



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E  
MEIO AMBIENTE



**MARIA EDUARDA SANTOS DE SOUZA**

**PAINEL AGLOMERADO: UMA ALTERNATIVA AO DESCARTE**  
**INADEQUADO DAS CASCAS DE COCO (*Cocos nucifera* Linnaeus, 1753) NO**  
**MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/PB**

JOÃO PESSOA

2024

**MARIA EDUARDA SANTOS DE SOUZA**

**PAINEL AGLOMERADO: UMA ALTERNATIVA AO DESCARTE  
INADEQUADO DAS CASCAS DE COCO (*Cocos nucifera* Linnaeus, 1753) NO  
MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/PB**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Desenvolvimento e Meio  
Ambiente da Universidade Federal da Paraíba,  
para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof<sup>ª</sup> Dra. Nataly Albuquerque dos  
Santos

**JOÃO PESSOA**

**2024**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S729p Souza, Maria Eduarda Santos de.

Painel aglomerado : uma alternativa ao descarte inadequado das cascas de coco (Cocos nucifera Linnaeus, 1753) no município de João Pessoa/PB / Maria Eduarda Santos de Souza. - João Pessoa, 2024.

71 f. : il.

Orientação: Nataly Albuquerque dos Santos.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Fibra de coco. 2. Resíduo vegetal. 3. Pinus. 4. Painéis aglomerados - confecção. 5. Tecnologias sustentáveis. I. Santos, Nataly Albuquerque dos. II. Título.

UFPB/BC


CDU 633.528(043)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**Programa Regional de Pós-Graduação**  
**Em Desenvolvimento e Meio Ambiente**  
**MESTRADO**

Ata da 604ª Sessão Pública de Defesa de Dissertação de MARIA EDUARDA SANTOS DE SOUZA do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Mestrado, na área de Desenvolvimento e Meio Ambiente. Aos trinta do mês de agosto do ano de dois mil e vinte e quatro, às 10h00min, reuniram-se por videoconferência, nos termos do art. 82 do Regulamento Geral dos Cursos e Programas de Pós-Graduação “stricto sensu” da UFPB, anexo à Resolução CONSEPE no 79/2013, a Banca Examinadora, composta pelos professores(as) doutores(as): NATALY ALBUQUERQUE DOS SANTOS, orientadora, MARIA CRISTINA BASILIO CRISPIM DA SILVA - UFPB, examinador(a) interna(a) ao Programa, e MIKELE CANDIDA SANT’ANNA examinador(a) externa(a). Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte do(a) presidente da banca, NATALY ALBUQUERQUE DOS SANTOS, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, solicitou a candidata que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada **“PAINEL AGLOMERADO: UMA ALTERNATIVA AO DESCARTE INADEQUADO DAS CASCAS DE COCO (Cocos nucifera Linnaeus, 1753) NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/PB”**. Concluída a exposição, o(a) professor(a) Dr(a) NATALY ALBUQUERQUE DOS SANTOS, presidente, passou a palavra o(a) professor(a) Dr(a) MIKELE CANDIDA SANT’ANNA, para arguir o(a) candidato(a), em seguida, ao(a) professor(a) Dr(a) MARIA CRISTINA BASILIO CRISPIM DA SILVA para fazer o mesmo. Após alguns comentários sobre a defesa, o(a) presidente da banca examinadora solicitou a retirada da platéia para que a banca pudesse proceder com a avaliação do(a) discente em sessão secreta. Na sequência, a banca examinadora atribuiu o conceito (APROVADA), conforme o art. 83 do anexo à Resolução CONSEPE-UFPB Nº 79/2013.

 Documento assinado digitalmente  
**NATALY ALBUQUERQUE DOS SANTOS**  
Data: 20/09/2024 14:50:00-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof(a) Dr(a) NATALY ALBUQUERQUE DOS SANTOS  
Presidente/Orientador(a)


 Documento assinado digitalmente  
**MARIA CRISTINA BASILIO CRISPIM DA SILVA**  
Data: 01/10/2024 09:40:24-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof(a) Dr(a) MARIA CRISTINA  
BASILIO CRISPIM DA SILVA

---

Avaliador(a) interno(a)

 Documento assinado digitalmente  
**MIKELE CANDIDA SOUSA DE SANT ANNA**  
Data: 01/10/2024 10:53:42-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof(a) Dr(a) MIKELE CANDIDA  
SANT’ANNA

---

Avaliador(a) externo(a)

**MARIA EDUARDA SANTOS DE SOUZA**

**PAINEL AGLOMERADO: UMA ALTERNATIVA AO DESCARTE  
INADEQUADO DAS CASCAS DE COCO (*Cocos nucifera* Linnaeus, 1753) NO  
MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA/PB**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA – da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Trabalho Aprovado. João Pessoa, 30 de Agosto de 2024.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Nataly Albuquerque dos Santos (Orientadora)  
Universidade Federal da Paraíba

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Maria Cristina Crispim (Membro Interno PRODEMA)  
Universidade Federal da Paraíba

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Mikele Cândida Santana (Membro externo)  
Universidade Federal do Maranhão

Dedico este trabalho aos meus pais, que em todos os momentos, bons e ruins, nunca largaram a minha mão. Todos os seus esforços foram por mim, eu sei, e os meus também são por vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

O meu mais sincero, profundo e feliz agradecimento ao meu Deus, por ter me concedido a oportunidade de realizar este desejo, fortalecendo-me e sustentando-me durante todo o percurso. Percurso esse que não foi fácil, por isso minha imensa gratidão também aos meus pais que me fizeram entender que, independente do que acontecesse, eu nunca estaria só.

Um obrigada especial aos meus amigos que me ouviram e me aconselharam da forma que puderam.

Aos técnicos dos laboratórios que passei, e aos colegas que contribuíram com o meu trabalho e sanaram minhas dúvidas, vocês foram fundamentais para a execução do meu trabalho, sem vocês, chegar ao final de tudo não seria possível.

Agradeço também a todos que de alguma forma me ajudaram nesse período, assim como à minha orientadora, por seus direcionamentos, apoio e confiança.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.

Josué 1:9



## RESUMO

No processo de consumo e comercialização do coco, a geração de resíduos é consideravelmente elevada. A comercialização do coco vem gerando em torno de 6,7 milhões de toneladas de cascas ao ano, e apesar de ser um material de origem vegetal, a alta concentração de lignina presente em suas fibras atua como uma barreira para a degradação enzimática e microbiana. Arelado a isso, há também uma grande preocupação com os resíduos de madeira gerados por diversos setores. Isto posto, faz-se necessário o estudo das potencialidades da fibra de coco como matéria-prima para a produção de painéis aglomerados junto aos resíduos da madeira de *Pinus*, pois além da ressignificação do resíduo, é um recurso de baixo custo e abundante, podendo ser vastamente utilizado no Brasil. A primeira etapa da pesquisa foi desenvolvida a partir do processamento dos resíduos da casca do coco e do *Pinus sp.* A segunda etapa trata-se das caracterizações dos materiais, essenciais para a compreensão dos teores de umidade e cinzas, que se encontraram dentro do que versa a literatura. FTIR apontando a presença de umidade, lignina, celulose e hemicelulose como componentes das matérias-primas, e a análise de TG indicando a temperatura ideal de prensagem para a etapa seguinte. A terceira etapa da pesquisa trata-se da confecção dos painéis aglomerados. Ao todo, foram produzidos 25 painéis, 5 de cada grupo amostral, sendo eles: 100% resíduo de *Pinus sp.*, 100%, 30%, 20% e 10% resíduo de coco. Objetivando verificar a qualidade e resistência dos painéis, foram realizados ensaios físicos e mecânicos, onde os painéis apresentaram por características: baixa densidade, umidade um pouco abaixo da norma técnica, alta absorção de água, mas baixo inchamento em espessura, em contrapartida, o que indica pouca deformação na presença de água, e baixos índices de TP, MOR E MOE, o que sugere fragilidade em suas propriedades mecânicas levando em consideração a norma técnica para painéis de média densidade.

Palavras-chave: Resíduo vegetal. Fibra de coco. *Pinus*. Painéis. Tecnologias sustentáveis.

## **ABSTRACT**

The process of coconut consumption and commercialization generates a considerable amount of waste. The commercialization of coconuts generates around 6.7 million tons of shells per year, and despite being a material of plant origin, the high concentration of lignin present in its fibers acts as a barrier to enzymatic and microbial degradation. In addition to this, there is also great concern about the wood waste generated by various sectors. Therefore, it is necessary to study the potential of coconut fiber as a raw material for the production of particleboard panels together with pine wood waste, since in addition to redefining the waste, it is a low-cost and abundant resource that can be widely used in Brazil. The first stage of the research was developed based on the processing of coconut and *Pinus* sp. shell waste. The second stage deals with the characterization of the materials, essential for understanding the moisture and ash contents, which were found within the literature. FTIR indicating the presence of moisture, lignin, cellulose and hemicellulose as components of the raw materials, and the TG analysis indicating the ideal pressing temperature for the next stage. The third stage of the research involves the production of particleboard panels. In total, 25 panels were produced, 5 from each sample group, namely: 100% *Pinus* sp. residue, 100%, 30%, 20% and 10% coconut residue. In order to verify the quality and resistance of the panels, physical and mechanical tests were carried out, where the panels presented the following characteristics: low density, moisture slightly below the technical standard, high water absorption, but low swelling in thickness, which indicates little deformation in the presence of water, and low TP, MOR and MOE indexes, which suggests fragility in their mechanical properties taking into account the technical standard for medium density panels.

**Key-words:** Plant residue. Coconut fiber. Pine. Panels. Sustainable technologies.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processos iniciais para obtenção de fibra e pó de coco.....	26
Figura 2: Processamento da fibra de coco em forrageira. ....	26
Figura 3: Processo de separação do pó de coco em diferentes aberturas de malhas. ....	27
Figura 4: Processamento dos resíduos de <i>Pinus</i> .....	28
Figura 5: Granulometrias do pó de coco. ....	30
Figura 6: Granulometrias da madeira de <i>Pinus</i> . ....	31
Figura 7: Adesivo bi-componente à base de óleo vegetal.....	32
Figura 8: Etapas de confecção dos painéis aglomerados.....	33
Figura 9: Ensaio mecânico de Tração e Flexão .....	35
Figura 10: Paineis aglomerados sem utilização de resina .....	43
Figura 11: Paineis fabricados com introdução de resina entre 10% e 70% .....	44
Figura 12: Amostragem de painéis aglomerados com diferentes introduções de resíduo de Coco e <i>Pinus</i> .....	44

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Porcentagem de introdução de resíduo de coco nas amostras de painéis .....	31
Tabela 2: Ensaios físicos .....	45
Tabela 3: Ensaios mecânicos .....	49

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

CTDR – Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional

FTIR – Fourier Transform Infrared

GEE – Gases do Efeito Estufa

HDF – High Density Fiberboard

MDF – Medium Density Fiberboard

MDP – Medium Density Particleboard

MOE – Módulo de elasticidade

MOR – Módulo de ruptura

NBR – Norma Brasileira

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

OSB – Oriented Strand Board

PMJP – Prefeitura Municipal de João Pessoa

PU – Poliuretano

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

SEMAM – Secretaria de Meio Ambiente

TG – Termogravimetria

TP – Tração Perpendicular

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. OBJETIVOS .....	15
2.1. Objetivo geral .....	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
3. HIPÓTESES .....	16
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
4.1. Aspectos botânicos do Coqueiro.....	17
4.1.1. As fibras do coco .....	18
4.2. A problemática das cascas de coco .....	19
4.3. <i>Pinus</i> , resíduos e os painéis de madeira reconstituída .....	22
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	25
5.1. Etapa I: Processamento das matérias-primas .....	25
5.1.1. Processamento do coco .....	25
5.1.2. Processamento do <i>Pinus</i> .....	27
5.2. Etapa II: Análises físicas e termo-químicas .....	28
5.3. Etapa III: Confeção dos painéis.....	30
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
6.1. Caracterização física e termo-química .....	37
6.1.1. Umidade e Cinzas .....	37
6.1.2. Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) .....	38
6.1.3. Termogravimetria (TG).....	39
6.2. Painel aglomerado .....	42
6.2.1. Ensaio físicos.....	45
6.2.2. Ensaio mecânicos.....	49
7. CONCLUSÕES.....	52
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
REFERÊNCIAS.....	54
APÊNDICE I .....	65

## 1. INTRODUÇÃO

Introduzida no Brasil com a chegada dos portugueses, a cocoicultura tem um importante papel econômico no país, com ênfase na Região Nordeste, onde é fonte de alimentação e renda para a população através de sua comercialização e da geração de emprego nos variados setores da cadeia produtiva do coco.

Cultivado em cerca de 90 países, o coqueiro tem seus frutos destinados principalmente, em um cenário internacional, para a produção de óleo e copra (polpa seca), e nacionalmente, para a produção de água de coco, leite de coco e coco ralado. Encontrando-se na quinta posição no ranking mundial de produtores de coco, no Brasil são gerados cerca de 1,6 bilhão de frutos ao ano, em uma área total de 187,5 mil ha (BRAINER, 2021).

No processo de consumo e comercialização do coco, a geração de resíduos é consideravelmente elevada. De acordo com Biagolini (2017), a comercialização do coco vem gerando em torno de 6,7 milhões de toneladas de cascas ao ano.

Atualmente, várias indústrias utilizam seus próprios resíduos como substrato agrícola, para adubação dos coqueirais ou recursos energéticos para fornalhas. No entanto, a parcela preocupante refere-se aos resíduos do consumo e comercialização dos cocos, principalmente nas cidades litorâneas. Esses resíduos do coco são queimados ou descartados nas ruas, em aterros sanitários ou em lixões. Quando queimados, são liberadas substâncias nocivas ao meio ambiente, e quando descartados, tornam o ambiente propício para o desenvolvimento de insetos vetores de doenças, trazendo riscos para a saúde coletiva (BIAGOLINI, 2017; LOPES; TANNOUS, 2020), além do seu elevado volume reduzir a vida útil dos aterros sanitários.

Em um contexto local, A Prefeitura Municipal de João Pessoa (PMJP), capital do Estado da Paraíba, junto ao Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), investiu cerca de 200 milhões de dólares no Programa João Pessoa Sustentável, visando a promoção do desenvolvimento econômico, social e sustentável, através de novos mecanismos de planejamento urbano, administração pública, fiscalização, diminuição das desigualdades e prestação de serviços (NEGREIROS; LIMA, 2021).

De acordo com o site oficial da PMJP, em dezembro de 2022 foram instalados mais de 400 coletores de resíduos na orla da cidade. Destes, 60 foram instalados para a coleta de cocos (RODRIGUES, 2023). Assim, é possível observar certa preocupação por parte da administração pública municipal, que visa construir uma imagem de cidade sustentável, no

entanto, essas ações precisam ser direcionadas para além da coleta dos resíduos, atentando-se para a sua disposição final.

Conforme o resultado do Plano de Ação Climática de João Pessoa, projeto elaborado com o objetivo de realizar um diagnóstico climático e direcionar medidas para o desenvolvimento sustentável e resiliente, o Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa demonstrou que o setor de resíduos é o segundo maior responsável pela emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) na capital, com taxa de 35,7% no ano de 2020, sendo 66% dessas emissões provenientes de resíduos depositados em aterros sanitários (JOÃO PESSOA, 2023), resíduos esses que contam com a grande contribuição das cascas de coco.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei N° 12.305, de 02 de agosto de 2010), são considerados rejeitos os “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.” (BRASIL, 2010). Dessa forma, os rejeitos se diferem dos resíduos, pois esses últimos apresentam características que permitem seu reuso e/ou reciclagem.

Como bem abordado por Silva (2019) em sua pesquisa, no ano de 2018 foram vendidas mais de 100 mil unidades de coco em João Pessoa, no entanto, os resíduos dessa comercialização são depositados no aterro sanitário, uma vez que não existem políticas públicas para o beneficiamento das cascas de coco, que acabam sendo tratadas como rejeitos, sem que de fato sejam.

Em consonância com Ellis e Ramankutty (2008), não há possibilidade de impedir o homem de interagir e impactar o meio no qual ele vive, mas a parcela que nos cabe é a de direcionar nossas visões para além de um “ecossistema natural com perturbação humana” e trabalhar no gerenciamento sustentável do modo como vivemos, isso inclui o que colhemos, consumimos e descartamos.

Para tal, em 2015, os países membros da Organização das Nações Unidas (ONU), se comprometeram com a Agenda 2030, que propõe Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), buscando o enfrentamento dos problemas do mundo atual, sendo um desses problemas o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

A partir disso, surge a necessidade do desenvolvimento de tecnologias sustentáveis aplicadas à cadeia de desperdício gerado pelo consumo e comercialização do coco. Considerando a problemática, as tecnologias devem ser capazes de sanar ou minimizar o impacto causado por esses resíduos.



Atrelada a essa ideia, o consumo de madeira pela indústria moveleira, de construção civil e outros setores, enfrenta diversas discussões relacionadas aos problemas ambientais no que diz respeito à obtenção de matérias-primas para a fabricação dos seus produtos, que em sua maioria, advém de florestas plantadas, e, criminalmente, da extração ilegal de madeira de florestas nativas, e os resíduos gerados após essas fabricações. É neste contexto que surge a demanda por estudos de viabilização da utilização de resíduos de madeira para a produção de painéis de madeira reconstituída, possibilitando menor impacto ambiental sobre a fabricação de novos produtos que poderão ser utilizados em diferentes áreas (WEBER; IWAKIRI, 2015).

Partindo do pressuposto que todo material lignocelulósico apresenta potencialidades para utilização na fabricação de painéis, e que para a fabricação desses materiais são utilizados adesivos contendo alto teor de formaldeído, substância tóxica e cancerígena, os estudos desenvolvidos por Dinhane (2016) e Mattos *et al.* (2011) sugerem o uso da fibra de coco por apresentar altas quantidades de lignina, que atua como ligante natural.

Assim, o presente trabalho objetiva desenvolver, a partir das fibras presentes nas cascas do coco, um “painel ecológico de madeira reconstituída”, fornecendo uma alternativa ao desperdício do material vegetal e de madeira maciça, gerando um produto de valor agregado.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Promover o reaproveitamento de resíduos do coco e de madeira para a produção de painéis aglomerados.

### **2.2. Objetivos específicos**

1. Identificar as características da fibra de coco e do resíduo de *Pinus* por meio de análises físicas e termo-químicas;
2. Analisar o potencial da fibra de coco para utilização na indústria de painéis;
3. Comparar as propriedades físicas e mecânicas do painel fabricado com fibra de coco, com o painel fabricado com mistura de fibra de coco e resíduos de madeira.

### **3. HIPÓTESES**

- A fibra de coco é viável para a fabricação de compensado ecológico, substituindo totalmente a madeira.
- A fibra de coco é viável como complementação na fabricação de compensado, junto com resíduos de madeira.

#### **4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Como uma das espécies frutíferas mais comercializadas no mundo, o coco desempenha importante papel socioeconômico no Brasil. Estima-se que a produção anual é de cerca de R\$ 1,13 bilhão, e que cada hectare cultivado gera três empregos diretos, e cada um desses empregos diretos geram outros quatro indiretos (BARROS, 2022).

Além disso, o coqueiro se configura como uma planta versátil, pois todos os seus constituintes possuem potencialidades para alguma finalidade, sejam elas agroindustriais, alimentícias e nutricionais, medicinais, biotecnológicas ou artesanais (SILVA *et al.*, 2020).

No entanto, o principal subproduto da cocoicultura é o enorme volume de cascas, que são descartadas inadequadamente em aterros, lixões, terrenos baldios e à margem de estradas. Apesar de tratar-se de um material de natureza vegetal, as fibras do coco são de lenta decomposição, o que acaba por torná-lo um problema ambiental quando não há destinação final adequada (ALMEIDA; COLOMBO, 2021; SOUZA, *et al.*, 2023).

Nos próximos subtópicos, o trabalho discorrerá sobre os aspectos botânicos do coqueiro, as problemáticas do seu descarte inadequado, necessidades e possibilidades de intervenção, minimização e resolução do problema.

##### **4.1. Aspectos botânicos do Coqueiro**

Evidências imprecisas sobre seu ancestral comum prejudicam o consenso no que tange a origem do coqueiro. A hipótese mais aceita, porém, é a de que o coqueiro é originário do continente asiático, em ilhas localizadas entre os oceanos Índico e Pacífico, posteriormente foi levado ao continente africano, chegando ao Brasil pelo estado da Bahia, vindo da ilha de Cabo Verde, por volta de 1553 (FONTES, 2006).

Existem ainda estudiosos que sugerem que a origem do coqueiro se deu no continente americano e se espalhou para o resto do mundo através das correntes marinhas (SENHORAS, 2004). Atualmente sua distribuição se dá pelo Sudeste Asiático, África Ocidental e Oriental, ilhas do Pacífico, América do Norte, Central e do Sul (IGNACIO; MIGUEL, 2021).

É uma planta tipicamente tropical e de baixas altitudes, que se desenvolve em clima quente e de grande intensidade solar, além de ser considerada uma espécie exigente

quanto ao solo, desenvolvendo-se melhor na areia das praias onde há grande quantidade de cálcio devido à presença das conchas de animais marinhos. No entanto, também é possível encontrar coqueirais afastados do litoral, mas com menor produtividade (SENHORAS, 2004; SOUZA, *et al.*, 2023)

Quanto à sua classificação biológica, pertence ao reino Plantae, filo Angiosperma, classe Liliopsida, ordem Arecales, família Arecaceae (Palmae), e é a única espécie identificada do gênero *Cocos*. Não há exatidão quanto ao número de variantes existentes, mas as três principais aceitas são: a *Typica*, conhecida como coqueiro-gigante, a *Nana*, conhecida como coqueiro-anão, e a variante híbrida (WANG *et al.*, 2022).

Seu fruto, o coco, é um considerado do tipo drupa fibrosa, com três camadas de revestimento: uma epiderme lisa, denominada epicarpo, que é a camada externa; o mesocarpo, camada mais fibrosa do coco, envolta pelo epicarpo; e o endocarpo, a camada mais dura e que abriga o albúmen líquido e o albúmen sólido, dos quais são originados diversos produtos alimentícios (FONTES, 2006; IGNACIO; MIGUEL, 2021).

#### **4.1.1. As fibras do coco**

Quanto às suas fibras, presentes em abundância no mesocarpo, estas são formadas principalmente por compostos que tem por base o Carbono (C) e o Hidrogênio (H): celulose, hemicelulose, lignina, pectinas e minerais. As fibras do coco são, sobretudo, longas e curtas. As longas são caracterizadas por sua resistência e durabilidade, enquanto as curtas são mais macias e flexíveis. A celulose e a lignina, componentes presentes em maior concentração nas plantas, lhes confere rigidez e resistência, enquanto a hemicelulose atua como ligação entre os dois (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014).

A celulose é o constituinte presente em maior quantidade na parede celular de todos os vegetais, dos mais simples aos mais complexos. É um polímero linear, com porções amorfas e cristalinas, formado por unidades de D-glicose unidas por ligações glicosídicas  $\beta$ 1-4. A hemicelulose é considerada o segundo constituinte em maior abundância na parede celular dos vegetais. É um polissacarídeo heterogêneo composto por pentoses, hexoses e ácidos galáticos, e estruturalmente mais semelhante à celulose do que a lignina. A hemicelulose é depositada na parede celular uma etapa antes do processo de lignificação. A lignina, por sua vez, é o segundo biopolímero mais abundante na biosfera, ficando atrás apenas da celulose, e o terceiro principal componente das paredes

celulares de vegetais. É uma substância hidrofóbica, sintetizada a partir de do álcool coniferílico, álcool sinapílico e álcool p-cumarílico. Como o último componente da parede celular a ser incorporado, a lignina interpenetra as fibrilas de celulose e fortalece a parede (OGATA, 2013).

Entre as células vegetais existe uma camada abastada em lignina, conhecida como lamela média. Essa estrutura une as células vegetais, mas apresenta baixa porosidade, impedindo a infiltração de proteínas (por apresentar elevada massa molar), o que se configura como um empecilho no processo de biodegradação de materiais lignocelulósicos, principalmente quando levamos em consideração que os organismos que atuam na degradação de lignina já são bastante reduzidos (AGUIAR; FERRAZ, 2011).

Dessa forma, unidas por pontes de hidrogênio, várias moléculas de celulose organizam-se em fibrilas, que se unem à hemicelulose e à lignina, gerando um material rígido, resistente e insolúvel em vários solventes. As principais funções da lignina estão ligadas ao transporte de água e nutrientes, resistência mecânica, rigidez e proteção dos tecidos vegetais contra ação de pragas e patógenos, bem como ação enzimática e microbiana (ALMEIDA; COLOMBO, 2021; OGATA, 2013; SILVA *et al.*, 2020).

As fibras presentes no mesocarpo do coco tem maior teor de lignina do que de celulose, o que lhe confere um potencial diferenciado em relação a outras fibras, como por exemplo a Juta e o Sisal, podendo ser utilizadas no emprego dos mais diversos tipos de produtos (SILVA; JERÔNIMO, 2012). Em contrapartida, o alto teor de lignina atua diretamente no tempo de degradação do material, que leva entre oito e doze anos para se decompor naturalmente.

#### **4.2. A problemática das cascas de coco**

Com o aumento da procura por produtos derivados do coco, a demanda é suprida principalmente pela coleta do fruto *in natura*. Popularmente conhecida como “árvore da vida” ou “árvore dos mil usos”, o coqueiro adquiriu essas nomenclaturas por ser a palmeira mais cultivada no mundo, tendo todas as suas partes potencialmente aproveitadas. Seus troncos e suas folhas podem ser utilizados para a construção de casas, cercas e artesanato; as fibras presentes no mesocarpo são utilizadas para a produção de cordas e tapetes, por exemplo; o endocarpo apresenta potencial para a produção de carvão ativado; além de, é claro, os endospermas sólido e líquido, ricos em açúcares, minerais e

vitaminas, amplamente explorados pela indústria alimentícia (IGNACIO; MIGUEL, 2021; WANG *et al.*, 2022).

Apesar disso, no Brasil, o mesocarpo fibroso, enquanto subproduto do consumo do coco, tem apenas uma pequena parcela reaproveitada, principalmente quando levamos em consideração que apenas 15% do peso do coco é destinado para o consumo, enquanto 85% é representado por cascas (BARROS, 2022).

Ainda nessa perspectiva, de acordo com Clasen, Bonadio e Agostinho (2022), entre 70 e 80% dos resíduos sólidos gerados nas praias brasileiras são cascas de coco, e a cada 250 mL de água de coco obtida, são gerados 1 kg de resíduos (ROMÃO *et al.*, 2022). Não havendo uma destinação correta para esses resíduos, eles se tornam problemas ambientais, enquanto resíduos sólidos (LOPES; TANNOUS, 2020; MOURA *et al.*, 2019).

Apesar de ser um material de origem vegetal, componentes presentes nas fibras do coco conferem-lhe a característica do longo tempo de decomposição, o que o torna um problema quando descartado nas praias, terrenos baldios ou margens de estradas, além de contribuir para a proliferação de insetos vetores de doenças e animais peçonhentos, atingindo também uma questão de saúde pública. Quando o material é coletado e levado ao aterro sanitário, há ainda uma grande preocupação, uma vez que seu elevado volume diminui a vida útil dos aterros e colabora na emissão de metano, gás agravante do efeito estufa (DIAS *et al.*, 2019).

Em vista disso, houve no ano de 2015 uma Assembleia Geral das Nações Unidas, onde os 193 Estados-membros da Organização das Nações Unidas (ONU) discutiram medidas para que o mundo pudesse caminhar de forma sustentável. Assim, foram definidos 17 objetivos e 169 metas, distribuídos em dimensões que abrangem o econômico, social, institucional e ambiental. São os denominados Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que devem ser atingidos até 2030.

Os ODS's de número 9, 11 e 12, em particular, visam garantir a adoção de processos ambientalmente adequados na cadeia produtiva industrial; redução do impacto negativo sobre a gestão dos resíduos sólidos; e padrões de consumo e de produção sustentáveis, respectivamente.

Arelada a essa ideia, atualmente, um importante conceito que vem sendo discutido e implantado é o de “economia circular”. Um conceito econômico baseado no desenvolvimento sustentável. Tendo em vista o uso desenfreado dos recursos naturais e a enorme geração de resíduos, a economia circular se opõe ao modelo de economia linear

popularizado, onde a matéria-prima é extraída, utilizada para produção e depois descartada. Na economia circular, por sua vez, o princípio é a diminuição dos impactos ambientais, prolongando a vida útil dos materiais e aplicando técnicas de reuso ou reciclagem, maximizando o potencial dos recursos (ALMEIDA; COLOMBO, 2021).

A Lei N° 12.305, de 2 de agosto de 2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cujo objetivo está ligado ao gerenciamento dos resíduos sólidos, as responsabilidades dos que o geram e do poder público, bem como a economia relacionada (BRASIL, 2010). De acordo com os termos definidos na lei, o subproduto do coco pode ser considerado um resíduo, uma vez que existem diversas aplicações para seu reuso e reciclagem, no entanto, o material tem sido tratado como rejeito, recebendo uma disposição final, que na verdade, não é considerada a mais adequada.

Entende-se que na sociedade atual, a busca por alimentos saudáveis tem crescido cada vez mais, sendo os derivados do coco, produtos com elevada demanda. A diminuição da geração de resíduos do coco impactaria diretamente na economia e na cultura de nações como o Brasil, pois a redução dos resíduos implicaria na queda do consumo e comercialização.

Levando em consideração sua importância alimentícia e socioeconômica, foi criado o Projeto de Lei N° 10.788-A, de 2018 (aguardando tramitação no senado), que institui a Política Nacional de Incentivo à Cocoicultura de Qualidade, objetivando aumento da produtividade, competitividade e práticas sustentáveis da cocoicultura no Brasil, sendo uma das finalidades a redução de perdas e desperdícios de recursos ao longo da cadeia de produção (BRASIL, 2018).

Dessa forma, o desenvolvimento de possíveis tecnologias para usos do coco, além dos tradicionais, tem despertado o interesse de acadêmicos, que nos últimos anos vem testando possíveis aplicabilidades para o material. Dias *et al.*, 2019 apresentaram em seu trabalho alternativas para a utilização da biomassa de coco para a produção de energia, como forma de reduzir os resíduos e priorizar a segurança energética; Souza *et al.*, (2023) desenvolveram papel a partir da celulose presente nas cascas de coco; Almeida e Colombo (2021) estudaram a construção de telhados verdes; Esteves, Abud e Barcellos, (2015), o aproveitamento para briquetes; e Padilla *et al.*, (2018), a produção de carvão vegetal a partir das cascas de coco, dentre outros estudos.

A utilização das fibras da casca do coco transcende fronteiras, demonstrando não apenas o seu valor econômico, mas também seu potencial para soluções sustentáveis em



diferentes setores. Suas peculiaridades e propriedades sugerem seu diferencial na busca por alternativas ecologicamente corretas.

#### **4.3. *Pinus*, resíduos e os painéis de madeira reconstituída**

As árvores do gênero *Pinus* são originárias do hemisfério norte do planeta e trazidas ao Brasil por imigrantes europeus. Estas árvores são plantadas no Brasil há mais de cem anos, e apesar de inicialmente o foco ter sido ornamental, por volta de 1960 as árvores passaram a ser plantadas em escala comercial, principalmente no sul e sudeste do país (EMBRAPA, 2020). São plantas de grandiosa importância econômica, de onde é obtida madeira para diversas finalidades: resinas, celulose e utilização farmacêutica.

As plantações de *Pinus*, e também de Eucalipto, sofrem controvérsias quanto aos seus possíveis impactos ambientais. Suas madeiras são amplamente utilizadas na construção civil, mobiliário, extração de celulose para a produção de papel, painéis de madeira reconstituída, entre outras aplicações. No entanto, essas monoculturas causam debates enérgicos quanto a baixa biodiversidade, aos efeitos erosivos e de empobrecimento do solo, e impacto sobre aquíferos e lençóis freáticos (VITAL, 2007).

Apesar disso, estudiosos demonstram que essas plantações podem causar impactos positivos ou negativos, dependendo das condições em que são inseridas: hidrografia da região, bioma em que está inserido, técnicas de manejo, condições prévias da área de plantio e participação da população local (BERNARDI *et al.*, 2014; COSTA; OLIVEIRA, 2019; VITAL, 2007), sendo necessária uma análise delicada dos contextos nos quais estão inseridas.

De modo geral, os produtos florestais tem duas principais destinações: fins energéticos e fins madeireiros. Os fins energéticos são para a produção de briquetes, carvão, lenha e biocombustíveis; já os fins madeireiros dizem respeito aos serrados, painéis de madeira sólida (compensados e lâminas) e painéis reconstituídos (aglomerados, MDF, MDP, OSB e HDF), além da polpa (celulose e pastas) (PENTEADO, 2020).

Os painéis de madeira sólida se caracterizam por serem formados por camadas ou lâminas de madeira maciça, enquanto os painéis de madeira reconstituída são compostos por fibras ou pedaços de madeira. Estes últimos tem se destacado por apresentarem maior

valor agregado, diante da necessidade de substituir o uso da madeira maciça (FREIRE *et al.*, 2015).

Além das partículas de madeira, os painéis reconstituídos também são comumente compostos por adesivos sintéticos que ligam essas partículas, sendo, dessa forma, denominados de compósitos. O MDF (Medium Density Fiberboard) é considerado um compósito de fibra, de média densidade, em que as fibras do material lignocelulósico são alinhadas, adesivadas e prensadas, assim como o HDF (High Density Fiberboard), que é fabricado de semelhante modo, no entanto, apresenta alta densidade. Já o OSB, o MDP e os aglomerados são considerados compósitos particulados, por serem produzidos a partir de pedaços, partículas e cavacos (NAKAMURA, 2018)

O OSB (Oriented Strand Board) é um painel produzido a partir de lascas de madeira. Nas camadas externas, as lascas são dispostas no mesmo sentido, e na camada interna é perpendicular às externas; O MDP (Medium Density Particleboard) e os aglomerados, em muitas literaturas, são considerados o mesmo material, no entanto, os dois se diferenciam pois o MDP é fabricado a partir de partículas de madeira, enquanto nos aglomerados são utilizados resíduos (NAKAMURA, 2018).

Ademais, há também preocupações com as aplicações das madeiras e os resíduos gerados. As madeiras transformadas e reconstituídas, em sua maioria, são fabricadas a partir das florestas plantadas de *Pinus* e Eucalipto, sendo o *Pinus* o foco deste trabalho. Atualmente, baseando-se em ideias de desenvolvimento sustentável, estudiosos tem buscado a confecção de painéis com resíduos agroindustriais, ou até mesmo da própria madeira.

Dessa forma, Freire *et al.*, (2015) analisaram o impacto ambiental de painéis de madeira quanto à extração da matéria-prima, produção e descarte do produto, constatando alta pegada ecológica para tal fabricação, além de que países como Estados Unidos, Canadá, Chile e Espanha já utilizam resíduos agroindustriais ou resíduos de madeira de outros processos industriais para a fabricação dos painéis, enquanto no Brasil, são necessários plantios de árvores para obtenção da madeira.

Alguns estudos já sugerem o uso da fibra de coco para substituição ou complementação das madeiras na confecção de painéis. Mattos *et al.*, (2011) produziram painéis aglomerados com 100% de resíduos de casca de coco; Souza, (2020) desenvolveu painéis cimentícios com o emprego de fibra de coco, bem como painéis aglomerados de eucalipto e coco; Dinhane, (2016) desenvolveu um estudo sobre painéis de MDP constituído de bambu e coco; Silva, (2020) produziu e analisou painéis particulados feitos

a partir de *Corymbia citriodora* e fibra de coco; Zhang e Hu, (2014), desenvolveram compósitos aglomerados de palha de arroz e fibra de coco, entre outros estudos.

Conforme Brito *et al.*, (2023), os painéis aglomerados foram desenvolvidos pela primeira vez na Alemanha, durante o conturbado período da Segunda Guerra Mundial, onde, devido a indisponibilidade de madeira de qualidade para a confecção de compensados, foram utilizados resíduos de madeira para produzir painéis capazes de suprir a demanda existente.

Ainda, de acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (2023), um dos principais resíduos gerados pelo setor de produção de painéis é a serragem. Em escala industrial, estima-se que apenas 5% dos resíduos gerados são encaminhados para aterros sanitários. No entanto, quando lidamos com pequenos empreendimentos, a quantidade de resíduo não reaproveitável pode ser bem maior.

Levando em consideração os resíduos de madeira e seu potencial para a produção de painéis aglomerados, bem como o uso da fibra de coco como substituinte ou complemento, o presente trabalho se propõe a desenvolver painéis aglomerados com resíduos de madeira de *Pinus* e fibra de coco.

Esta proposta também se enquadra como possibilidade de alcançar objetivos da Agenda 21, documento aprovado na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, no Rio de Janeiro em 1992 (ECO-92), comprometendo-se com ações sustentáveis a serem desenvolvidas no século XXI, trabalhando para o desenvolvimento sustentável socioeconômico e industrial, de modo a diminuir os impactos gerados sobre o meio ambiente, garantindo a subsistência das futuras gerações.

Isto posto, faz-se necessário o estudo das potencialidades da fibra de coco como matéria-prima para a produção de painéis aglomerados junto aos resíduos da madeira de *Pinus*, pois além da ressignificação do resíduo, é um recurso de baixo custo e abundante, podendo ser vastamente utilizado no Brasil.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo é uma pesquisa experimental e de natureza aplicada, buscando a resolução de um problema específico. Apesar de ter como foco a capital paraibana, sua temática engloba o país como uma totalidade, pois a geração de resíduos de coco e serraria é uma realidade nacional.

A seguir, os aspectos metodológicos serão divididos em três subtópicos, de acordo com a ordem cronológica de execução: 1) Processamento das matérias-primas; 2) Análises físicas e termo-químicas; 3) Confeção dos painéis e análises de qualidade e resistência.

### 5.1. Etapa I: Processamento das matérias-primas

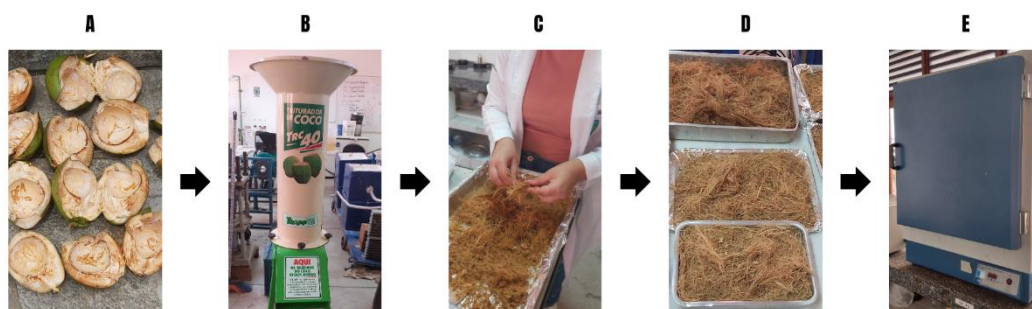
Para a realização do estudo, foram processadas 20 unidades de coco verde (unidades com peso médio de 1,1 kg) pós-consumo da água, que seriam descartados por um comércio local, e aproximadamente 8 kg de resíduos de madeira de *Pinus sp.* obtidos em uma serraria.

Nesta etapa, os estudos foram desenvolvidos no Laboratório de Operações Unitárias, no Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II.

#### 5.1.1. Processamento do coco

Os cocos foram abertos ao meio e deles retirados e descartados os resíduos do albúmen sólido. Passaram por pré-secagem ao sol durante três dias e foram levados ao laboratório para serem triturados, secos e triados. O primeiro equipamento utilizado foi o triturador de coco TRC 40 da Trapp, onde os pedaços de coco foram triturados por lâminas. Esse material, que ainda se apresentava úmido ao toque, foi separado manualmente em fibra e pó, e levado para a estufa de secagem e esterilização SL-100 da Solab, onde passou por secagem a 105 °C durante 24h (figura 1), de acordo com a metodologia adotada por Silva (2019).

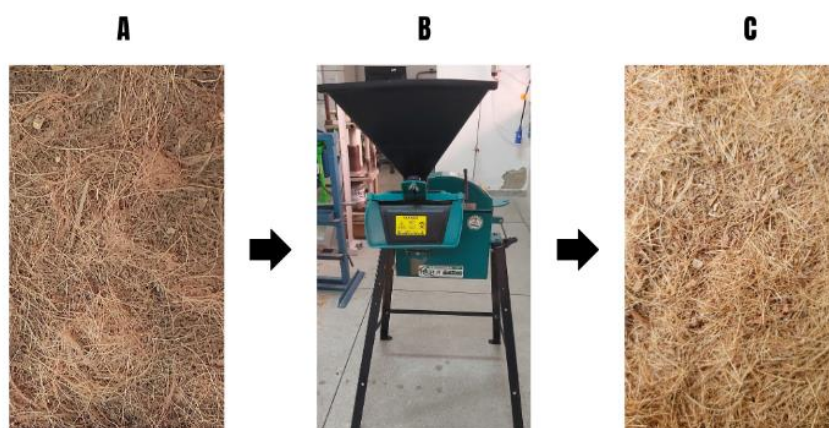
**Figura 1: Processos iniciais para obtenção de fibra e pó de coco.**



A) Secagem ao sol; B) Triturador de cocos; C) Separação Manual; D) Material acondicionado em bandejas para secagem; E) Estufa de secagem. Fonte: Autora, 2023.

Depois de seca, a fibra do coco seguiu para o picador forrageiro (GP-1500 AB da Garthen), pois apresentava aspecto grosseiro e de difícil manuseio (figura 2). Após ser reduzida a fragmentos menores e mais maleáveis, a fibra foi reservada.

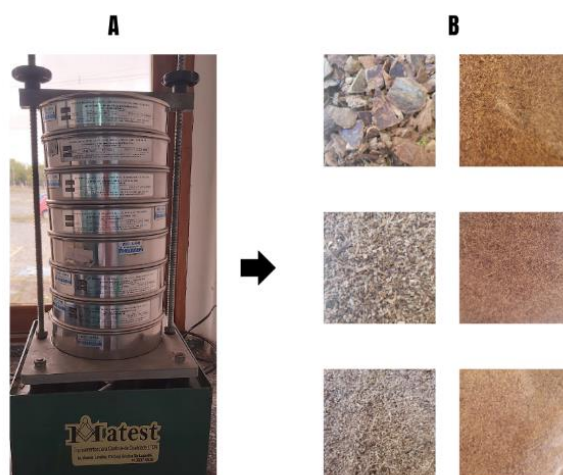
**Figura 2: Processamento da fibra de coco em forrageira.**



A) Fibra após passar por triturador de cocos e secagem em estufa; B) Picador forrageiro; C) Fibra após passar por picador forrageiro. Fonte: Autora, 2023.

Já o pó obtido no triturador de cocos, foi levado para o peneirador vibratório da marca Matest, por 10 minutos de vibração, para ter suas partículas separadas nas malhas selecionadas: 08, 16, 30, 50, 100 e 270 (figura 3). As aberturas das malhas são padronizadas em milímetros de acordo com a ABNT, e os valores a seguir corresponderem às malhas anteriormente citadas, respectivamente: 2,4 mm, 1,2 mm, 0,60 mm, 0,30 mm, 0,15 mm e 0,053 mm.

**Figura 3: Processo de separação do pó do coco em diferentes aberturas de malhas.**



A) Peneirador vibratório; B) Partículas retidas nas malhas utilizadas. Fonte: Autora, 2023.

Posteriormente, as partículas retidas em cada malha foram acondicionadas em sacos ZipLocks e reservadas.

Foi preferido trabalhar com fibra e pó de coco em diferentes granulometrias baseados nos trabalhos de Silva (2020) e Weber e Iwakiri (2015), partindo do pressuposto que o pó pode auxiliar no melhor preenchimento do material, pois a diferença de granulometrias permitirá que as partículas cheguem a pequenos espaços que não poderiam ser preenchidos apenas pela fibra.

### **5.1.2. Processamento do *Pinus***

A madeira de *Pinus* foi obtida em formato de pequenos cavacos e pó. Inicialmente, o material passou por peneiragem manual, onde separou-se os cavacos do pó. Para que fosse possível trabalhar com diferentes granulometrias, uma parte dos cavacos foi levada para o moinho de facas SL – 31 da Solab, moído e passado na malha com abertura de 2 mm (figura 4).

**Figura 4: Processamento dos resíduos de *Pinus*.**



A) Cavacos obtidos em serraria; B) Moinho de facas; C) Granulometria obtida após a passagem dos cavacos pelo moinho de facas; D) Cavacos passando por peneiragem manual; E) Partículas dos resíduos de *Pinus* que passaram pela peneira manual. Fonte: Autora, 2023.

Por apresentar partículas em granulometrias mais uniformes do que a fibra do coco, não foi necessário separar a madeira de *Pinus* em diferentes malhas no peneirador vibratório. Assim, obtiveram-se três granulometrias: os cavacos, as partículas obtidas através da peneira manual e o pó do moinho de facas.

## 5.2. Etapa II: Análises físicas e termo-químicas

Para a determinação das características físicas e termo-químicas da fibra de coco e do *Pinus*, foram realizadas análises de teor de umidade e cinzas, FTIR (Fourier Transform Infrared) e TG (Termogravimetria). Para a realização de tais análises, foram utilizadas amostras de pó de coco e *Pinus* que passaram pela malha de 270 e ficaram retidos no recipiente de fundo.

As análises de umidade e cinzas foram desenvolvidas no Laboratório de Análises Físico-Químicas, no CTDR, campus II da UFPB. A análise de FTIR, no Laboratório de Combustíveis e Materiais, campus I da UFPB. E a análise de TG, no Laboratório de Materiais e Química Ambiental, também no campus I da UFPB.

A análise de umidade determina a quantidade de água em uma amostra, sendo sua verificação de extrema importância, pois afeta a vida útil e qualidade dos produtos. O teor de umidade foi determinado de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), realizado em triplicata, onde a amostra pesada foi de 3g, posteriormente o material é aquecido em estufa a 105 °C e resfriado no dessecador até atingir peso constante. O teor é determinado através da equação:

$$\% \text{ Umidade} = \frac{A \times 100}{Pa}$$

A = Água evaporada [(Peso da cápsula de alumínio + Peso da amostra) – Peso da cápsula de alumínio com amostra seca]

Pa = Peso da amostra

Na análise de cinzas verifica-se a presença de materiais inorgânicos, uma vez que a matéria orgânica é incinerada. Também foi determinada conforme a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), realizada em triplicata, 3g de amostra pesada e incinerada na mufla a 550 °C e resfriada em dessecador. O teor é determinado através da equação:

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{C \times 100}{Pa}$$

C = Quantidade de cinzas obtida na análise (Peso do cadinho com amostra incinerada – Peso do cadinho)

Pa = Peso da amostra

A análise de FTIR, espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier, fornece informações sobre a presença de determinados grupos funcionais na estrutura da amostra que se deseja analisar. O método utilizado foi o de transmissão com uso de pastilhas de KBr (Brometo de Potássio), com padrões de varredura de 4000-400 cm<sup>-1</sup>, 20 varreduras e resolução 4,0, conforme Silva *et al.* (2020).

A análise de TG nos permite verificar a perda de massa de acordo com o aquecimento. As amostras pesadas no TG foram de 10 mg de massa em cadinho de alumina, aquecidas a uma temperatura inicial de 25 °C e final de 900 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C/min, em atmosfera de ar sintético e em atmosfera de gás nitrogênio, conforme Silva (2019) e Silva *et al.* (2020).



### 5.3. Etapa III: Confeção dos painéis

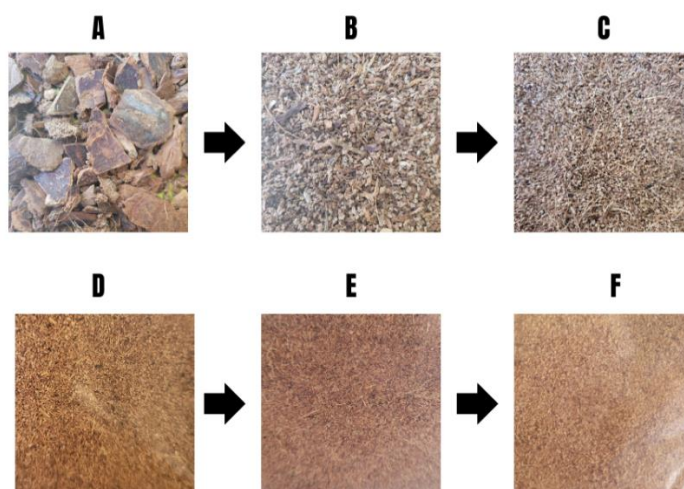
Nesta etapa, a confecção dos painéis foi realizada no laboratório de Materiais Poliméricos, os ensaios de Umidade, Densidade, Inchamento e Absorção de água em 24h no Laboratório de Purificação e Aspersão de Minerais Argilosos, e os ensaios de Tração e Flexão no Laboratório de Solidificação Rápida, todos localizados no Centro de Tecnologia da UFPB, campus I.

Dentre os diferentes tipos de painéis, optou-se por trabalhar com o painel aglomerado, por sua norma técnica permitir a adoção de resíduos e o uso de partículas de geometria variável e não uniforme, como é o caso das partículas do coco.

O presente trabalho se baseará nas normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR (Norma Brasileira) 14810-2:2018 – Painéis de partículas de média densidade parte 2: Requisitos e Métodos de ensaios, pois é a norma nacional adotada para painéis de baixa, média e alta densidade, apesar de ser específica apenas para os painéis de média densidade. Além disso, também serão adotadas metodologias adaptadas de Dinhan (2016), Mattos, *et al.* (2011), Nakamura (2018), Rodrigues *et al.* (2023) e Silva (2020).

Para a produção dos painéis aglomerados, foi necessário realizar uma mistura de igual quantidade de fibra e pó de coco em diferentes granulometrias. As malhas escolhidas para comporem o pó (figura 5) foram a 16, 30, 50, 100 e 270, excluindo apenas o material retido na malha 8 por apresentar pedaços robustos do endocarpo do coco, inviabilizando seu uso para a finalidade do presente trabalho.

**Figura 5: Granulometrias de pó de coco.**



A) Malha 8; B) Malha 16; C) Malha 30; D) Malha 50; E) Malha 100 e F) Malha 270. Fonte: Autora, 2023.

Para a verificação do potencial da fibra de coco como complementação da madeira de *Pinus* nos painéis aglomerados, ou o seu uso exclusivo, as amostras seguiram a introdução de 0%, 10%, 20%, 30% e 100% de resíduo de coco (mistura de fibra e pó) às partículas de *Pinus sp.* (tabela 1).

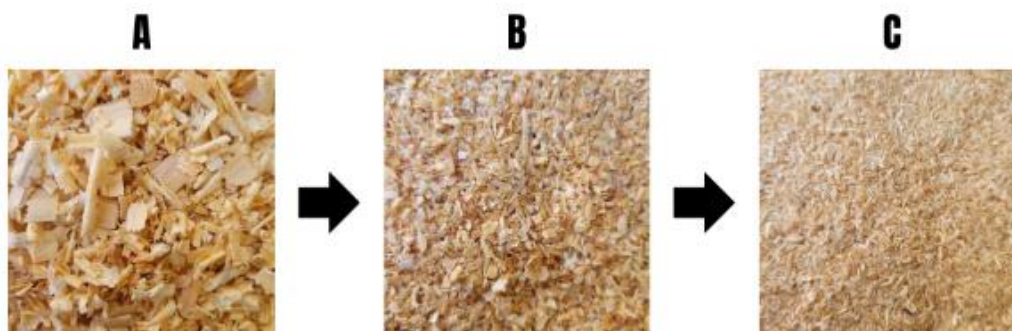
**Tabela 1: Porcentagem de introdução de resíduo de coco nas amostras de painéis.**

<b>Amostra</b>	100% de resíduo de <i>Pinus</i> (amostra controle)
	100% de resíduo de coco
	<i>Pinus</i> + 10% de resíduo de coco
	<i>Pinus</i> + 20% de resíduo de coco
	<i>Pinus</i> + 30% de resíduo de coco

Fonte: Autora, 2023.

Os resíduos de madeira de *Pinus* também seguiram uma mistura em igual quantidade do pó obtido após peneiração manual e do obtido após passagem pelo moinho de facas, descartando-se apenas o uso dos cavacos (figura 6).

**Figura 6: Granulometrias da madeira de *Pinus*.**



A) Cavacos; B) Pós peneiração manual; C) Pós moinho de facas. Fonte: Autora, 2023.

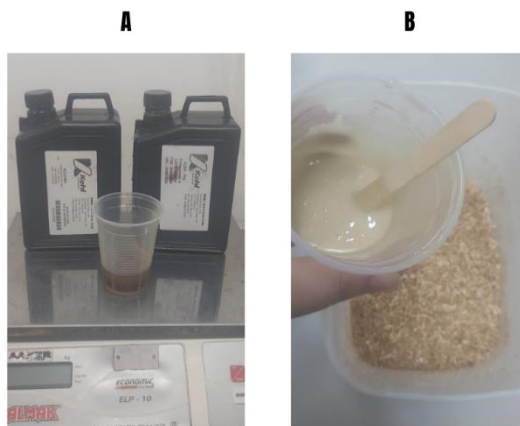
Adaptada da metodologia adotada por Mattos *et al.* (2011), os resíduos foram dispostos em um molde de alumínio de 16x16x5mm, tendo por bases duas placas de alumínio antiaderente. A quantidade de material seco foi padronizada em todas as placas, sendo de 43g, quantidade testada e devidamente verificada como necessária para o seu preenchimento.

Buscando verificar o potencial da lignina enquanto ligando natural, foram realizados testes iniciais sem a utilização de adesivos, apenas com o resíduo de coco (material seco), temperatura e pressão. A partir da inviabilização do processo, adotou-se o uso de um adesivo. Os resultados destes testes serão discutidos mais adiante no trabalho.

A resina adesiva escolhida para ser utilizada foi a poliuretana bi-componente à base de óleos vegetais, sendo um deles o óleo de mamona (PU-mamona), fabricada e gentilmente disponibilizada pela empresa Kehl<sup>®</sup>. De acordo com a empresa, a formulação foi pensada prezando pelo compromisso com a sustentabilidade, contanto com sistemas atóxicos e biocompatíveis, sendo uma alternativa ao uso dos adesivos derivados do petróleo, portanto, em conformidade com os ideais da presente pesquisa.

O adesivo consiste na substância A, nomeado KDG1909, composto por Isocianato, e a substância B, nomeado KDG1909, Poliol. Os dois componentes foram misturados na proporção de 1:1, homogeneamente (figura 7). Quanto ao seu uso, testou-se a partir de 10% de sua introdução, mas apenas ao chegar em 100% de adesivo, foi encontrado a proporção ideal para alcançar a qualidade aparentemente necessária aos painéis, adotando-se assim, o uso de 100% de adesivo para todas as amostras.

**Figura 7: Adesivo bi-componente à base de óleo vegetal.**



A) Componentes; B) Mistura dos componentes. Fonte: Autora, 2024.

Ao misturar uniformemente o material seco e o adesivo, inseri-lo no molde, de modo a buscar preencher o máximo possível de espaços, o molde foi fechado, colocado dentro da prensa laboratorial hidráulica com aquecimento (Marconi ind. Bras. Class A ABNT 1 Ton) e aquecido a 150 °C durante 15 minutos a uma pressão de 10 toneladas (figura 8).

**Figura 8: Etapas de confecção dos painéis aglomerados.**



A) Preenchimento do molde; B) Prensagem; C) Placa finalizada. Fonte: Autora, 2024.

Ao todo, foram produzidas 5 placas de cada grupo amostral, totalizando 25 amostras que posteriormente seguiram para as análises de qualidade e resistência.

### 5.3.1. Análises de qualidade e resistência

Em conformidade com a NBR 14810-2:2018, os corpos de prova para os ensaios de qualidade e resistência passaram por um período mínimo de 72h de estabilização após serem produzidos, e posteriormente seguiram para as análises físicas (umidade, densidade, inchamento e absorção de água em 24h) e mecânicas (resistência à tração e flexão estática).

Buscando entender a concentração da massa no volume dos painéis, foi calculada a densidade de todos os grupos de amostras dos painéis aglomerados. Os ensaios foram realizados em triplicatas, com corpos-de-prova de 50x50 mm, conforme as dimensões da norma técnica. A densidade é determinada segundo a equação:

$$D = \frac{M}{V} \times 1.000.000$$

D= Densidade em quilogramas por metro cúbico

M= Massa em gramas

V= Volume em milímetros cúbicos (o volume é dado pela multiplicação do comprimento, largura e espessura do corpo de prova)

O teor de umidade, assim como na etapa de processamento das biomassas, foi determinado de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), e realizado

em triplicata, com corpos-de-prova de 50x50 mm. O processo é primordial para a garantia da vida útil dos painéis.

A capacidade de um material de absorver água pode ocasionar deformidades em suas estruturas, principalmente dimensionais. Dessa forma, compreender seu potencial de absorção e inchamento em água é indispensável para quaisquer que sejam suas posteriores aplicações. Para os ensaios de inchamento e absorção de água em 24h, foram utilizados 10 corpos-de-provas nas medidas de 25x25mm. As amostras foram devidamente pesadas em balança semi-analítica e suas espessuras determinadas por paquímetro digital. Verificados os dados iniciais, o material foi completamente submerso em água destilada por 24h. Após o período de imersão, o excesso de água foi removido com papel absorvente, e os novos dados sobre massa e espessura do material foram registrados. Os percentuais de inchamento e absorção de água podem ser calculados utilizando as equações:

$$I = \frac{E^1 - E^0}{E^0} \times 100$$

I= Inchamento em espessura, em porcentagem

E<sup>1</sup>= Espessura do corpo-de-prova após imersão, em milímetros

E<sup>0</sup>= Espessura do corpo-de-prova antes da imersão, em milímetros

$$A = \frac{M^1 - M^0}{M^0} \times 100$$

A= Absorção de água, em porcentagem

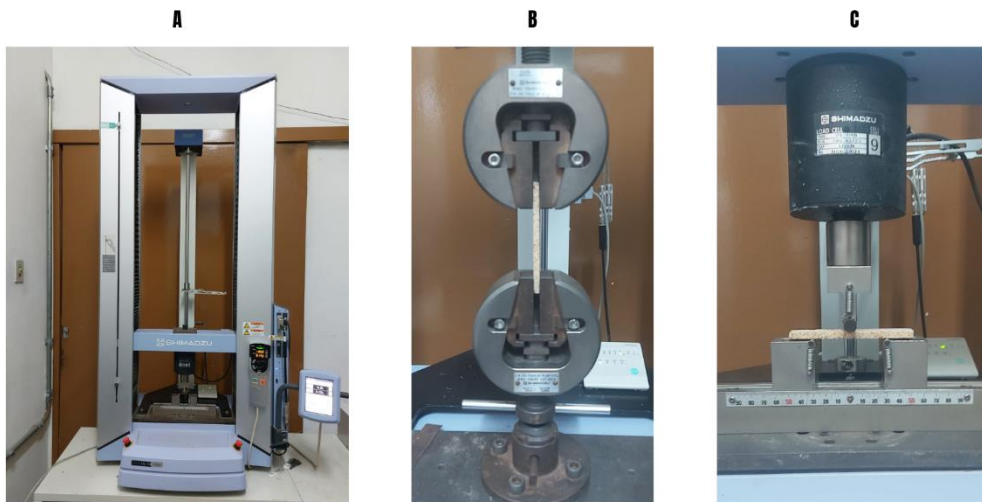
M<sup>1</sup>= Massa do corpo-de-prova após imersão, em gramas

M<sup>0</sup>= Massa do corpo-de-prova antes da imersão, em gramas

Os ensaios de Tração e Flexão tem por objetivo verificar as propriedades de resistência mecânica dos materiais. O ensaio de Tração consiste na aplicação de uma carga que promove o seu alongamento até a ruptura. No ensaio de Flexão, por sua vez, na superfície do corpo-de-prova é aplicada uma carga que ocasiona a sua curvatura até o rompimento.

Para ambos os ensaios, os corpos-de-prova foram padronizados com medidas de 20x100x5mm pela limitação do maquinário. O equipamento utilizado para a realização dos ensaios foi a máquina universal de ensaios Autograph AG-X 10 kN da Shimadzu (figura 9). A velocidade utilizada nos ensaios foi de 3 mm/min e sensibilidade de 10 N.

**Figura 9: Ensaios mecânicos de Tração e Flexão.**



A) Autograph AG-X; B) Ensaio de Tração; C) Ensaio de Flexão. Fonte: Autora, 2024.

Os resultados obtidos a partir dos ensaios de tração e flexão foram utilizados para os cálculos de Resistência à tração perpendicular, Módulo de ruptura e Módulo de elasticidade. Os índices foram calculados utilizando as seguintes equações:

$$TP = \frac{P}{S}$$

TP = Resistência à tração perpendicular, em newtons por milímetro quadrado;

P = Carga na ruptura, em newtons;

S = Área da superfície do corpo-de-prova, em milímetros quadrados.

$$MOR = \frac{1,5 \cdot (P \cdot D)}{B \cdot (E)^2}$$

MOR = Módulo de resistência à flexão estática, em newtons por milímetro quadrado;

P = Carga de ruptura, em newtons;

D = Distância entre os apoios do aparelho, em milímetros;

B = Largura do corpo-de-prova, em milímetros;

E = Espessura do corpo-de-prova, em milímetros.

$$MOE = \frac{P1 \cdot D^3}{d \cdot 4 \cdot B \cdot E^3}$$

MOE = Módulo de elasticidade, em newtons por milímetro quadrado;

P1 = Carga no limite proporcional, em newtons;

D = Distância entre os apoios do aparelho, em milímetros;

d = Deflexão correspondente à carga P1, em milímetros;

B = Largura do corpo-de-prova, em milímetros;

E= Espessura do corpo-de-prova, em milímetros.

A partir desses resultados, o comparativo entre os dados das amostras com a normativa e o que versa a literatura será discorrido nos resultados e discussões da pesquisa.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão abordados os resultados obtidos através das metodologias detalhadas anteriormente. Inicialmente serão apresentados e discutidos segundo a literatura, os resultados das análises de caracterização física e termo-química dos resíduos de coco e *Pinus*. Depois, a produção dos painéis aglomerados e suas análises de resistência, e por fim, a discussão sobre a devolutiva social da pesquisa.

### 6.1. Caracterização física e termo-química

Nos subtópicos a seguir, serão apresentados e discutidos os resultados das análises de umidade e cinzas, FTIR e TG.

#### 6.1.1. Umidade e Cinzas

O processo de secagem dos componentes para produção do painel é primordial para garantir a qualidade e vida útil do material. Sem a secagem, seja ela naturalmente e/ou em estufa, etapas seriam inviabilizadas e comprometidas.

De acordo com a NBR 14810-2:2018, a menos que seja solicitado pelo consumidor e acordado com o produtor teores diferentes do convencional, a umidade média dos painéis aglomerados não deve ser inferior a 5% e nem acima de 13%.

De acordo com a análise realizada, o teor médio de umidade da fibra de coco e do *Pinus*, componentes do painel aglomerado, é de 5,25% e 9,21%, respectivamente, demonstrando que os teores estão dentro do esperado, para que ao serem aglomerados no painel, não destoem do valor requerido.

A casca do coco verde in natura apresenta umidade entre 80% a 85% (PADILLA, *et al.*, 2016), sendo notória a eficiência da secagem para redução da umidade do material. Já o *Pinus*, por se tratar de um resíduo de serraria e já ter passado por processos para garantir sua qualidade e vida útil, não foi submetido a processo de secagem no presente estudo.

De acordo com a pesquisa desenvolvida por Weber e Iwakiri (2015), o teor de umidade dos resíduos de madeira de *Pinus* resultou em torno de 8%, teor aproximado ao do presente estudo, demonstrando que os valores estão próximos aos da literatura.

As cinzas presentes em uma biomassa são compostas por minerais, matéria inorgânica adquirida ao decorrer de sua vida enquanto vegetal, ou até mesmo durante a



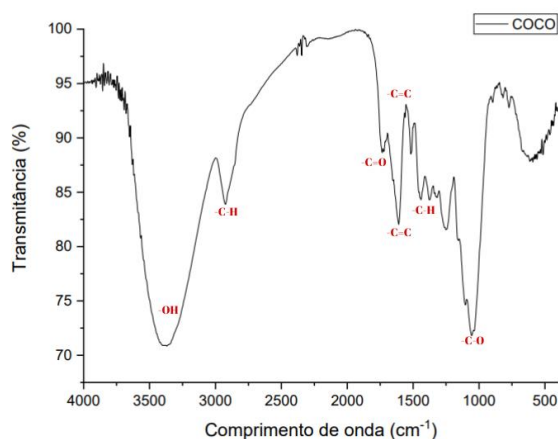
colheita, transporte e/ou armazenamento. Conforme Brasil *et al.* (2021), os principais minerais presentes nas cinzas de materiais como a madeira, por exemplo, são o potássio, manganês, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, cobre, alumínio, ferro e outros. Quanto menor o teor de cinzas de um material, mais eficiente ele será para processos de queima e produção de energia, mas apesar de não ser este o objetivo do presente estudo, segundo Rambo, Schmidt e Ferreira (2015), pequenas porcentagens de cinzas são mais promissoras, uma vez que quando elevadas, os cátions das cinzas podem afetar a atividade da celulose.

Ainda analisando os resultados, de acordo com a literatura, as cinzas podem ser encontradas com apenas 0,7% de presença na casca do coco, pois a disposição de matéria inorgânica em um vegetal também está ligada a própria espécie, disponibilidade dos elementos químicos no solo e até mesmo a época do ano. Portanto, o local em que as espécies vegetais foram plantadas, acabam o influenciar na composição das cinzas (BRASIL, et al., 2021).

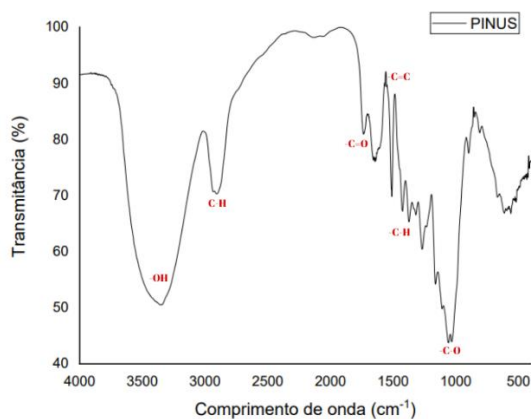
Assim como no presente estudo, em que o teor de cinzas do *Pinus* atingiu a média de 0,70%, o trabalho de Vivian, Modes e Caetano (2020) apresentou o teor de 0,25% de cinzas em *Pinus*, e 0,50% para madeiras em geral (MORAIS; NASCIMENTO; MELO, 2005). De semelhante modo, a média do teor de cinzas para a fibra de coco no presente estudo foi de 4,21%, não muito longe do resultado apresentado por Padilla *et al.*, (2016), com 3,71%.

#### **6.1.2. Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)**

O FTIR é uma análise que permite caracterizar fibras quanto aos grupos funcionais presentes em sua estrutura. Com base em Rosa *et al.*, (2010), identificaram-se as bandas correspondentes aos determinados grupos. Ao analisar o gráfico 1 e 2, é possível perceber semelhanças entre a disposição de ondas da fibra de coco e a madeira de *Pinus*, por ambos os materiais se tratarem de fibras vegetais.

**Gráfico 1: FTIR da fibra de coco.**

Fonte: Autora, 2023.

**Gráfico 2: FTIR do resíduo da madeira de *Pinus*.**

Fonte: Autora, 2023.

A presença do grupo hidroxila (OH) na região de  $3400\text{ cm}^{-1}$  e de C-H por volta de  $2920\text{ cm}^{-1}$ , indicam a presença de umidade nas amostras. C=O, lignina e hemicelulose; C=C, C-O e C-H, lignina, bem como C-H na banda  $1373\text{ cm}^{-1}$  indica a presença de lignina, celulose e hemicelulose (ROSA *et al.*, 2010; VIDAL *et al.*, 2018).

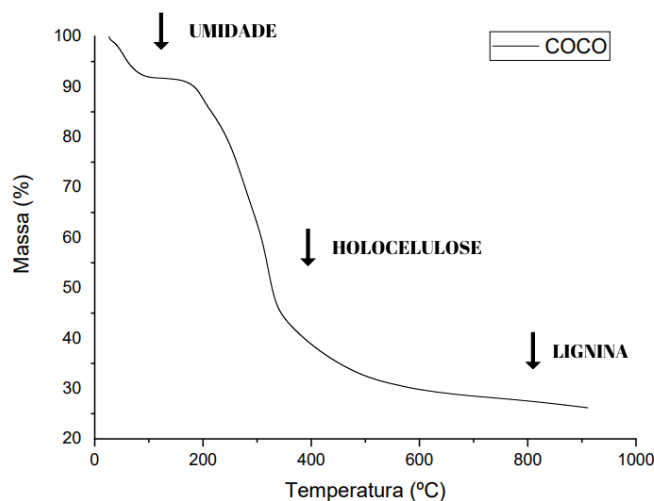
De acordo com Schulz *et al.* (2020), intensidades de vibrações entre  $1508\text{ cm}^{-1}$  e  $1592\text{ cm}^{-1}$ , regiões majoritariamente ligadas à lignina, estão relacionadas à resistência mecânica de materiais. Tais propriedades serão discutidas mais adiante conforme fabricação dos painéis.

### 6.1.3. Termogravimetria (TG)

Os gráficos 3 e 4 expressam em suas curvas, a degradação das amostras de coco e *Pinus* que seguem três etapas. Conforme Rosa *et al.*, (2010), a primeira perda de massa

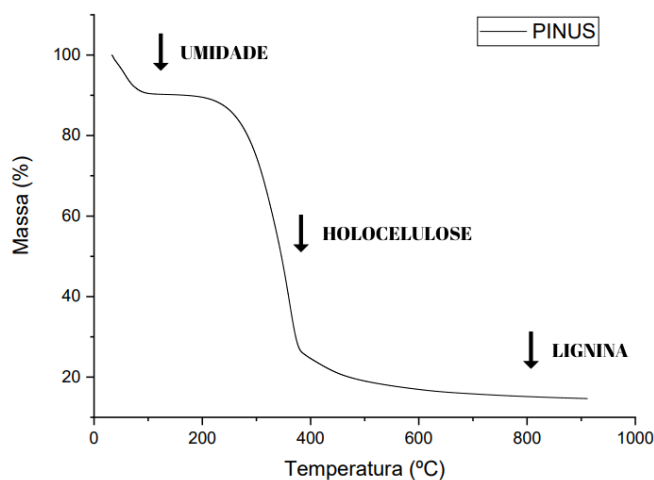
acontece até 120 °C e está relacionada com a evaporação da água; a segunda etapa ocorre entre 190 °C e 350 °C, relacionando-se à degradação da holocelulose (celulose + hemicelulose); a remoção da lignina acontece partir de temperaturas superiores a 350 °C, sendo a última etapa.

**Gráfico 3: Termogravimetria da fibra de coco.**



Fonte: Autora, 2023.

**Gráfico 4: Termogravimetria do resíduo de madeira de *Pinus*.**



Fonte: Autora, 2023.

Para a fibra de coco, os resultados termogravimétricos do presente trabalho expressaram perda de massa de 8,3% na primeira etapa, 45% na segunda etapa, 16,5% na terceira etapa e massa residual em torno de 26% em atmosfera de gás Nitrogênio. Os resultados em atmosfera de ar sintético foram em torno de 8% na primeira etapa, 44% na segunda etapa, 43% na terceira e resíduo de apenas 0,8%. Enquanto a atmosfera de ar

sintético é oxidante, permitindo o controle da proporção de oxigênio e nitrogênio, a atmosfera de nitrogênio é caracterizada por ser inerte.

Nos trabalhos de Nakamura (2018) e Silva (2019), também com utilização do mesmo material vegetal e em atmosfera de gás Nitrogênio, na primeira etapa há uma perda de umidade que varia entre 7% e 9% da massa da amostra; no trabalho de Silva (2019), a degradação na segunda etapa é de 42%, enquanto no de Nakamura (2018) a degradação foi de apenas 13%; na última etapa, para Silva (2019), a perda foi de 30% e para Nakamura (2018), 34%. O resíduo final no trabalho de Silva (2019) foi de 30% e de 14% no de Nakamura (2018) após a temperatura de 800 °C.

Dessa forma, é possível perceber que os valores se apresentam próximos aos encontrados na literatura, havendo uma pequena variação apenas na última etapa, quando comparado aos trabalhos de Nakamura (2018) e Silva (2019).

Já em relação ao resíduo de madeira de *Pinus*, a perda de massa na primeira etapa foi de 9,7%, 42,4% na segunda etapa, 32,14% na terceira e massa residual em torno de 14,6% para atmosfera de gás Nitrogênio, e em torno de 9% na primeira etapa, 46% na segunda, 43% na terceira e resíduo de 0,9% para atmosfera de ar sintético.

Logo, no trabalho de Belini (2018), também realizado com *Pinus*, houve perda de apenas 1% de massa na primeira fase. No entanto, analisando as etapas seguintes, é possível observar valores muito próximos aos do presente trabalho: 40% na segunda etapa, 32% na terceira e massa residual de 10%.

Neste contexto, ainda que sejam dois resíduos vegetais de espécies diferentes, foi possível observar certa semelhança nas variações de degradação do *Pinus* e do coco, através das análises termogravimétricas e da literatura.

Quando submetidos a altas temperaturas, os constituintes das fibras vegetais sofrem degradações que ocorrem em diferentes faixas de temperatura, e quando levamos em consideração a infinidade de vegetais e seus diferentes componentes, as faixas de degradação podem acabar variando de acordo com as espécies. Contudo, de modo geral, a primeira etapa é responsável pela eliminação da água e materiais mais voláteis; a segunda é caracterizada pela degradação da hemicelulose, extrativos orgânicos, CO e hidrocarbonetos; a celulose se degrada numa faixa de 260 °C a 350 °C e é a responsável pela formação dos voláteis inflamáveis; algumas literaturas consideram a etapa de degradação da celulose como a terceira, mas neste trabalho consideramos a segunda etapa como a de degradação da holocelulose como um todo; e por fim, acontece a degradação da lignina. É um composto muito mais resistente à mudança de temperatura do que a

celulose e a hemicelulose. Sua degradação se inicia entre 150 °C e 300 °C quando as ligações de éteres são rompidas, e as ligações aromáticas quebradas próximo aos 300 °C. Por fim, entre 370 °C e 400 °C, as ligações carbono-carbono são rompidas (BRASIL *et al.*, 2021).

Além disso, conforme Nakamura (2018), a análise de TG é proveitosa para a compreensão do processo de degradação dos componentes da fibra vegetal, uma vez que o processo de aquecimento durante a prensagem para a produção dos futuros painéis torna indispensável o uso de altas temperaturas. Para que possa haver adesão entre as partículas, é necessário que a lignina chegue ao seu ponto de transição vítreo, ou “amolecimento”, e se condense de modo irreversível. A autora conclui, então, que a temperatura ideal de prensagem deve estar entre 140 e 220 °C.

Ainda nesse sentido, Brito *et al.* (2023), discutem que é através dessas elevadas temperaturas que ocorre o processo de eliminação da umidade adquirida através da resina, polimerização, cura do adesivo e consolidação do colchão de partículas, processos essenciais para a qualidade dos painéis.

## **6.2. Painel aglomerado**

As matérias-primas escolhidas (as espécies vegetais, suas massas específicas e seus extrativos) ou os processos adotados (densidade, compactação, partículas e resina) são os principais fatores que interferem nas características e qualidade dos painéis (BRITO, *et al.*, 2023).

Inicialmente foram realizados testes sem o uso de resina, baseado no trabalho de Mattos *et al.* (2011), que justifica o alto teor de lignina presente na fibra do coco como potencial ligante natural, como alternativa ao uso de adesivos derivados de petróleo. Apesar de utilizar temperaturas muito próximas e o mesmo tempo de prensagem, a pressão exercida pelo maquinário do presente trabalho foi diferente, dada a sua limitação. O resultado não se mostrou promissor, e apenas a prensagem e a temperatura, sem o uso de resina, não foram suficientes para que as partículas agregassem-se umas as outras. Conforme a figura 10, é possível observar que de fato não houve essa aderência e o material continuou com aspecto de pó.

**Figura 10: Painel aglomerado sem utilização de resina.**



Fonte: Autora, 2024.

A partir da realização dos testes iniciais e da verificação da sua inviabilidade diante dos processos realizados, adotou-se a utilização da resina poliuretana à base de mamona, por ser uma alternativa ambientalmente mais adequada em comparação às tradicionais resinas à base de formaldeído. Trabalhos como os de Costa *et al.*, (2024), Silva (2020), Ferro *et al.* (2019) e Shirosaki *et al.* (2019), apresentaram resultados satisfatórios nas produções de seus respectivos painéis, com diferentes matérias-primas, no que diz respeito à utilização da resina PU-mamona.

As amostras confeccionadas a partir de 10% até 70% de introdução de resina (figura 11), não apresentaram boa qualidade e foram descartadas. Esses painéis quebravam ao serem retirados do molde e se desfaziam ao toque com bastante facilidade, evidenciando a não aderência de suas partículas. A partir de 80% houve uma melhora na qualidade, mas só ao introduzir 100% de adesivo os painéis apresentaram rigidez o suficiente para não quebrarem e não terem suas partículas desprendendo-se umas das outras.

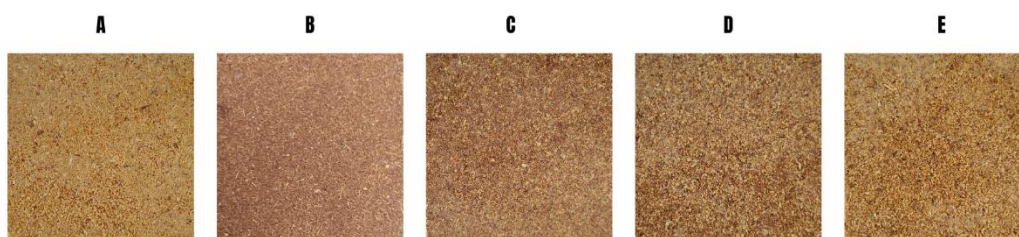
**Figura 11: Painéis fabricados com introdução de resina entre 10% e 70%.**



Fonte: Autora, 2024.

É possível observar na figura 12 os cinco grupos amostrais produzidos com as partículas de resíduos de coco e *Pinus sp.* Para essa produção, utilizou-se 100% de resina PU-mamona. Entende-se que não é a proporção ideal visada, uma vez que eleva consideravelmente os custos de produção, mas levando em consideração que se trata de uma resina ambientalmente mais adequada em comparação às derivadas do petróleo, é um ponto a ser trabalhado e melhor investigado em trabalhos futuros. Fatores que podem ter afetado a eficiência da resina serão discutidos mais adiante no trabalho.

**Figura 12: Amostragem de painéis aglomerados com diferentes introduções de resíduo de Coco e *Pinus*.**



A) 100% resíduo de *Pinus*; B) 100% resíduo de Coco; C) 30% resíduo de Coco; D) 20% resíduo de Coco; E) 10% resíduo de Coco. Fonte: Autora, 2024.

Apesar disso, segundo Iwakiri *et al.* (2012a), elevar o uso de resina pode contribuir para a diminuição da absorção de água e do inchamento em espessura, assim como Gilio *et al.* (2021), sugerem o aumento da resistência mecânica. Brito *et al.* (2023) ressalta ainda que quanto maior a quantidade de resina, melhores podem ser suas propriedades tecnológicas.

### 6.2.1. Ensaios físicos

Na tabela abaixo (tabela 2), estão expressos os valores médios encontrados nos ensaios de Densidade, Umidade, Absorção de água e Inchamento em espessura em 24h, para todos os grupos amostrais analisados.

**Tabela 2: Ensaios físicos.**

Ensaio	Grupo amostral				
	100% <i>Pinus</i>	100% Coco	30% Coco	20% Coco	10% Coco
<b>Densidade média</b> (kg/m <sup>3</sup> )	444,40	463,06	427,06	441,97	444,92
Desvio padrão	26,53	13,58	12,20	23,98	12,16
<b>Umidade média</b> (%)	3,98	4,67	3,92	4,24	4,10
Desvio padrão	0,41	0,07	0,03	0,02	0,07
<b>Absorção média de água em 24h (%)</b>	27,03	53,58	28,17	27,89	20,32
Desvio padrão	22,48	17,43	6,34	4,95	8,11
<b>Inchamento médio em espessura em 24h (%)</b>	2,27	2,42	1,45	2,85	3,82
Desvio padrão	1,89	1,89	0,70	3,44	2,87

Fonte: Autora, 2024.

Os valores indicam que não houve uma diferença tão abrupta entre os cinco grupos amostrais trabalhados no que se refere ao ensaio de densidade. O painel produzido apenas com resíduos de coco apresentou maior densidade do que o com apenas resíduo de *Pinus*. Nesse sentido, esperava-se que conforme houvesse aumento na introdução de resíduo de coco, a densidade seguisse um padrão de crescimento, mas os resultados demonstraram o contrário. Conforme o aumento do resíduo de coco na mistura com *Pinus*, menor a densidade. Os resultados podem estar atrelados a diferença geométrica das partículas de coco e *Pinus*, que podem alterar as propriedades dos painéis ao serem incorporados juntos (BRITO *et al.*, (2023))

Conforme Brito *et al.* (2023), faixas corretas de razão de compactação garantem uma área de contato e densidade adequada para os painéis. Valores mais elevados de



compactação melhoram a resistência do material, mas são desfavoráveis para suas propriedades físicas em decorrência da maior compressão que é exercida sobre o material durante a prensagem. Painéis mais densos tendem a ter suas propriedades prejudicadas pela insuficiência da superfície de contato entre as partículas, além de que o aumento do teor de resina elevará os custos de produção.

Atrelado a isso, Iwakiri *et al.* (2012b) relatam que a razão ideal de compactação (razão entre a densidade do painel e a densidade do material utilizado) deve estar entre 1,3 e 1,6 para que suas propriedades não sejam comprometidas. No presente trabalho, no entanto, essa razão de compactação não ultrapassou é de 0,9 para o painel de *Pinus*, configurando-se como baixa, e de 2,7 para o painel de resíduo de coco, índice muito acima do recomendável. Apesar disso, Guimarães *et al.* (2019) discutem que os estudos sobre razão de compactação foram realizados com madeira, e não com resíduos lignocelulósicos, que tem por característica a baixa densidade.

A baixa densidade em todos os painéis, e consequentemente a razão de compactação inadequada, pode ter sido ocasionada alguns motivos: a limitação da prensa laboratorial disponível, não tendo sido possível trabalhar com medidas diferentes, o uso de resíduos lignocelulósicos, e, de acordo com Soares *et al.* (2017), espaços vazios formando regiões de baixa densidade, influenciadas por menores áreas específicas aparentes nas células vegetais. Todavia, os autores ainda ressaltam que a alta razão de compactação (no caso da fibra de coco) podem melhorar as propriedades mecânicas, a depender da composição anatômica e química do material.

O estudo realizado por Narciso *et al.* (2021) também objetivou analisar a combinação de resíduo de coco com uma espécie de *Pinus*, no entanto, utilizando adesivo de ureia-formaldeído. O trabalho analisou a introdução de quatro percentuais de resíduo de coco: 25, 50, 75 e 100%. Os ensaios de densidade revelaram maior índice para o painel de *Pinus*, já os ensaios de densidade aparente não demonstraram diferenças significativas entre os grupos amostrais, mas o painel de 100% de resíduo de coco, assim como no presente trabalho, também apresentou a maior densidade. Não houve variação de densidade entre os grupos amostrais em que há mistura das duas matérias-primas, mas houve um pequeno decréscimo quando comparado aos painéis compostos unicamente de um material. Já no trabalho de Dadzie, Awatwe-Mensah e Amoah (2021), houve aumento na densidade conforme a introdução de fibra de coco.

Quanto ao teor de umidade, os valores foram encontrados um pouco abaixo de 4% no grupo amostral de 100% *Pinus* e no de 30% de Coco, enquanto os demais tiveram seus

teores acima de 4%, mas sem atingir o valor mínimo desejado. Também não foi observado um padrão de acréscimo ou decréscimo na umidade conforme introdução de resíduo de coco.

De acordo com a NBR 14810-2:2018, os teores de umidade nos painéis devem estar entre 5% e 13%. Levando em consideração o ensaio de umidade realizado com os materiais antes de serem prensados em painéis, é possível resgatar a informação de que os teores se encontravam dentro do ideal (5,25% para resíduo de Coco e 9,21% para *Pinus*). Nesse sentido, é concebível que a alta temperatura do processo de prensagem seja um fator a ser levado em consideração enquanto responsável pela queda no teor de umidade do material.

Em trabalhos como o de Silva (2020), com utilização de misturas de *Corymbia citriodora* e fibra de coco, os teores de umidade se mantiveram acima de 6% em todos os grupos amostrais. O processo de prensagem foi realizado a uma temperatura de 110 °C. No trabalho de Narciso *et al.* (2021) com mistura de fibra de coco e *Pinus*, os teores variaram entre 9 e 12% e temperatura de prensagem em 160 °C. Assim, é sugerível que para fins de estudos futuros, as matérias-primas não sejam secas até apresentarem o mínimo de umidade, levando em consideração a possível queda na umidade pelo processo de prensagem e aquecimento.

No que diz respeito a absorção de água após 24h dos painéis submersos, foi observado que o grupo amostral de 100% resíduo de coco apresentou 26,55% mais absorção de água do que o grupo de 100% resíduo de *Pinus*. Também houve um padrão de crescimento na absorção de água conforme mais fibra de coco foi sendo introduzida ao resíduo de *Pinus*.

Contrário a esses resultados, no trabalho de Narciso *et al.* (2021) com mistura de fibra de coco e *Pinus*, os valores médios de absorção de água decaíram conforme a introdução de fibra de coco, efeito que os autores atribuem ao alto índice de lignina presente nas fibras de coco. Por outro lado, no ensaio de inchamento em espessura, as propriedades foram afetadas conforme a introdução de fibra de coco aumentava.

Erakhuman *et al.* (2008) também discutiram sobre a afinidade da fibra de coco com a umidade. Eles argumentam que seus resultados são contrários a muitos publicados na literatura que identificam a casca de coco como um material com baixa afinidade com a umidade em decorrência da presença de lignina, partindo para uma segunda vertente que estuda a afinidade da fibra de coco com a água. De acordo com Narciso *et al.* (2021),

a alta absorção de água é uma característica dos materiais lignocelulósicos, por conterem muitos grupos hidroxila em sua composição, tornando-os altamente hidrofílicos.

Ademais, Fiorelli, Bueno e Cabral (2019), argumentam que as fibras lignocelulósicas possuem muitos poros em sua estrutura, o que favorece a passagem de água por ação capilar. Dadzie, Awatwe-Mensah e Amoah (2021) acreditam que os tamanhos relativamente maiores das fibras de coco, propiciam menor disponibilidade de resina por partícula, o que posteriormente permite maior absorção de água.

Os extrativos também podem ser levados em consideração como fator de influência. Conforme Brito *et al.* (2023), valores elevados de extrativos nos materiais vegetais podem comprometer a qualidade dos painéis, promovendo maior absorção de água, formação de bolhas e reduzindo as propriedades mecânicas. Além disso, níveis elevados de extrativos podem influenciar até mesmo no potencial da resina, fazendo com que seja necessário aumentar o seu uso, e consequentemente, elevar os custos de produção (IWAKIRI *et al.*, 2012b).

Quanto ao inchamento em espessura, foi observada certa proximidade nos valores entre os grupos amostrais de 100% coco e 100% *Pinus*. Todavia, houve um padrão de diminuição do inchamento conforme introdução de resíduo de coco, além de que os grupos com introdução de 10% e 20% de fibra de coco tiveram inchamento superior até mesmo aos grupos de 100% coco e *Pinus*.

Os resultados para a mistura de *Pinus* e coco se mostraram inversos nos ensaios de absorção e inchamento. Enquanto no de absorção há uma piora no índice conforme se adiciona fibra de coco, no de inchamento há uma melhora com essa adição.

Apesar de a fibra de coco não ter demonstrado um bom desempenho no quesito absorção de água, quando comparada ao resíduo de *Pinus*, o material se mostrou promissor, uma vez que apesar da alta capacidade de absorção, o nível de deformação não segue o que seria esperado.

Ainda nesse sentido, Dadzie, Awatwe-Mensah e Amoah (2021) sugerem que materiais ricos em lignina tendem a ter o índice de inchamento um pouco mais baixo, pela lignina favorecer ligações naturais entre as partículas. Apesar de o índice de inchamento ter se encontrado elevado para painéis de coco em seu trabalho (possivelmente pelas resinas utilizadas), também foram eles que resistiram após 28 dias de imersão em água.

Os resultados do trabalho de Bertolini *et al.* (2014) com painéis de *Pinus sp.* e resina PU-mamona demonstraram que o aumento do uso da resina auxilia na diminuição do inchamento em espessura dos painéis.

Apesar de serem classificados como painéis de alta densidade, podemos também utilizar o trabalho com os painéis elaborados por Mattos *et al.* (2011) como comparativo por terem sido fabricado com 100% de resíduos de coco. Os painéis possuíam 10 mm de espessura e apresentaram 31% de absorção de água e 6% de inchamento em 24h. Fatores como a densidade, diferença na proporção de material utilizado e resina podem ter contribuído para a diferença nos valores de inchamento e absorção de água nos grupos amostrais de 100% resíduo de coco nos dois trabalhos, uma vez que a metodologia adotada pelos referidos autores gerou painéis de alta densidade com utilização de 70% de pó e 30% de fibra e sem uso de resina adesiva.

### 6.2.2. Ensaios mecânicos

A NBR 14810-2:2018 não estipula valores mínimos ideais para os resultados dos ensaios, no entanto, lista uma série de possíveis utilizações para os painéis, e a depender do objetivo, existem valores ideais a serem apresentados. Na tabela 3 estão disponíveis as aplicações dos resultados dos ensaios de tração e flexão, expressos nos valores de Resistência à tração perpendicular (para tração), Módulo de ruptura e Módulo de elasticidade (para flexão).

**Tabela 3: Ensaios mecânicos.**

<b>Grupo amostral</b>					
Valores médios	<b>100% <i>Pinus</i></b>	<b>100% Coco</b>	<b>30% Coco</b>	<b>20% Coco</b>	<b>10% Coco</b>
<b>Resistência à tração perpendicular (TP) (N/mm<sup>2</sup>)</b>	0,13	0,08	0,13	0,10	0,07
Desvio padrão	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
<b>Módulo de ruptura (MOR) (N/mm<sup>2</sup>)</b>	5,53	7,70	7,81	7,96	5,49
Desvio padrão	0,17	0,79	0,69	0,94	0,78
<b>Módulo de elasticidade (MOE) (N/mm<sup>2</sup>)</b>	283,91	293,81	302,45	339,83	255,48
Desvio padrão	39,08	28,28	33,95	22,20	19,93

Fonte: Autora, 2024.

Não houveram diferenças consideráveis entre os grupos amostrais no tocante à resistência à tração, mas foi observado que o grupo composto apenas por *Pinus* apresentou-se um pouco mais resistente do que o composto apenas por resíduo de coco. Ao introduzir 10% de resíduo de coco ao *Pinus*, houve uma pequena diminuição na resistência, que logo voltou a crescer conforme o aumento da introdução de resíduo de coco. Os grupos 100% *Pinus* e 30% resíduo de coco apresentaram a mesma média de resistência à tração.

Quanto ao módulo de ruptura, o grupo amostral com 100% de fibra de coco apresentou melhor desempenho comparado ao grupo com apenas *Pinus*. Os grupos com misturas das duas matérias-primas não seguiram um padrão de crescimento ou decréscimo, mas foi notável que nos dois grupos com maiores teores de fibra de coco, o módulo de ruptura também foi maior.

Seguindo o mesmo princípio para o módulo de elasticidade, o grupo com apenas resíduo de coco apresentou uma pequena vantagem sobre o com apenas *Pinus*, no entanto, foram os dois grupos com mistura de *Pinus* e coco (30% e 20%) que apresentaram os melhores resultados, bem como no módulo de ruptura. Esses resultados nos levam a conjecturar que possa haver um bom desempenho na mistura de *Pinus sp.* e resíduo de coco, ao menos para as propriedades elásticas dos painéis.

Se utilizarmos a NBR 14810-2:2018 como base para avaliação dos índices obtidos, não haverá nenhuma potencial aplicação para os painéis, uma vez que nenhum grupo amostral atingiu os níveis mínimos das aplicações encontradas na norma técnica. No entanto, é imprescindível lembrar que a norma técnica é específica para painéis de média densidade, e utilizado como norteador para painéis de baixa e alta densidade.

Vamos tomar como exemplo os painéis não estruturais para uso interno em condições secas. De acordo com a NBR, para painéis entre 4 e 6 mm de espessura, devem apresentar o máximo de 25% de inchamento em 24h, e o mínimo de 0,45 N/mm<sup>2</sup> de TP, 12 N/mm<sup>2</sup> de MOR e 1 950 N/mm<sup>2</sup> de MOE. Dessa forma, o único critério em que os painéis se enquadrariam seria no de inchamento, mas ainda assim, é preciso levar em consideração que como painéis de média densidade, todos esses índices poderiam ser alterados. Dessa forma, não é possível comparar os índices obtidos com os que estão presentes na norma, uma vez que foi verificada baixa densidade nos painéis da presente pesquisa.

Partindo para a análise bibliográfica, no trabalho de Fiorelli *et al.* (2015), houve aumento do MOR e diminuição do MOE com a inclusão de fibra de coco, e redução do

MOR E MOE na pesquisa de Narciso *et al.* (2021). Costa *et al.* (2024) também relata valores abaixo dos parâmetros da norma técnica para seus painéis de baixa densidade.

Soares *et al.* (2017) explica que os resultados negativos para as propriedades mecânicas dos painéis estão relacionados à baixa densidade e menor disposição de adesivo por partícula. Apesar de alguns autores defenderem que a baixa densidade pode fazer com que a elevada razão de compactação influencie positivamente nas propriedades mecânicas dos painéis, não foi o observado pelos referidos autores, nem no presente trabalho.

Trabalhos como os de Narciso *et al.* (2021) e de Mattos *et al.* (2011), que de acordo com os seus resultados, defendem a fabricação de painéis com apenas fibra de coco; ou os de Silva (2020) e Nakamura (2018), dentre outros, que tiveram resultados favoráveis com pequenas introduções de fibra de coco em painéis de média densidade, infere-se que painéis de média densidade apresentem melhores propriedades mecânicas.

Testar a aplicação dos painéis produzidos não fez parte dos objetivos do trabalho. Todavia, é possível encontrar na literatura algumas aplicações para painéis de baixa densidade produzido com resíduos lignocelulósicos, como o de Alexandre e Castro (2022), que afirmam que apesar dos seus painéis terem apresentado elevados valores de absorção de água e inchamento, e valores reduzidos nas propriedades mecânicas, esses fatores não afetam o seu potencial enquanto isolante térmico na construção civil.

Além disso, conforme os critérios NBR 14810-2:2018, mesmo não sendo um painel de média densidade, os resultados do presente trabalho demonstraram excelentes desempenhos para o ensaio de inchamento em espessura, caracterizando-se como potencialmente promissor para uso em condições secas e úmidas.

Também é importante salientar que a fibra de coco, tem sua degradação naturalmente dificultada pela ação da lignina, que atua como uma barreira para a degradação enzimática e microbiana. O estudo desenvolvido por Valdez *et al.* (2015), afirma que aglomerados produzidos a partir de resíduos de coco foram altamente resistentes à ação de quatro fungos, o que agrega ainda mais potencial à sua utilização.

## 7. CONCLUSÕES

Diante da desafiadora realidade envolvendo os resíduos, sejam eles provenientes do consumo de um produto, ou até mesmo de grandes indústrias, as tecnologias sustentáveis surgem como uma alternativa para sanar ou minimizar os impactos causados.

Utilizando resíduos de coco e de serrarias que seriam descartados, as matérias-primas foram processadas, caracterizadas, e prensadas a quente junto à resina PU-mamona para a confecção de painéis aglomerados. Realizados ensaios físicos e mecânicos, os painéis apresentaram por características: baixa densidade, o que influencia diretamente em outras propriedades dos painéis, como baixos índices de TP, MOR E MOE, sugerindo fragilidade em suas propriedades mecânicas. Também apresentaram teor de umidade um pouco abaixo da norma técnica, alta absorção de água, mas baixo inchamento em espessura, em contrapartida.

Apesar da fragilidade das propriedades mecânicas, quando comparados com a norma técnica, é indispensável ressaltar o excelente desempenho apresentado pelos painéis no tocante à absorção de água e inchamento em espessura. Por apresentarem alta absorção de água, esperava-se que os painéis deformassem na mesma proporção. No entanto, as amostras apresentaram ótimo desempenho, com baixo inchamento e deformação, mesmo diante do alto teor de absorção de água.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados detalhados nos tópicos anteriores, faz-se necessário a realização de estudos futuros utilizando as mesmas matérias-primas, com foco na média densidade dos painéis, a fim de verificar suas propriedades mecânicas em total conformidade com a NBR 14810-2:2018, norma específica para painéis de média densidade. Uma vez que os painéis do presente trabalho não atingiram tal densidade, a normativa foi utilizada apenas como um norteador, não podendo ser seguida com total rigor. Em trabalhos futuros, é recomendado também a utilização de diferentes concentrações de resina, objetivando verificar seu impacto nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

Após o desenvolvimento das etapas práticas do trabalho, bem como a escrita da presente dissertação e do artigo para divulgação científica, foi elaborado um arquivo digital em formato de prévia e resumo do conteúdo do trabalho, com o objetivo de ser simples e com uma linguagem facilitada (apêndice I), para ser encaminhado para a Secretaria de Meio Ambiente do município de João Pessoa/PB, junto à dissertação completa. Apesar de tratar-se de uma pesquisa acadêmica, a intencionalidade é que seus resultados possam ser devolvidos à sociedade, neste caso, através da própria gestão pública.

Ao serem contactados, o gabinete da SEMAM e a Diretoria de Estudos e Pesquisas solicitaram que o material fosse enviado por e-mail e pela plataforma 1Doc no site da prefeitura, para posteriormente ser analisado e enviado aos setores interessados e responsáveis. Espera-se que os resultados possam contribuir para a construção de futuras políticas públicas de destinação e uso sustentável dos resíduos de coco.



## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.; FERRAZ, A. Mecanismos envolvidos na biodegradação de materiais lignocelulósicos e aplicações tecnológicas correlatas. **Química Nova**, v. 34, n. 10, p. 1729-1738, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/xksqWzK9xjPGvXqKKYpJFQL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 25 Dez. 2023.
- ALEXANDRE, B. C.; CASTRO, V. G. Painéis aglomerados de baixa densidade para isolamento térmico produzidos com resíduo de marcenaria. **Revista do Instituto Florestal**, v. 34, n. 1, p. 75-80, 2022. Disponível em: [https://smastr16.blob.core.windows.net/inflorestal/sites/234/2022/06/rif34-1\\_75-80.pdf](https://smastr16.blob.core.windows.net/inflorestal/sites/234/2022/06/rif34-1_75-80.pdf). Acesso em: 11 Ago. 2024.
- ALMEIDA, M. A.; COLOMBO, R. Construction of green roofs via using the substrates made from humus and green coconut fiber or sugarcane bagasse. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 22, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352554121001042>. Acesso em: 22 Set. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14810-2**: Painéis de partículas de média densidade Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.
- BARROS, S. R. A. F. Cocoicultura: Um enfoque mundial, nacional e no Estado de Alagoas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 333-343, 2022. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/9476/12071](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/9476/12071). Acesso em: 20 Dez. 2022.
- BELINI, G. B. **Termogravimetria aplicada para caracterização da biomassa**. 2018. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/9855/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Gabriela%20Bertoni%20Belini.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 de Julho de 2024.
- BERNARDI, C. M. M.; MACEDO, H. R.; PINHEIRO, R. S. B.; FREITAS, M. L. M. Florestas plantadas de eucalipto em sistemas silvipastoris e o impacto da entrada do

componente animal. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 125-132, 2014. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3160>. Acesso em: 08 Jan. 2024.

BERTOLINI, M. S.; NASCIMENTO, M. F.; CHRISTOFORO, A. L. LAHR, F. A. R. Painéis de partículas provenientes de rejeitos de *Pinus sp.* tratado com preservante CCA e resina derivada de biomassa. **Revista Árvore**, v.38, n.2, p.339-346, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/cyjcXv3XsqFj6X84vkNmgsn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 Ago. 2024.

BIAGOLINI, C. H. Sustentabilidade aplicada: reaproveitamento da casca de coco (Cocos nucifera) na produção de mudas de plantas epífitas. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 13, n. 6, p. 125-134, 2017.

BRAINER, M. S. C. P. Coco: produção e mercado. **Caderno Setorial ETENE**, ano 6, n. 206, p. 1-9, 2021. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1043/1/2021\\_CDS\\_206.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1043/1/2021_CDS_206.pdf). Acesso em 21 Set. 2022.

BRASIL, A. C. M.; GHESTI, G. F.; RODRIGUES, J. P.; GUIMARÃES, M. G.; EVARISTO, R. B. W. **Caracterização e aplicação de biomassa em tecnologias de conversão termoquímica**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2021. Disponível em: <https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/view/95/275/976>. Acesso em: 18 Jan. 2024.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei n.º 10.788-A, de 2018**. Institui a Política Nacional de Incentivo à Cocoicultura de Qualidade. Brasília: Câmara dos Deputados, 2018. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra;jsessionid=C74D340C6729E00C09684F3262FB32ED.proposicoesWebExterno1?codteor=1707176&filename=Avulso+-PL+10788/2018](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=C74D340C6729E00C09684F3262FB32ED.proposicoesWebExterno1?codteor=1707176&filename=Avulso+-PL+10788/2018). Acesso em 23 Dez. 2022.

BRASIL. Lei N° 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**, 2010.

BRITO, F. M. S.; JUNIOR BORTOLETTO, G.; FERREIRA, G.; FURTINI, A. C. C.; PAES, J. B. Painéis aglomerados: um referencial teórico. In: Andrade, Jaily Kerller Batista (Org.). **Estudos e tendências atuais em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 90-104. Disponível em:

<https://editoralicy.com.br/index.php/ojs/article/view/416/328>. Acesso em: 31 Julho 2024.

CLASEN, A. P.; BONADIO, J. C.; AGOSTINHO, F. Briquettes production from green coconut shells: technical, financial, and environmental aspects. **Eng Sanit Ambient**, v.27, n.3, p. 585-596, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/8sZLksLQgRNPRCn9sfHPhHS/?lang=en&format=pdf>. Acesso em: 28 mar. 2023.

COSTA, B. S.; OLIVEIRA, M. L. Florestas Plantadas de Eucalipto no Brasil: uma cultura nociva aos recursos hídricos? **Veredas do Direito**, v. 16, n. 36, p. 123-141, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/40466/2/Florestas%20plantadas%20de%20eucalipto%20no%20Brasil%20....pdf>. Acesso em: 08 Jan. 2024.

COSTA, L. L. SANTOS, F. L. D. L. AMORIM JUNIOR, N. S.; SANTANA, H. A.; RIBEIRO, D. V.; CUNHA, R. D. A.; CÉSAR, S. F. Paineis particulados de baixa densidade produzidos com resíduos de sisal. **Ambiente Construído**, v. 19, p. 1-15, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/QR4cnbGgyKnp6Zgx4bvRrsK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 Ago. 2024.

DADZIE, P.K.; AWOTWE-MENSAH, M.; AMOAH, M. Materials mix ratio and binder type effects on physical and mechanical properties of particleboard from mixed-wood sawdust and *Cocos nucifera* (Coconut) husks. **J Indian Acad Wood Sci**, v. 18, p. 128–140, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13196-021-00288-y#citeas>. Acesso em: 10 Ago. 2024.

DIAS, N. B.; SCHNEIDER, P. Z.; CHAVES, G. L. D.; CELESTE, W. C. Aproveitamento da casca de coco para uso energético. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 5, n. 3, p. 179-195, 2019. Disponível em: [https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/V05N03\\_13/pdf](https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/V05N03_13/pdf). Acesso em 05 Jan. 2024.

DINHANE, F. C. R. **Propriedades físico-mecânicas de painéis de mdp (medium density particleboard) constituído de bambu e fibra de coco**. 2016. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/136308/dinhane\\_fcr\\_me\\_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/136308/dinhane_fcr_me_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: 30 mar. 2023.

ELLIS, E. C.; RAMANKUTTY, N. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. Concepts and Questions, **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, n. 8, p. 439-447, 2008.

ERAKHRUMEN, A. A.; AREGHAN, S. E.; AGUNLEYE, M. B.; LARINDE, S. L.; ODEYALE, O. O. Selected physico-mechanical properties of cementbonded particleboard made from pine (*Pinus caribaea* M.) sawdust-coir (*Cocos nucifera* L.) mixture. **Scientific Research and Essay**, v. 3, n. 5, p. 197-203, 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Solomon-Larinde/publication/297530552\\_Selected\\_physico-mechanical\\_properties\\_of\\_cementbonded\\_particleboard\\_made\\_from\\_pine\\_Pinus\\_caribaea\\_M\\_sawdust-coir\\_Cocos\\_nucifera\\_L\\_mixture/links/57155e0408ae0f1a39b1a54f/Selected-physico-mechanical-properties-of-cementbonded-particleboard-made-from-pine-Pinus-caribaea-M-sawdust-coir-Cocos-nucifera-L-mixture.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Solomon-Larinde/publication/297530552_Selected_physico-mechanical_properties_of_cementbonded_particleboard_made_from_pine_Pinus_caribaea_M_sawdust-coir_Cocos_nucifera_L_mixture/links/57155e0408ae0f1a39b1a54f/Selected-physico-mechanical-properties-of-cementbonded-particleboard-made-from-pine-Pinus-caribaea-M-sawdust-coir-Cocos-nucifera-L-mixture.pdf). Acesso em: 10 Ago. 2024.

ESTEVEES, M. R. L.; ABUD, A. K. S.; BARCELLOS, K. M. Avaliação do potencial energético das cascas de coco verde para aproveitamento na produção de briquetes. **Scientia Plena**, v. 11, n. 2, p. 1-8, 2015. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/2230/1151>. Acesso em: 05 Jan. 2024.

FERRO, F. S.; ALMEIDA, T. H.; SOUZA, A. M.; ALMEIDA, D. H.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. C. Painel híbrido OSB/MDP de madeira *Pinus taeda* e resina poliuretana à base de óleo de mamona. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 3, p. 7-14, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/vvmCkP5ktrR6Xr7BVhSM4zC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 Ago. 2024.

FIORELLI, J.; BUENO, S. B.; CABRAL, M. R. Assessment of multilayer particleboards produced with green coconut and sugarcane bagasse fibers. **Construction and Building Materials**, v. 205, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819303083?via%3Dihub>. Acesso em: 10 Ago. 2024.

FIORELLI, J.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R.; NASCIMENTO, M. F.; CURTOLO, D. D.; SARTORI, D. L.; BELINI, U. L. Painéis de partículas monocamadas fabricados com resíduo de madeira e fibra de coco verde. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p. 175-182, 2015. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr105/cap17.pdf>. Acesso em: 11 Ago. 2024.

FONTES, H. R. **A cultura do coqueiro**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/122591/1/00078970.pdf>. Acesso em 23 Dez. 2023.

FREIRE, A. L. F.; FIGUEIRÊDO, M. C. B.; ROSA, M. F.; ARAÚJO JUNIOR, C. P. Impactos Ambientais de madeira e derivados – Uma revisão de literatura. **Espacios**, v. 36, n. 10, p. 3, 2015. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a15v36n10/15361004.html>. Acesso em 09 Jan. 2024.

GILIO, C. G.; BISPO, R. A.; TREVISAN, M. F.; RODRIGUES, F. R.; AMADO JUNIOR, L. C. F.; SILVA, S. A. M.; Produção de painéis aglomerados empregando seringueira, teca e poliuretano derivado de óleo de mamona. **Revista Principia**, n. 57, p. 86-97, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/download/5825/1875>. Acesso em: 09 Ago. 2024.

GUIMARÃES, I. L.; VELOSO, M. C. R. A.; LISBOA, F. J. N.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; FARRAPO, C. L.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B. Aproveitamento do casquilho de soja para a produção de painéis aglomerados convencionais de baixa densidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, p. 1-6, 2019. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v14i2a5643/219>. Acesso em: 09 Ago. 2024.

IGNACIO, I.; MIGUEL, T. Research opportunities on the coconut (*Cocos nucifera* L.) using new technologies. **South African Journal of Botany**, v. 141, p. 414-420, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629921002015>. Acesso em: 18 Set. 2022.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2023**. p. 1-91, 2023. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>. Acesso em: 09 Jan. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed. (1. ed. digital). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 17 Jan. 2024.

IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; TRIANOSKI, R.; PRATA, J. G. Produção de painéis aglomerados homogêneos e multicamadas de *Melia azedarach* (cinamomo) e *Pinus taeda* com diferentes teores de resina. **Cerne**, v. 18, n. 3, p. 465-470, 2012. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cerne/a/48BTqJLmVNPvyTW69h4X9xg/abstract/?lang=pt#>.

Acesso em: 09 Ago. 2024.

IWAKIRI, S.; VIANEZ, B. F.; WEBER, C.; TRIANOSKI, R.; ALMEIDA, V. C. Avaliação das propriedades de painéis aglomerados produzidos com resíduos de serrarias de nove espécies de madeiras tropicais da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 1, p. 59-64, 2012. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/aa/a/n9H3pzSFBsSD4bqfv3z9rrx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 Ago. 2024.

JOÃO PESSOA, Prefeitura Municipal de. **Plano de Ação Climática de João Pessoa**. João Pessoa, 2023. Disponível em: <https://americadosul.iclei.org/wp-content/uploads/sites/78/2023/06/sumario-joao-pessoa-web.pdf>. Acesso em 17 dez. 2023.

LOPES, F. C. R.; TANNOUS, K. Coconut fiber pyrolysis decomposition kinetics applying single- and multi-step reaction models. **Thermochimica Acta**, v. 691, p. 1-12, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040603120303038?via%3Dihub>.

Acesso em 19 Set. 2022.

MATTOS, A. L.; ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S. M.; MORAIS, J. P. S.; ARAÚJO JUNIOR, C. P. **Painéis elaborados com resíduos da casca de coco-verde**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/917915/paineis-elaborados-com-residuos-da-casca-de-coco-verde>. Acesso em: 30 mar. 2023.

MOURA, A. S.; DEMORI, R.; LEÃO, R. M.; FRANKENBERG, C. L. C.; SANTANA, R. N. C. The influence of the coconut fiber treated as reinforcement in PHB (polyhydroxybutyrate) composites. **Materials Today: Proceedings**, v. 18, p. 101-198, 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352492818301144?via%3Dihub>.

Acesso em 21 Set. 2022.

MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I – estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p.461-470, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/DcCpsxrjS8ZNZxHjfxr4KFw/?format=pdf>. Acesso em: 18 Jan. 2024.

NAKAMURA, A. P. D. **Propriedades de painel biocompósito produzido com fibras de coco-da-baía e ácido cítrico como adesivo**. 2018. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em:

[http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/32672/1/2018\\_AnaPaulaDinizNakamura.pdf](http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/32672/1/2018_AnaPaulaDinizNakamura.pdf).

Acesso em: 08 Jan. 2024.

NARCISO, C. R. P.; REIS, A. H. S.; MENDES, J. F.; NOGUEIRA, N. D.; MENDES, R. F. Potential for the Use of Coconut Husk in the Production of Medium Density Particleboard. **Waste and Biomass Valorization**, v. 12, p. 1647–1658, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-020-01099-x#citeas>. Acesso em: 09 Ago. 2024.

NEGREIROS, R. LIMA, G. Implantação do João Pessoa Sustentável marca desenvolvimento urbano, social e ambiental da cidade. **Prefeitura de João Pessoa**, 2021. Disponível em: <https://www.joaopessoa.pb.gov.br/noticias/implantacao-do-joao-pessoa-sustentavel-marca-desenvolvimento-urbano-social-e-ambiental-da-cidade/>. Acesso em: 27 mar. 2023.

OGATA, B. H. **Caracterização das frações celulose, hemicelulose e lignina de diferentes genótipos de cana-de-açúcar e potencial uso em biorrefinarias**. 2013. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-13112013-143039/publico/Bruna\\_Harumi\\_Ogata.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-13112013-143039/publico/Bruna_Harumi_Ogata.pdf). Acesso em: 25 Dez. 2023.

O *PINUS*. **Embrapa Florestas**, Maio de 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/pinus#:~:text=No%20Brasil%2C%20esp%C3%A9cies%20desse%20g%C3%AAnero,Sul%20e%20Sudeste%20do%20Pa%C3%ADs>. Acesso em 08 Jan. 2024.

PADILLA, E. R. D.; BELINI, G. B.; NAKASHIMA, G. T.; WALDMAN, W. R.; YAMAJI, F. M. Potencial Energético da Casca de Coco (*Cocos nucifera* L.) para Uso na Produção de Carvão Vegetal por Pirólise. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 2, p. 1-12, 2018. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/PadillaNoPrelo.pdf>. Acesso em: 05 Jan. 2024.

PADILLA, E. R. D.; PIRES, I. C. S. A.; YAMAJI, F. M.; FANDIÑO, J. M. M. Produção e Caracterização Físico-Mecânica de Briquetes de Fibra de Coco e Palha de Cana-de-

Açúcar. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 5, p. 1-13, 2016. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/1396/823>. Acesso em: 18 Jan. 2024.

PENTEADO, J. Pinus. **Embrapa Florestas**, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/pinus/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 08 Jan. 2024.

RAMBO, M. K. D.; SCHMIDT, F. L.; FERREIRA, M. M. C. Analysis of the lignocellulosic components of biomass residues for biorefinery opportunities. *Talanta*, v. 144, p. 693-703, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914015300862?via%3Dihub>. Acesso em: 18 Jan. 2024.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

RODRIGUES, F. R.; CAZELLA, P. H. S.; SOUZA, M. V.; BISPO, R. A.; ASSIS, L. F.; GILIO, C. G.; CHRISTOFORO, A. L.; SILVA, S. A. M. Produção de painéis de partículas de madeira com inclusão de poliestireno. **Ciência Florestal**, v. 33, n. 2, p. 1-22, 2023. Disponível em: [https://www.scielo.br/j/cflo/a/nGXkfhBwKhZGpH3MzVJ6N5v/?format=pdf&lang=pt#:~:text=Os%20valores%20da%20densidade%20dos,\(2018\)%20para%20pain%C3%A9is%20aglomerados](https://www.scielo.br/j/cflo/a/nGXkfhBwKhZGpH3MzVJ6N5v/?format=pdf&lang=pt#:~:text=Os%20valores%20da%20densidade%20dos,(2018)%20para%20pain%C3%A9is%20aglomerados). Acesso em: 18 Jan. 2024.

RODRIGUES, T. Emlur instala mais de 420 coletores de resíduos em João Pessoa. **Prefeitura de João Pessoa**, 2023. Disponível em: <https://www.joaopessoa.pb.gov.br/noticias/emlur-instala-mais-de-420-coletores-de-residuos-em-joao-pessoa/>. Acesso em: 27 mar. 2023.

ROMÃO, D. C. F.; SANTANA JR., C. C.; BRITO, M. R.; SCAPIN, E.; PEDROZA, M.; RAMBO, M. C. D.; RAMBO, M. K. D. Assessment of the Economic and Energetic Potential of Residues from the Green Coconut Industry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 33, n. 8, p. 938-947, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/wmcprWSm7Wv4sV4NjC4QTKf/?lang=en>. Acesso em: 28 mar. 2023.

ROSA, M. F.; MEDEIROS, E. S.; MALMONGE, J. A.; GREGORSKI, K. S.; WOOD, D. F.; MATTOSO, L. H. C.; GLENN, G.; ORTS, W. J.; IMAM, S. H. Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior. **Carbohydrate Polymers**, v. 81, n. 1, p. 83-92, 2010. Disponível em:



<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861710000858>. Acesso em: 19 Jan. 2024.

SCHULZ, H. R.; ACOSTA, A. P.; GALLIO, E.; BARBOSA, K. T.; GATTO, D. A. Avaliação de propriedades termoquímicas e físico-mecânicas de três espécies florestais de rápido crescimento. **Revista Matéria**, v. 25, n. 3, p. 1-11, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/CshCpv9789DWBH74mLhvD6v/#>. Acesso em: 03 Ago. 2024.

SENHORAS, E. Oportunidades da cadeia agroindustrial do Coco Verde: Do Coco Verde nada se perde, tudo se desfruta. **Revista Urutágua**, n. 5, p. 1-14, 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/237318044\\_Oportunidades\\_da\\_Cadeia\\_Agroindustrial\\_do\\_Coco\\_Verde\\_Do\\_coco\\_verde\\_nada\\_se\\_perde\\_tudo\\_se\\_desfruta](https://www.researchgate.net/publication/237318044_Oportunidades_da_Cadeia_Agroindustrial_do_Coco_Verde_Do_coco_verde_nada_se_perde_tudo_se_desfruta). Acesso em: 22 dez. 2023.

SHIROSAKI, R. K.; ALMEIDA, T. H.; PANZERA, T. H.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. C. Caracterização de painéis de partículas de média densidade feitos com resina poliuretana monocomponente à base de mamona. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 1, p. 37-43, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/8QrnsnPv6fnY9j5XmsvvXdR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 Ago. 2024.

SILVA, G. M. S. S. **Produção e análise de painéis particulados de *Corymbia citriodora* com adição de fibras de coco**. 2020. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/4f9a0def-b58f-42af-aa1f-2c4f1c60ca61/content>. Acesso em: 09 Jan. 2024.

SILVA, G. O.; JERÔNIMO, C. E. Estudos de alternativa para o aproveitamento de resíduos sólidos da industrialização do coco. **Revista Monografias Ambientais**, v. 10, n. 10, p. 2193-2208, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5902/223613086935>.

SILVA, L. P. F. R.; MORAES, M. S.; ESMERO, J. A. D.; SILVA, S. N.; TOMIYOSHI, C. M. DOI: Estudo Prospectivo ao Uso da Farinha do Mesocarpo do Coco Verde como Matéria-Prima para Elaboração de Alimentos. **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 3, p. 783-794, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/25598>. Acesso em: 21 Set. 2022.

SILVA, M. A. N.; SARTORETTO, S. C.; BARRETO-VIEIRA, D. F.; GRANJEIRO, J. M.; CALASANS-MAIA, M. D. Caracterização físico-química de três xenoinxertos utilizados na implantodontia. **Revista Fluminense de Odontologia**, ano 26, n. 54, 2020.

Disponível em: <https://periodicos.uff.br/ijosd/article/view/40997/23515>. Acesso em: 17 Jan. 2024.

SILVA, S. I. S. **Aproveitamento da biomassa de coco verde para produção de biocombustíveis sustentáveis**. 2019. 74 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/18360?locale=pt\\_BR](https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/18360?locale=pt_BR). Acesso em 27 mar. 2023.

SOARES, S. S.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; MENDES, L. M.; MENDES, R. F.; PROTÁSIO, T. P.; LISBOA, F. J. N. Valorização do bagaço de cana-de-açúcar na produção de painéis aglomerados de baixa densidade. **Ciência da Madeira**, v. 8, n. 2, p. 63-73, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/cienciadamadeira/article/view/10589>. Acesso em: 09 Ago. 2024.

SOUZA, M. E. S.; SILVA, J. R. A.; SANTOS, C. C. L.; SILVA, H. C.; LIMA, P. S. E. Obtenção de celulose a partir do aproveitamento de resíduos de coco (*Cocos nucifera* Linnaeus, 1753) para a produção de papel. **Revista Princípios**, v. 60, n. 1, p. 1-20, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/5876>. Acesso em: 22 dez. 2023.

SOUZA, M. J. C. **Usa da casca de coco para produção de painéis reconstituídos**. 2020. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Agrícola de Jundiá, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/28739/1/Usocascacoco\\_Souza\\_2020.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/28739/1/Usocascacoco_Souza_2020.pdf). Acesso em 08 Jan. 2024.

VALDEZ, X. E. C.; ORTEGA, J. A. A.; BARRAGÁN, C. A. R.; GARCÍA, L. R. B. Durabilidad natural de tableros aglomerados de cocotero. **Rev. mex. de cienc. forestales**, v. 6, n. 28, p. 188-201, 2015. Disponível em: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322015000200013&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000200013&lng=es&nrm=iso). Acesso em: 10 Ago. 2024.

VIDAL, N. E. H.; BAUTISTA, V. L.; ORDOÑEZ, W. D. M.; CALDERON, S. E. O. Caracterización química de la Fibra de Coco (*Cocus nucifera* L.) de México utilizando Espectroscopía de Infrarrojo (FTIR). **Revista Ingeniería y Región**, v. 20, n. 1, p. 68-72, 2018. Disponível em:

<https://www.journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/1914/3394>. Acesso em: 02 Ago. 2024.

VITAL, M. H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do BNDES**, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/12554/2/RB%2028%20Impacto%20Ambiental%20de%20Florestas%20de%20Eucalipto\\_P\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/12554/2/RB%2028%20Impacto%20Ambiental%20de%20Florestas%20de%20Eucalipto_P_BD.pdf). Acesso em 08 Jan. 2024.

VIVIAN, M. A.; MODES, K. A.; CAETANO, A. P. Potencial da madeira de *Pinus glabra* para a produção de polpa celulósica. **Madera y bosques**, v. 26, n. 3, 2020. Disponível em: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712020000300211&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712020000300211&script=sci_arttext). Acesso em: 18 Jan. 2024.

WANG, S.; XIAO, Y.; ZHOU, Z.; WANG, X.; CHEN, L.; LUO, J. Cocos nucifera (coconut). **Trends In Genetic**, v. 38, n. 10, p. 1096-1097, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168952522001500>. Acesso em: 18 Set. 2022.

WEBER, C.; IWAKIRI, S. Utilização de resíduos de compensados, MDF E MDP para produção de painéis aglomerados. **Ciências Florestais**, v. 25, n. 2, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/WxHZmKQWPTrLqVNphsp76Tr/?lang=pt#>. Acesso em: 17 dez. 2023.

ZHANG, L.; HU, Y. Novel lignocellulosic hybrid particleboard composites made from rice straws and coir fibers. **Materials & Design**, v. 55, p. 19-26, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261306913009187>. Acesso em: 09 Jan. 2024.

**APÊNDICE I****UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA****PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE****PAINEL  
AGLOMERADO:**

UMA ALTERNATIVA AO DESCARTE  
INADEQUADO DAS CASCAS DE  
COCO (Cocos nucifera Linnaeus,  
1753) NO MUNICÍPIO DE JOÃO  
PESSOA/PB

**MARIA EDUARDA  
SANTOS DE SOUZA**

MESTRANDA

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Nataly Albuquerque dos Santos**

## **BRASIL:** 5º maior produtor mundial

No Brasil são gerados cerca de 1,6 bilhão de frutos ao ano, em uma área total de 187,5 mil ha.



Planta versátil, pois todos os seus constituintes possuem potencialidades para alguma finalidade, sejam elas agroindustriais, alimentícias e nutricionais, medicinais, biotecnológicas ou artesanais

## MAS PARA ONDE VÃO AS CASCAS?



- Ruas;
- Terrenos baldios;
- Margens de estradas;
- Aterro sanitário;
- Queimadas.

## LIXO?

A Lei N° 12.305, de 2 de agosto de 2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. De acordo com os termos definidos na lei, o subproduto do coco pode ser considerado um resíduo, uma vez que existem diversas aplicações para seu reuso e reciclagem, no entanto, o material tem sido tratado como rejeito, recebendo uma disposição final, que na verdade, não é considerada a mais adequada.

Cascas de coco possuem em sua composição uma barreira que retarda sua degradação, fazendo com que leve entre 8 e 12 anos para se decompor naturalmente.

**ISSO PODE SOBRECARRREGAR E DIMINUIR A VIDA ÚTIL DOS ATERROS SANITÁRIOS!**

Imagens: <http://www.cocoverderj.com.br/reciclagem.htm>

**SE NÃO É REJEITO, TEMOS  
QUE DAR UM JEITO!**



## **PAINEL AGLOMERADO:**

UMA ALTERNATIVA AO DESCARTE  
INADEQUADO DAS CASCAS DE  
COCO (Cocos nucifera Linnaeus,  
1753) NO MUNICÍPIO DE JOÃO  
PESSOA/PB



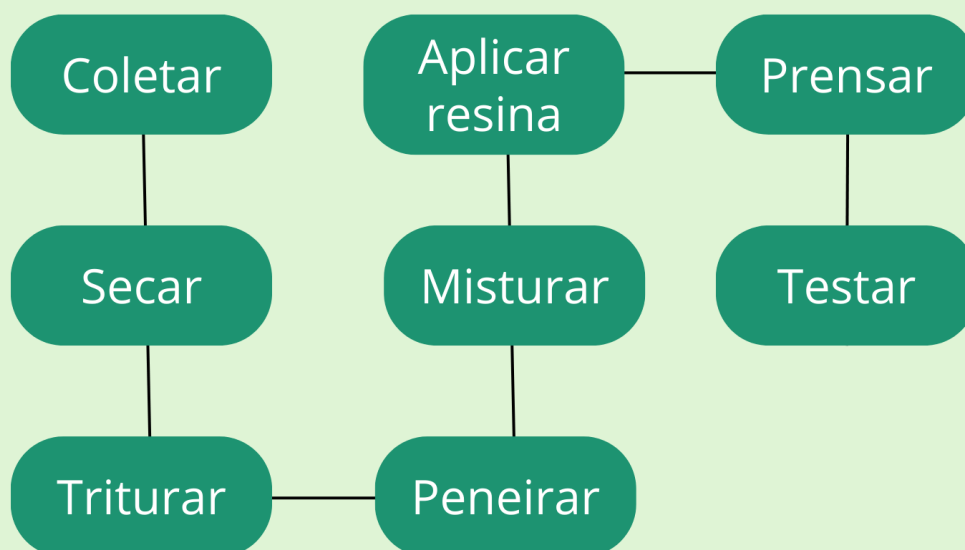
**OBJETIVO:**

**Promover o reaproveitamento de  
resíduos do coco e de madeira para  
a produção de painéis aglomerados.**

## PAINEL AGLOMERADO:

São painéis feitos de partículas, que permitem o uso de resíduos.

RESÍDUO DE COCO  
+  
RESÍDUO DE SERRARIA (MADEIRA)  
=





# Tecnologias sustentáveis



Painéis aglomerados fabricados com resíduo de coco, resíduo de madeira de *Pinus* e resina à base de óleo de mamona.

## para resolução de problemas do mundo atual.

Resultados detalhados no arquivo completo da dissertação em anexo.