme apresentado na figura 10.

Figura 15: Dispositivo para submersão de corpos de prova em água

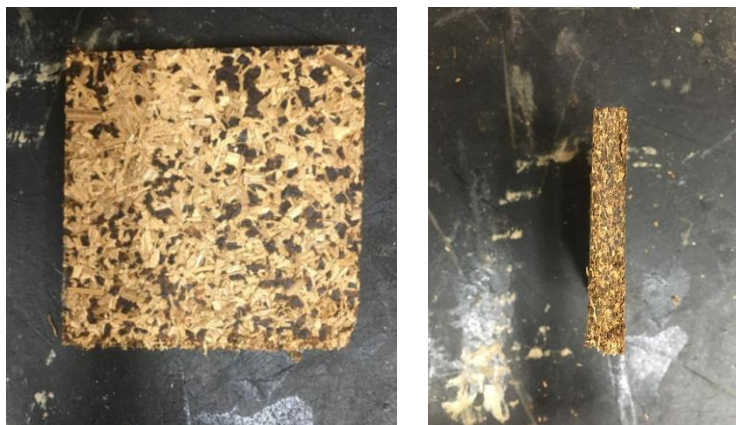


Fonte: NBR 14810-2 (ABNT, 2018).

Os corpos de prova medindo 50 x 50 mm tiveram sua espessura medidas no ponto de intersecção das diagonais. Um recipiente foi enchido com água a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ de modo que o nível ficasse 25 mm acima da superfície superior dos corpos de prova e então os corpos de prova foram colocados no recipiente.

Após 24 horas, os corpos de prova foram retirados do recipiente e realizou-se a medição das espessuras, do mesmo modo que foram realizadas antes da imersão, com resolução de 0,01 mm, anotando os valores e o tempo de imersão.

Figura 16: Corpo de prova para o ensaio de Inchamento



Fonte: Autor

O resultado foi calculado segundo a Equação a seguir:

$$I = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100$$

Onde:

I = Inchamento do corpo de prova em %

E1 = Espessura do corpo de prova em mm após a imersão

E0 = Espessura do corpo de prova em mm antes da imersão

O resultado do ensaio é a média dos resultados de cada corpo de prova com precisão de 0,1%. O inchamento máximo permitido pela NBR 14810-2 (ABNT, 2018) é de 18%.

4.6.4 Ensaio de biodegradação em solo

O preparo do solo e os ensaios de biodegradação em solo realizados neste trabalho seguiram a metodologia do teste soil burial e foram adaptados com base na norma ASTM G160 – 98.

O corpo de prova foi submetido ao ensaio de biodegradação em solo. Para tanto, foi utilizado um vaso comum de plantas contendo o material cortado no tamanho 50 x 50 mm. A umidade do solo foi mantida entre 20 e 30%, com base na massa seca do solo. A

água perdida durante o experimento devido à evaporação foi recolocada sem deformar o solo.

Figura 17: Ensaio de biodegradação em solo



Fonte: Autor

O vaso foi armazenado em um ambiente úmido capaz de manter a temperatura em $23 \pm 2^\circ\text{C}$. Após 20, 40 e 60 dias, o corpo de prova foi removido do vaso para verificação de biodegradação e devolvido após análise.

4.6.5 Ensaio de análise sensorial

A análise sensorial é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993) como a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição

Neste trabalho a análise sensorial foi adaptada da NBR ISO 13302 – Análise sensorial – Métodos para avaliar modificações no sabor dos alimentos devido à embalagem.

A análise sensorial de alimentos é importante para avaliar a qualidade do produto e a aceitabilidade mercadológica. Por isso, é inseparável do plano de controle de qualidade, além de servir para determinar o tempo de prateleira. Como as avaliações são feitas por pessoas, deve haver um preparo criterioso das amostras testadas, além de que o

teste precisa ser aplicado de maneira adequada, para evitar influência de fatores psicológicos, por exemplo.

Foram utilizados 12 corpos de prova no tamanho de 50 x 50 mm e 24 biscoitos tipo maizena. As amostras foram separadas em um recipiente contendo 12 biscoitos em contato com 12 corpos de prova e em outro recipiente somente biscoitos. O recipiente 2 – contendo os biscoitos, será usado apenas como testemunha. Como mostram a Figura 18 e Figura 19, respectivamente.

Figura 18: Recipiente 1



Fonte: Autor

Figura 19: Recipiente 2



Fonte: Autor

Os recipientes foram armazenados por 10 dias. A análise foi feita por 12 provadores não-treinados. No teste sensorial foram avaliados a cor, aparência, sabor e textura dos biscoitos.

Para a análise sensorial foram realizados testes para avaliação de odor e sabor segundo uma escala de 1 (nenhum odor ou sabor diferencial) a 7 (odor e sabor muito fortes).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES:

A seguir apresentam-se os resultados alcançados em cada teste com diferentes proporções entre casca de laranja e bambu, e os resultados nos ensaios de caracterização física, assim como suas comparações realizadas entre os resultados deste trabalho e as exigidas pelas especificações normativas e encontrados na literatura.

5.1 Testes preliminares

Inicialmente, foram realizados testes buscando entender o comportamento dos materiais a serem empregados na pesquisa, bem como os equipamentos disponíveis e as adaptações que seriam necessárias para a produção dos compósitos.

Sendo assim, o primeiro teste foi produzido com a casca de laranja úmida batida no liquidificador com a proporção de água em 50%, com 50% de laranja e 50% de bambu. Nesse primeiro teste, utilizou-se um molde com altura de 15 mm, o qual não suportou, ou seja, não acomodou o material. Com isso, a prensagem não foi bem sucedida, o compósito ficou extremamente frágil em sua composição, não suportando o manuseio, vindo a ser descartada. O compósito do teste 1 está representado na Figura 16.

Figura 20: Teste 1



Fonte: Autor

Após o primeiro teste, o molde foi descartado e houve um replanejamento no projeto para que a espessura fosse a mais fina possível. Assim, procedeu a prensagem de mais um compósito de acordo com outra especificação, com 70% casca de laranja úmida e 30% bambu com temperatura de 180°C por 12 minutos. Durante os ciclos da prensagem, houve muitas explosões de ar devido a umidade excessiva e, após a retirada o material despedaçou por inteiro, não havendo o que registrar, representado na Figura 21.

Figura 21: Teste 2



Fonte: Autor

Em uma nova composição, o teste 3 foi realizado com 70% da casca de laranja seca e 30% das partículas de bambu também secas em estufas por 12 minutos com temperatura de 180°C. Esse compósito ficou bem queimado, porém mais resistente e de melhor manipulação.

Figura 22: Teste 3



Fonte: Autor

Após o teste 3 ter queimado, a próxima tentativa foi testar com a mesma proporção de materiais e temperatura, porém, com o tempo reduzido de 6 minutos com 4 ciclos de 30 segundos para alívio de pressão. Apesar desse compósito não ter queimado como o anterior, ele ficou mais quebradiço e de difícil manuseio, esfarelando ao contato direto. A Figura 19 mostra o resultado do teste 4.

Figura 23: Teste 4



Fonte: Autor

Tendo em vista os resultados anteriores obtidos, optou-se por manter a proporção dos materiais e o tempo de prensagem com os mesmos 4 ciclos de alívio de pressão, porém agora com a temperatura reduzida a 140°C. Esse compósito apresentou resultados satisfatórios, apresentando boa resistência com o manuseio, além de boa aparência.

Figura 24: Teste 5



Fonte: Autor

Após as tentativas apresentadas, o último teste obteve resultados mais satisfatórios, portanto, foram confeccionadas mais 3 chapas com os mesmos valores para diferentes variáveis, buscando desenvolver os 25 corpos de prova necessários para a realização dos ensaios de caracterização física.

5.2 Resultado dos ensaios físicos e biológicos

A seguir estão apresentados os resultados dos ensaios de determinação do teor de umidade, da densidade, do inchamento após 24 horas e do teste de biodegradação em solo. Os ensaios foram realizados com base na NBR 14.810-2 da ABNT (2018).

5.2.1 Densidade

A média aritmética da densidade dos corpos de prova foi de $740,74 \text{ kg/m}^3$. Pesquisas realizadas em laboratórios normalmente trabalham com valores de densidades dos painéis próximos a 700 kg/m^3 (TOSTES et al., 2004; BELINI; TOMAZELLO FILHO; CHAGAS, 2009), assim como nas indústrias, sendo raramente encontrados painéis com densidade inferiores a 500 kg/m^3 .

Em relação aos compósitos desenvolvidos, os mesmos apresentaram valores de densidade dentro dessa variação. Tal propriedade garantiu menor espessura do material com uma melhor distribuição dos particulados e, portanto, melhor preenchimento dos vazios.

Segundo Moslemi (1974), essa variação ocorre em decorrência do tempo de fechamento da prensa e diferenças na transferência de temperatura das camadas externas para a camada interna do painel durante o estágio de compressão das partículas do colchão até atingir a espessura final.

5.2.2 Teor de umidade

A determinação do teor de umidade para o compósito de cascas de laranja e partículas de bambu foi de 18,34%. A Norma NBR 14810-2 determina que o valor permaneça entre 5 e 13%, o resultado então não está dentro do esperado.

Acredita-se que este resultado inesperado se deve pela falta de controle da umidade das partículas secas no momento da confecção das chapas. Apesar de todo o material ter sido seco por um período de 48 horas em estufa, não foi realizado monitoramento da umidade antes e após a secagem, bem como da umidade no dia da moldagem dos painéis.

Segundo Weber (2011), a variação do teor de umidade dos compósitos ocorre devido inicialmente às partículas serem secadas, e posteriormente, serem submetidas a altas temperaturas durante o processo produtivo, ocasionando danos à estrutura anatômica levando a perda de água de constituição.

Segundo Bellini (2012), se a umidade da fibra estiver com valores altos ocorre formação de bolhas na chapa, com uma pressão elevada de vapor no centro do painel muitas das vezes ocorrendo o rompimento do painel na superfície, isso é a ocorrência de tempo de prensagem, temperaturas e pressão muito alta no início da prensagem.

Tendo em vista o exposto, quanto ao ensaio de determinação do teor de umidade, o compósito apresenta alto teor de umidade, o que explica a formação de bolhas na chapa após prensagem.

5.2.3 Inchamento durante 24h

Para o ensaio de inchamento após 24 horas, a NBR 14810-2 define 18% como sendo o inchamento máximo para painéis. Porém, após as 24 horas, os corpos de prova degradaram totalmente, não sendo possível medir sua espessura após a submersão, de acordo com a Figura 25.

Figura 25: Resultado Inchamento por 24h



Fonte: Autor

Analisando os resultados apresentados por Guimarães Junior et al. (2016) e Melo et al. (2009), que utilizaram materiais com aparências semelhantes ao bambu e a casca de laranja em concentrações parecidas de madeira e resíduo, encontraram resultados próximos aos deste trabalho. Não apresentou resultados válidos por não ter suportado a submersão.

5.2.3 Teste de biodegradação em solo

A análise visual não mostrou nenhum tipo de indício de biodegradação, tais como descoloração, fissuras ou rachaduras e formação de colônias características do início da biodegradação. Este resultado pode ser explicado por conta das amostras não terem sofrido exposição prévia à radiação solar.

Figura 26: Após 20 dias de teste



Fonte: Autor

Figura 27: Após 40 dias de teste



Fonte: Autor

Figura 28: Após 60 dias de teste



Fonte: Autor

Verifica-se que não ocorreu nenhum tipo de mudança visual após 20, 40 e 60 dias de ensaio, conforme Figura 26, Figura 27 e Figura 28, respectivamente. O método de análise visual não prova a presença de um processo de biodegradação, mas este parâmetro pode ser utilizado como uma primeira indicação de qualquer ataque microbiano.

Considerando que o tempo de teste foi curto, fica a sugestão para trabalhos futuros: maior tempo de teste para biodegradação em solo, no mínimo 180 dias.

5.2.4 Análise sensorial

Os resultados obtidos na análise sensorial mostram que não houve diferença significativa entre as duas formas de armazenamento do alimento para os atributos testados. A cor e aparência são a primeira impressão que o consumidor tem do alimento. Cada alimento tem cor e aparência esperada (memória sensorial) que os degustadores associaram com aceitação.

As médias para aroma e sabor ficaram 4 e 5 respectivamente. Esse resultado era esperado visto que o compósito em si já possui um pequeno aroma de laranja.

A textura do biscoito não mudou, visto que isso seria um fator importante para o consumidor, provando que a amostra não transferiu umidade.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados ao longo deste trabalho, conclui-se que há viabilidade técnica de produzir compósitos com casca de laranja e partículas de bambu para a elaboração de embalagens biodegradáveis, porém, faz-se necessário a realização de mais estudos a cerca principalmente da casca de laranja, devido à pouca bibliografia disponível.

A determinação do teor de umidade para o compósito de cascas de laranja e partículas de bambu foi de 18,34%. Acredita-se que este resultado inesperado se deve pela falta de controle da umidade das partículas secas no momento da confecção das chapas. Apesar de todo o material ter sido seco por um período de 48 horas em estufa, não foi realizado monitoramento da umidade antes e após a secagem, bem como da

umidade no dia da moldagem dos biocompósitos. Como trabalhos futuros, sugere-se um melhor monitoramento da umidade no momento de produção.

Os resultados encontrados na análise sensorial revelaram que o método de armazenamento do produto não interferiu significativamente nos atributos testados (aparência, aroma, sabor, textura). Mostraram, ainda, que o desenvolvimento de embalagens proveniente da casca de laranja com partículas de bambu é um segmento estratégico a ser explorado.

Como trabalhos futuros, sugere-se a realização do teste de Determinação do desempenho em exposição à umidade, sendo que para isso seria necessário a disponibilização de uma câmara climática para regulação da temperatura e acompanhamento da saturação dos corpos de prova.

Por fim, sendo este um dos únicos trabalhos realizados com este tipo de resíduo in natura, considera-se este, de fundamental importância, para iniciar a pesquisa nessa área tão importante para as questões ambientais, visto que reutiliza resíduos para produzir um novo material que substitui outro, o qual seria retirado da natureza.

REFERÊNCIAS

ABDURRAHMAN, F. B. ; AKTER, M. ; ABEDIN, M. Z. Dyes Removal From Textile Wastewater Using Orange Peels. **International Journal of Scientific & Technology Research**, Bangladesh, v. 2, 2013.

ABRE. Associação Brasileira de embalagens. 2022. Disponível em <http://www.abre.org.br/>, acesso em: 08 fev. 2023.

ARAUJO, Eduardo. **O que é um material compósito?** ESSS, 2015. Disponível em: <<https://www.esss.co/blog/o-que-e-material-composito/>>.

ARANTES, JOSÉ TADEU. **Grupo obtém plástico biodegradável, comestível e antimicrobiano mais resistente do que o convencional.** FAPESP, 2022. Disponível em: <encurtador.com.br/frKU3>. Acesso em 17 fev de 2022

ARTACHO, V F; SPINACÉ, M A. **Caracterização de fibras de bambu e propriedade bactericida em compósitos poliméricos.** [Santo André]: Universidade Federal do ABC, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12806: **análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia.** Rio de Janeiro, 1993. 8 p.

BELINI, U.L. **Caracterização tecnológica de painéis de fibra da madeira de eucalipto, *Eucalyptus grandis*, e de partículas do bagaço do colmo de cana-de-açúcar, *Saccharum sp.*** 2012. 169 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Produtos Florestais) -

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BELINI, U. L.; TOMAZELLO FILHO, M.; CHAGAS, M. P. **Densitometria de raios X aplicada na avaliação tecnológica de painéis MDF de eucalipto**. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 343-350, 2009.

BISCAINHO, Clarissa Alves. **Materiais compósitos: Um dos maiores avanços**. BETAEQ, 2017. Disponível em: <https://betaeq.com.br/index.php/2017/05/19/materiais-compositos/>

BRASIL ESCOLA. **Laranja**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/frutas/laranja.htm>. Acesso em 17 de janeiro de 2023.

FAO. **Desperdício de alimentos tem consequências no clima, na água, na terra e na biodiversidade**. Disponível em: <http://www.fao.org.br/daccatb.asp>. Acesso em: 31 de novembro de 2022.

FARIA, J.A. **Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas**. Departamento de Tecnologia de Alimentos. FEA, 2002 UNICAMP

FARRELY, D. **The Book of Bamboo**. Sierra Club Books, São Francisco, 1984, 202p.

GAUSS, C; ARAUJO, V; GAVA, M; BARBOSA, J; SAVASTANO, H. Bamboo particleboards: recent developments. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 49, e55081, 2019.

GUIMARÃES JUNIOR, José B.; XAVIER, Michele M.; SANTOS, Tamara S.; PROTÁSIO, Thiago P.; MENDES, Rafael F.; MENDES, Lourival M. Inclusão de resíduo da cultura do sorgo em painéis aglomerados de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira. Brasil**, 30 dez. 2016. Disponível em: <[Pesquisa Florestal Brasileira \(embrapa.br\)](http://www.embrapa.br/pesquisa-florestal-brasileira)>. Acesso em 27 Dez. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estatística da Produção Agrícola. Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias (GCEA)**. fev. 2013. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> > Acesso em: 29 setembro. 2022.

Jones, R.M. **Mechanics of composite materials**. McGraw-Hill Company, 1975. p.368

KROCHTA, J. M.; MULDER-JOHNSTON, C. DE. Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. **Food Technology**, v. 51, p. 61–74, 1997.

MARIANO, M. J. **Considerações sobre a história da embalagem de alimentos: a evolução de uma poderosa ferramenta de marketing**. In: 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2004, São Paulo.

MATOS, A. T. **Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais**. [s.l.]:[s.n.], 2005. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/tratamento-de-residuos-agroindustriais/4712959/> Acesso em: 06/03/2022.

MELO, Rafael R.; SANTINI, Elio J.; HASELEIN, Clovis R.; STANGERLIN, Diego M. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 449-460. out-dez. 2009. Disponível em: <[Vista do Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz \(ufsm.br\)](#)> Acesso em: 27 dez. 2022

MESTRINER, F. (2002). **Design de embalagem curso básico**. São Paulo: Makron Books

Ministério do Meio Ambiente. Disponível em:< <https://www.gov.br/mma/pt-br>> . Acesso em: 16/02/2022.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard**. vol. 1: Materials. London: Southern Illinois University Press, 1974. 244 p.

MOTA, IZABEL DE OLIVEIRA DA, PEREIRA, MICHEL DE AZEVEDO, DAMACENA, PEDRO COELHO E SANTOS, LUÍS CLAUDIO BELMONTE DOS, Estudo das propriedades físicas e mecânicas do bambu brasileiro (bambusa vulgaris vittata) para aplicação na construção de sistemas hidráulicos alternativos de distribuição de água à baixa pressão, **REA – Revista de estudos ambientais (Online)**, v.19, n. 1, p.18-26, 2017.

NAIME, N. **Espumas de fécula de mandioca com fibras naturais**. 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS DOS MATERIAIS. Anais. Joinville, SC, 2009.

ONU (2022) - **Organização das Nações Unidas. Declaração Universal dos Direitos Humanos da ONU.** Disponível em: <encurtador.com.br/sIWY1>. Acesso em :17 fev.2022.

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

ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T. LEITÃO, R. C. **Valorização de resíduos da agroindústria. II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – II SIGERA** 15 a 17 de março de 2011 – Foz do Iguaçu, PR Volume I – Palestras.

SALGADO, A.L.B.; AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; MACEDO, E.L.; SALGADO, A.L. **Instruções técnicas sobre o bambu.** Boletim Técnico No. 143 do Instituto Agrônômico, 43 p., Campinas, São Paulo, 1994.

SILVA, I.N. **Uso do carvão de coco de babaçu modificado com ácido cítrico como adsorvente do azul de metileno utilizado em experimentos de química analítica.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2015.

STOFFEL, F. **Desenvolvimento de espumas a base de amido de mandioca.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias da Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul. 101f, 2015.

STOLL, L. **Desenvolvimento e aplicação de filmes biodegradáveis com antioxidantes extraídos a partir de bagaço de uva, um resíduo da indústria vitivinícola.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 116f, 2015.

TOSTES, A. S. et al. Colagem de chapas de madeira aglomerada com adesivo uréia-formaldeído (UF) modificado com tanino da casca de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 11, n. 2, p. 14-19, 2004.

UMEMURA, K. Application of citric acid as natural adhesive for wood. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 123, n. 4, p. 1991-1996, 2012^a.

UMEMURA, K.; SUGIHARA, O.; KAWAI, S. Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard II: Effects of board density and pressing temperature. **Journal of wood science**, v. 61, n. 1, p. 40-44, 2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Citrus: world markets and trade. Local?**, jan. 2020.
Disponível: <https://www.fas.usda.gov/data/citrus-world-markets-and-trade>

VALARELLI, I. D. D. Physical and mechanical properties of particleboard bamboo waste bonded with urea formaldehyde and castor oil based adhesive. **Revista Matéria**, v. 19, n. 1, p. 1-6, 2014

WIDSTEN, P; DOOLEY, N.; PARR, R.; CAPRICHO, J.; SUCKLING, I. Citric acid crosslinking of paper products for improved high – humidity performance. **Carbohydrate polymers**, v. 101, p. 998 – 1004, 2014

WIDYORINI, R. **Bonding Ability of a New Adhesive Composed of Citric AcidSucrose for Particleboard.** *BioResources*, v. 11, n. 2, p. 4526-4535, 2016.

ZACARIAS, I. M. **Avaliação de capacidade adesiva da resina poliuretana e do ácido cítrico para painéis de bambu.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.