

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

LUCIANA KURACK DA SILVA MISUCOCHI

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE COMPÓSITO
CONSTITUÍDO DE RESÍDUO DE MDF E RESINA VEGETAL**

Dissertação de Mestrado

MANAUS – AM

2020

LUCIANA KURACK DA SILVA MISUCOCHI

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE COMPÓSITO
CONSTITUÍDO DE RESÍDUO DE MDF E RESINA VEGETAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Design.

Orientador: **Prof.Dr.Helder Alexandre Amorim Pereira**
Co-orientadora: **Prof^a. Dra. Claudete Barbosa Ruschival**

MANAUS – AM

2020

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M678v Misucochi, Luciana Kurack da Silva
Análise da viabilidade da produção de compósito constituído de resíduo de MDF e resina vegetal. / Luciana Kurack da Silva
Misucochi . 2020
100 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Helder Alexandre Amorim Pereira
Coorientadora: Claudete Barbosa Ruschival
Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Resíduo de MDF. 2. Resina vegetal. 3. Compósito. 4. Design de produto. I. Pereira, Helder Alexandre Amorim. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

LUCIANA KURACK DA SILVA MISUCOCHI

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE COMPÓSITO
CONSTITUÍDO DE RESÍDUO DE MDF E RESINA VEGETAL**

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Profº Dr. Helder Alexandre Amorim Pereira, Presidente
Universidade Federal do Amazonas

Profª Dra. Virgínia Mansanares Giacon, Membro externo
Universidade Federal do Amazonas

Profª Dra. Claudete Catanhede do Nascimento, Membro
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Profa. Dra. Magnólia Grangeiro Quirino, Membro
Universidade Federal do Amazonas

DEDICATÓRIA

*Ao meu DEUS,
Aos meus pais Manoel e Maria Lucia,
Ao meu esposo Guilherme Kioshi,
Aos meus irmãos Mauricio e Marcelo,
Aos meus sobrinhos Estêvão e Emanuel,
As minhas cunhadas Dariane e Amanda,
Aos meus familiares e amigos,
Dedico com amor.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ser tão bondoso e amoroso.

A minha família, por todo amor, dedicação, suporte e ensinamentos proporcionados em toda minha vida.

Ao meu esposo Guilherme por todo apoio emocional e incentivo diário, sendo minha fonte de inspiração.

Aos amigos que fiz na turma do mestrado, em especial a Carol e sua família que tão prontamente me acolheu e me apoiaram nos momentos mais difíceis, minha eterna gratidão.

Para sempre minha admiração, ao orientador professor Dr. Helder Amorim, por todo empenho, orientações, ensinamentos, amizade, inspiração e incentivo. Sendo figura importante para a realização deste trabalho, minha muito obrigada.

A professora Dra. Claudete Ruschival, co-orientadora dessa dissertação, por toda sua dedicação, orientações, ensinamentos, compreensão, incentivo e amizade. Que por muitas vezes foi meu amparo, se revelando para mim muito mais que uma orientadora, mas sim uma mãe científica.

A todos os professores do PPGD por seus ensinamentos e dedicação.

As professoras Dra. Claudete Catanhede do Nascimento e Dra. Virginia Giacon, pelos ensinamentos repassados, pelo incentivo à pesquisa e pela amizade construída.

À UFAM e a faculdade Martha Falcão pelo apoio fornecido durante o período desta pesquisa. Agradeço a todos os profissionais que ajudaram no decorrer deste trabalho.

A empresa Comodita por abrir suas portas e fornecer todo o material para essa pesquisa.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste estudo e que estão eternizados em minhas orações.

RESUMO

Processos e produtos desenvolvidos a partir do aproveitamento de resíduos podem contribuir para a diminuição dos riscos do esgotamento dos recursos naturais. Nas indústrias moveleiras os compósitos são muito utilizados como matéria-prima para a fabricação de móveis, dentre eles a placa de fibra de média densidade (MDF). Entretanto, o processamento das chapas de MDF gera grande quantidade de resíduos, que muitas das vezes não são descartados de forma correta, apesar de seu potencial econômico. O pó de serragem é resíduo que dificilmente é reaproveitado ou retorna à produção. Neste sentido, o objetivo desta pesquisa é desenvolver material compósito com resíduos de MDF para a redução de desperdícios e avaliar o potencial do pó de MDF aglutinado com resina vegetal para a confecção de painel compósito, visando a redução de desperdícios na indústria moveleira e a aplicação no design de produtos. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura com a técnica de mineração de dados de Blum, Merino e Merino (2016), bem como um estudo de caso com empresa fabricante de móveis modulados. A partir disso, se fez de forma experimental um projeto-piloto para a confecção de um painel compósito a base de resina vegetal e pó de serragem de MDF. Com os resultados desse experimento foi confeccionado o Painel 2 em que se fez um comparativo das propriedades do material resultante. Para corroborar os resultados obtidos com os Painéis 1 e 2, se confeccionou um terceiro painel (Painel 3), onde os resultados de comparação foram esses: ensaios de densidade, obtiveram os seguintes resultados: no painel do projeto-piloto foi de 936,65 Kg/m³, de 889,6 Kg/m³ no painel 2 e o painel 3 apresentou valor de 760,97 Kg/m³. Para o ensaio de inchamento, valores de 2,5% após 2h e 16,1% após 24h de submersão na água, foram apresentados pelo painel piloto. O painel dois se mostrou mais resistente com 0,03% após 2h, e 1,06% após 24h de submersão; o valor para o painel 3 foi superior ao painel 2, porém inferior ao painel projeto-piloto apresentando valores de 4,21% e 5,89%, para 2 e 24hs, respectivamente. Para os ensaios de 2h, os painéis apresentaram valores abaixo de 8% que é o máximo considerado pela norma. Ainda assim os resultados apresentados em todas as amostras atenderam o valor estabelecido pela norma. A taxa de absorção foi similar entres todos os painéis, o painel piloto alcançou 5,7% e 20,71% para os ensaios de 2h e 24h, respectivamente, o painel 2 apresentou 6,11% (2h) e 21,64% (24h), enquanto o resultado para absorção do painel 3 em 2h foi de 8,73% e para 24h apresentou valor de 32,01%. Os ensaios de trabalhabilidade no painel 2 e 3 obtiveram resultados positivos para os ensaios de corte, lixamento, colagem, fixação de parafuso e usinagem. No entanto, o painel três é o que mais se assemelha às características e propriedades dos painéis de MDF. Ainda é importante avaliar as propriedades do material submetido aos ataques biológicos, absorção de umidade, acústica e durabilidade, para uma melhor caracterização, bem como verificar a viabilidade econômica da produção industrial para sua exploração comercial.

Palavras-chave: Resíduo de MDF; Resina vegetal; Compósito; Design de produto.

ABSTRACT

Processes and products developed from the use of waste can contribute to reducing the risks of depleting natural resources. In the furniture industries, composites are widely used as raw material for the manufacture of furniture, among them the medium density fiber board (MDF). However, the processing of MDF sheets generates a large amount of waste, which often is not disposed of correctly, despite its economic potential. Sawdust is a waste that is hardly reused or returned to production. In this sense, the objective of this research is to develop composite material with MDF residues for waste reduction and to evaluate the potential of MDF powder agglutinated with vegetable resin for making the composite panel, reducing waste reduction in the furniture industry and application in the design of products. A systematic review of the literature was carried out using the data mining technique of Blum, Merino and Merino (2016), as well as a case study with a manufacturer of modulated furniture. From this, a pilot project was carried out in an experimental way to make a composite panel based on vegetable resin and MDF sawdust. With the results of this experiment, Panel 2 was made, comparing the properties of the resulting material. To corroborate the results obtained with Panels 1 and 2, a third panel was made (Panel 3), where the comparison results were these: density tests, obtained the following results: in the pilot project panel it was 936.65 Kg / m³, 889.6 Kg / m³ in panel 2 and panel 3 presented a value of 760.97 Kg / m³. For the swelling test, values of 2.5% after 2h and 16.1% after 24h of submersion in water, were presented by the pilot panel. Panel two was more resistant with 0.03% after 2h, and 1.06% after 24h of submersion; the value for panel 3 was higher than panel 2, but lower than the pilot project panel, with values of 4.21% and 5.89%, for 2 and 24 hours, respectively. For the 2h tests, the panels showed values below 8%, which is the maximum considered by the standard. Even so, the results presented in all samples met the value established by the standard. The absorption rate was similar between all panels, the pilot panel reached 5.7% and 20.71% for the 2h and 24h tests, respectively, panel 2 presented 6.11% (2h) and 21.64% (24h), while the result for absorption of panel 3 in 2h was 8.73% and for 24h it presented a value of 32.01%. The workability tests on panel 2 and 3 obtained positive results for the cutting, sanding tests, gluing, screw fixing and machining. However, panel three is the one that most closely resembles the characteristics and properties of MDF panels. It is still important to evaluate the properties of the material subjected to biological attacks, moisture absorption, acoustics and durability, for a better characterization, as well as to verify the economic viability of industrial production for its commercial exploitation.

Keywords: MDF residue; Vegetable resin; Composite; Product design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Cadeira favela, 1991.....	34
Figura 2- Poltrona vermelha (1993-1998).	34
Figura 3- Banco kraft (2011).....	35
Figura 4- Poltrona leiras (2013).....	35
Figura 5- Classificação de compósitos.....	36
Figura 6- Máquina de corte e sacos de depósito do pó.....	48
Figura 7- Tambores para dispor resíduos.	48
Figura 8- Tambores para dispor resíduos.	49
Figura 9- Disposição dos resíduos.....	49
Figura 10- Disposição dos resíduos.....	50
Figura 11- Disposição dos retalhos.....	50
Figura 12- Disposição dos retalhos.....	51
Figura 13- a) pó de mdf; b) poliól e c) pré-polímero.	52
Figura 14- Processo de produção do projeto-piloto.....	54
Figura 15- Corte dos corpos de prova.....	55
Figura 16 - Corpos de prova painel piloto.....	56
Figura 17- Corpos de prova após o ensaio de inchamento por 24 horas.....	58
Figura 18- Processo de produção do painel 2.....	62
Figura 19- a)esquadrejamento do painel; b)10 corpos de prova extraídos; c) e d) aferição de peso e medidas; e) ensaio inchamento e absorção; f)aferição medidas apos 24h.....	63
Figura 20- Ensaio teor de umidade.....	65
Figura 21- Processo de produção painel 3.....	67
Figura 22- Aferição pós-ensaio inchamento.....	68
Figura 23- Corpos de prova após o ensaio de absorção de água.....	69
Figura 24- Corpos de prova.....	72
Figura 25- Precisão do corte.....	73
Figura 26- Precisão corte em peças menores.....	73
Figura 27- Equipamentos lixadeira.....	74
Figura 28- Procedimento de lixamento das amostras.....	75
Figura 29- Amostras p2-a1, p3-a1 e mdf-a1 lixa 80.	75
Figura 30- Amostras p2-a2, p3-a2 e mdf-a2- lixa 150.....	76
Figura 31- Amostras p2-a3, p3-a3 e mdf-a3- lixa 220.....	76
Figura 32- Disposição das amostras para procedimento de fresa.....	77
Figura 33-Rebaixo nas laterais das 3 amostras.....	78
Figura 34-Rebaixo na laterais da amostras.....	78
Figura 35- Fresa amostras painel 2.....	79
Figura 36- Fresa amostras painel 3.....	79
Figura 37- Amostras mdf.....	80
Figura 38- Resíduos da fresa.....	80

Figura 39- Encaixe das amostras p2 e p3.....	81
Figura 40- Encaixe das amostras mdf.....	81
Figura 41- Procedimento ensaio de colagem.....	82
Figura 42- Resultado ensaio de colagem.....	83
Figura 43- Demarcação para colocação dos parafusos.....	83
Figura 44- Colocação dos parafusos.....	84
Figura 45- Transpasse dos parafusos.....	84
Figura 46- Furadeira de bancada.....	85
Figura 47- Resíduo da usinagem.....	86
Figura 48- Colocação da dobradiça.....	86
Figura 49- Colocação da dobradiça.....	86
Figura 50- Painel 3.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Valores obtidos nos ensaios de inchamento (i) para 2 e 24 horas.....	60
Tabela 2-Valores obtidos nos ensaios de absorção de água (a) para 2 e 24 horas..	61
Tabela 3-Valores obtidos nos ensaios de inchamento (i) para 2 e 24 horas.....	64
Tabela 4-Valores obtidos nos ensaios de absorção de água (a) para 2 e 24 horas..	64
Tabela 5-Respostas aos ensaios de inchamento (i) para 2 e 24 horas.....	69
Tabela 6-Medição de absorção de água (a) para 2 e 24 horas.....	70
Tabela 7-Comparativo dos resultados obtidos para os painéis 1,2,e 3.	71
Tabela 8-Identificação amostras	72
Tabela 9-Densidade aparente dos painéis compósitos.....	88
Tabela 10-Valores obtidos nos ensaios de inchamento (i) para 2 e 24 horas, com respectivos desvio padrão.....	89
Tabela 11-Valores obtidos nos ensaios de absorção (a) para 2 e 24 horas, com respectivos desvio padrão.....	90
Tabela 12-Resultado da absorção de água após 2 e 24 horas referentes a outros estudos.....	91

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- Classificação das classes de resíduos	19
QUADRO 2- Classificação dos resíduos – PDMRSM.	19
QUADRO 3- Publicações selecionadas através de mineração visual de dados.	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABIMOVEL	Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário.
IBA	Associação Brasileira de Arvores
PDMRSM	Plano Diretor Municipal de Resíduos Sólidos de Manaus
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNRS	A Política Nacional de Resíduos Sólidos
ASTM	<i>American Society for Test and Materials</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 PERGUNTAS NORTEADORAS DA PESQUISA	18
1.2 HIPÓTESE	18
1.3 OBJETIVO GERAL	18
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.5 JUSTIFICATIVA	19
1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	20
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 O CONCEITO DE RESÍDUOS	21
2.1.1 Gerenciamento de resíduos	23
2.1.2 Gestão de resíduos industriais	25
2.2 GESTÃO EMPRESARIAL E SUSTENTABILIDADE	26
2.3 A INDÚSTRIA DE MÓVEIS, OS MATERIAIS (MDF) E RESÍDUOS GERADOS	28
2.4 VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS E O DESIGN DE PRODUTO	31
2.4.1 Conceito de compósitos	35
3. METODOLOGIA DA PESQUISA	37
3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	37
3.1.1 Revisão Sistemática da Literatura	37
3.1.2 Estudo de Caso	45
3.1.3. CONFECÇÃO DO COMPÓSITO	52
3.1.3.1 MÉTODO	52
4. RESULTADO E ANÁLISE	55
4.1 Caracterização do compósito	55
4.2 Resultados dos ensaios	59
4.2.1 Produção do Painel 2	61
4.2.2 Caracterização e ensaios realizados	62
4.2.3 Resultado dos ensaios	63
4.2.4 Produção do Painel 3	65
4.2.5 Caracterização e ensaios realizados	67
4.2.6 Resultados dos ensaios	69
4.3 COMPARATIVO DOS ENSAIOS ENTRE OS TRÊS PAINÉIS	70
4.4 ENSAIO DE TRABALHABILIDADE	71
4.4.1 Lixamento	73
4.4.2 Usinagem com fresa reta	77
4.4.3 Colagem	81
4.4.4 Parafuso	83
4.4.5 Usinagem com fresa circular	85
5. DISCUSSÃO	88
5.1 Densidade	88
5.2 Inchamento	89
5.3 Absorção	90

5.4	Trabalhabilidade	92
5.5	Potencialidades de uso dos painéis compósitos	93
6.	CONCLUSÃO	94
6.1	TRABALHOS FUTUROS	96
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

1. INTRODUÇÃO

O interesse em desenvolver produtos que reduzam impactos ambientais e os custos de produção, assim como as questões de sustentabilidade, vêm aumentando no meio acadêmico. Em razão da crescente preocupação com o uso de recursos não renováveis, diversas indústrias e a comunidade científica procuram soluções para amenizar os riscos que ameaçam o esgotamento desses recursos, com os mais variados esforços para encontrar soluções viáveis e de acordo com as expectativas do mercado. Com isso, buscam-se por processos e produtos com o foco na reciclagem dos resíduos como forma de minimizar os problemas decorrentes do não aproveitamento total dos recursos naturais (KRISHNA et al., 2019; QUIRINO.; SANTOS.; NETO., 2017).

Há alguns anos, o uso da madeira natural na produção de móveis vem sendo substituído pelo uso dos painéis reconstituídos de madeira, entre eles o MDP (Médium Density Particle), MDF (Medium Density Fiberboard), OSB (Oriented Strand Boar), HDF (High Density Fiberboard) e outros. Tais materiais são considerados como compósitos e são amplamente utilizados pelas indústrias moveleiras, principalmente o MDF, objeto de estudo desta pesquisa.

O produto MDF (traduzido como placa de fibra de média densidade) é obtido a partir das fibras de madeira (pinus e eucalipto de florestas plantadas) aglutinadas e compactadas com resinas aldeídicas. Por sua vez, recebem ação de calor e pressão para sua compactação, conferindo ao produto propriedades de homogeneidade, resistência, maleabilidade e durabilidade. Por essas características o MDF tem se expandido no mundo, e também no Brasil, consolidando-se como um substituto para o uso de madeira para Arquitetura e Design de Interiores, por exemplo.

A Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário (ABIMOVEL) informa que a produção mundial de móveis no ano de 2017 chegou a US\$ 418 bilhões destacando a China como sendo responsável pela produção de 39%. O Brasil é o maior produtor da América do Sul com uma participação de 4%, sendo previsto, pelo mesmo relatório, com uma estimativa de aumento na produção até os anos 2030 (ABIMOVEL, 2018).

Entretanto, com o crescimento do consumo e da produção de chapas de MDF, há elevada geração de resíduos que, muitas vezes, não são descartados de forma correta. Exemplo disso são os cortes para produção de móveis planejados, em que as peças são cortadas sempre de uma chapa inteira gerando resíduos de diversas dimensões, sem contar a grande quantidade de pó da serragem das peças que, geralmente, é descartada em aterros sanitários sem qualquer destinação útil. Todo esse material poderia ser aproveitado de forma responsável com viabilidade produtiva, econômica, social e ambiental. Existe ainda um agravante, sobre resíduos de MDF, pois ele contém além das fibras de madeiras o formaldeído, que é um composto orgânico volátil (VOC) feito a partir do metanol, que é um álcool muito tóxico à saúde e que pode acarretar severos danos ao meio ambiente.

Apesar da toxicidade desses resíduos, existe uma potencialidade econômica ainda não muito explorada pelas indústrias (HILLIG; SCHNEIDER; PAVONI, 2013). Nessa vertente, Irle et al., (2018) defendem que precisa existir um engajamento das empresas, para reciclar os resíduos de MDF e obter novos materiais e produtos de maiores valores agregados.

Com o avanço da tecnologia no desenvolvimento de novos materiais compósitos, emergem oportunidades para se desenvolver novos materiais com agilidade e mais qualidade, tendo alternativas para o aproveitamento de resíduos como elemento principal para a produção de um novo produto, sendo uma ótima estratégia a ser adotada. O ponto chave é encontrar um equilíbrio entre a necessidade de sobrevivência humana e o mercado competitivo, fazendo gestão empresarial com foco na sustentabilidade (ALONGE et al., 2014). Nesse contexto, o papel do Design no desenvolvimento de produtos para atender as três dimensões da sustentabilidade, e ainda direcionar opções para a ampliação da sustentabilidade dentro da organização, seria o de definir prioridades e gerar ideias inovadoras (QUARESMA e MOURA, 2016)

Diante da escassez de estudos sobre compósitos reconstituídos a partir de resíduos de MDF, essa pesquisa surge como uma possibilidade de reduzir os impactos negativos oriundos da geração de resíduos madeireiros, tendo o design como elemento estratégico para dar um fim útil ao pó de MDF, ao mesmo tempo em que constrói conhecimento para o desenvolvimento de novos materiais.

1.1 Perguntas norteadoras da pesquisa

Considerando a alta produção do pó de MDF na fabricação de móveis e vislumbrando uma oportunidade de sua valorização com a obtenção de novo material, faz-se o seguinte questionamento para este estudo: Os resíduos de MDF e a resina vegetal são capazes de se aglutinar o suficiente para formar um compósito resistente? Também, nesta pesquisa questiona-se:

1. Qual o potencial dos resíduos gerados pela indústria moveleira de MDF para o desenvolvimento de um novo material?
2. Quais propriedades reveladas do novo material que oferecem oportunidades para gerar produtos e criar impacto positivo para o meio ambiente e para a sociedade?
3. O material compósito gerado possui trabalhabilidade para a produção de produtos como móveis, por exemplo?

1.2 Hipótese

É viável a obtenção de compósito constituído de pó de MDF e resina vegetal para a composição de novo material, podendo apresentar-se como uma solução inovadora para a produção no design de produtos.

1.3 Objetivo Geral

Avaliar o potencial do pó de MDF aglutinado com resina vegetal para a confecção de painel compósito, visando a redução de desperdícios na indústria moveleira e a aplicação no design de produtos.

1.4 Objetivos específicos

- Realizar estudo de caso em empresa moveleira para avaliar as perdas na produção pelos resíduos gerados;

- Definir um resíduo específico gerado por processo produtivo da empresa estudada para o desenvolvimento do material compósito;
- Realizar um projeto-piloto para definição de um processo produtivo válido para a confecção do compósito e ensaios preliminares;
- Analisar as propriedades do novo material identificando oportunidades para o desenvolvimento de novos produtos.

1.5 Justificativa

Os processos produtivos de móveis com as chapas de madeira processada (MDF) geram quantidades significativas de resíduos que nem sempre tem uma destinação correta. Uma excelente alternativa como solução para o problema do descarte inadequado e para a redução dos custos de produção é a valorização dos resíduos gerados desse processo, sendo sempre bem-vinda quando parte de uma situação econômica e tecnicamente viável (LOPES, 2009).

É importante que as empresas e indústrias de MDF viabilizem o aproveitamento de seus resíduos em aplicações diversas, de tal forma a retornar o que sobra da fabricação para o ciclo produtivo gerando lucro. Logo, a preocupação com o meio ambiente deve-se direcionar a redução dos impactos negativos que podem ser resultado do descarte incorreto de tais resíduos.

A pesquisa justifica-se ainda pela importância da reciclagem de materiais para a diminuição do desperdício dos recursos naturais, que são extraídos da natureza sem uma previsão do aproveitamento total de tais recursos. O desenvolvimento de um material compósito por meio da reciclagem é uma alternativa ambientalmente viável que traz o retorno do resíduo para o mercado, tido anteriormente como um problema ambiental.

Vale ressaltar ainda que os compósitos derivados de recursos renováveis, tais como as fibras naturais e os polímeros originados de biomassa, são alternativas mais ecológicas para o designer de produto, pois observam o cuidado com o meio ambiente (CALEGARI e OLIVEIRA, 2016).

1.6 Organização do trabalho

Este trabalho está dividido em seis capítulos.

No capítulo 1 apresenta-se a Introdução com a contextualização do problema e objetivos da pesquisa. O capítulo 2 apresenta o referencial teórico que aborda temas sobre resíduos, gerenciamento de resíduos e a valorização dos resíduos dada pelo design de produto. A metodologia e os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do estudo são abordados no capítulo 3. O desenvolvimento e confecção dos compósitos, os ensaios realizados e caracterização, estão descritos no capítulo 4. Em seguida, no capítulo 5, são apresentados os resultados e discussão. Finalmente se apresenta as conclusões do estudo e sugestões para futuros trabalhos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta etapa do estudo trata-se da atualização da bibliografia, em que se faz leitura de artigos científicos, livros, dissertações e teses, mantendo o referencial teórico atualizado. Percebe-se com isso que a problemática ambiental que envolve o descarte e o aproveitamento dos resíduos industriais e como o design pode contribuir para o campo dos novos materiais e produtos.

2.1 O conceito de resíduos

Inicialmente importa diferenciar resíduo de rejeito. Donato e Takenaka, (2016) conceituam resíduo como todo remanescente de um processo de produção, de exploração, de consumo, de transformação ou de utilização, com grande diversidade de fonte ou atividade geradora. Portanto todo material que comporta alguma possibilidade de uso por meio do aproveitamento e reciclagem deve ser considerado como resíduo. O rejeito é um tipo de resíduo que a única alternativa é a disposição final ambientalmente adequada, pois não possui mais nenhuma possibilidade de recuperação ou reutilização (Lei Federal Nº 12.305/2010).

De acordo com a NBR 10.004/2004 os resíduos sólidos são definidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível(NBR 10.004/ 2004).

A Lei Federal 12.305/2010 categoriza os resíduos sólidos classificando em diversos tipos conforme sua fonte de origem, como resíduos domiciliares, de limpeza urbana, de serviços públicos de saneamento básico, industriais entre outros. Por possuírem características físicas, químicas e biológicas distintas, a NBR

10.004:2004 recomenda classificá-los em três classes diferentes, conforme o QUADRO 1 abaixo:

Quadro 1 - Classificação das classes de resíduos

RESÍDUOS DE CLASSE I	RESÍDUOS DE CLASSE II A	RESÍDUOS DE CLASSE II B
Perigosos	Não perigosos e não inertes	Inerte
São os que exigem tratamentos especiais e podem apresentar riscos à saúde pública, favorecendo a incidência de doenças e prejudicando o meio ambiente em função de suas características de Inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogeneidade.	Não apresentam periculosidade, porém não são inertes. Podem possuir propriedades de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.	Aqueles que quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Fonte: adaptado da NBR 10.004:2004 (2019).

Corroborando com a Norma Brasileira NBR 10.004/2004 no que diz respeito à importância da classificação dos resíduos e o seu correto manuseio, o decreto Nº 1.349, de 9 novembro de 2011 que aprova o Plano Diretor Municipal de Resíduos Sólidos de Manaus (PDMRSM), classifica os resíduos estabelecendo sua origem e sua periculosidade, dispondo sobre a atenção especial que deve ser dada aos resíduos de classe I (Quadro 2).

Quadro 2- Classificação dos resíduos – PDMRSM.

Identificação	Periculosidade	Classes ABNT
Resíduos domiciliares-RDO	Não perigosos /perigosos	I e II
Resíduos públicos-RPU	Não perigosos	II A e II B
Resíduos de serviço de saúde-RSS	Não perigosos /perigosos	I, II A e II B
Resíduos sólidos industriais-RSI	Não perigosos /perigosos	I, II A e II B
Resíduos coleta seletiva-RCS	Não perigosos /perigosos	I, II A e II B
Resíduos construção e demolição-RCD	Não perigosos	II B
Resíduos sólidos especiais-RSE	Não perigosos /perigosos	I, II A e II B
Resíduos serviços de Transporte-RST	Não perigosos /perigosos	I, II A e II B
Resíduos Agrossilvipastoris -RSA	Não perigosos /perigosos	I, II A e II B

Fonte: PDRS-Manaus (2019).

A resolução nº313/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) estabelece que os resíduos existentes ou gerados pelas

atividades industriais deverão possuir controle específico como parte integrante do processo de licenciamento ambiental, e define Resíduo Sólido Industrial (RSI) em:

Todo resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi-sólido, gasoso - quando contido, e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviável em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição (CONAMA, 2002).

Os resíduos industriais configuram uma grande diversidade em razão dos inúmeros processos de fabricação das várias atividades produtivas. Podem ser representados por processos, cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras, borracha, metal, escórias, vidros, cerâmicas entre outros (IPEA, 2012).

Nesse contexto, têm-se as empresas que são responsáveis pela geração e destinação de seus resíduos, conforme estabelece a legislação brasileira. Ainda, são obrigadas por meio do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) a registrar a situação atual, de modo a absorver uma proposta de adequação do tratamento aos resíduos mantendo essa responsabilidade contínua e constante (Lei Federal 12.305/2010).

2.1.1 Gerenciamento de resíduos

A PNRS estabelece que gerenciar resíduos significa adotar um conjunto de ações, de forma ordenada e satisfatória, nas etapas de coletas, transportes, transbordos, tratamentos e destinação final ambientalmente adequada de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS).

Um PGRS, segundo o Ministério do Meio Ambiente, é um instrumento de implementação da política nacional por meio de um conjunto de documentos com valor jurídico que contém ações e recomendações que visam o controle de todas as

etapas da geração, coleta, armazenamento, tratamento e destinação dos resíduos gerados em uma empresa, órgão público ou indústria. Nesse sentido, o PGRS contribui para um maior controle da destinação dos resíduos pelo poder público (MMA, 2014).

A implantação do plano de gerenciamento apropriado aos resíduos sólidos industriais tem uma grande importância na expansão adequada da infraestrutura econômica e social do país (BARBACOVİ, 2013). Pois, é por meio do PGRS que é possível identificar quem são os geradores, os tipos e as quantidades de resíduos gerados, possibilitando adequar a destinação final dos resíduos sem que comprometa o meio ambiente.

Segundo Nolasco e Uliana (2014) na busca pela melhoria do desempenho ambiental e para atender os requisitos legais de manejo de resíduos e rejeitos, a elaboração dos PGRS de uma empresa deve ser um processo sistêmico, que necessariamente precisam seguir sete etapas na seguinte ordem: a) Identificação da necessidade de implementação do plano de gerenciamento; b) Objetivos Gerais e planejamento; c) Diagnóstico (avaliação do problema); d) Definição das prioridades, metas e soluções; e) Definição dos programas de ação; f) Implementação das ações; g) Avaliação (monitoramento) dos resultados e reformulação do plano.

Na cidade de Manaus, o decreto Nº 1.349/ 2011 estabelece que os RSI devem atender ao disposto no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais desenvolvido para o polo industrial de Manaus, pois dessa forma o gerenciamento, o controle e a fiscalização dos resíduos gerados nas atividades industriais terão mais efetividade.

Tendo informações sobre onde estão sendo gerados e quais são tipos de resíduos, é possível propor soluções que prezam pela redução de custo, ganho institucional e valorização. Massukado (2004) descreve que o gerenciamento de resíduos está relacionado ao como fazer a implantação das ações, estabelecendo os aspectos operacionais que visam implementar, orientar, coordenar, controlar, fiscalizar e operacionalizar as ações estabelecidas pelo plano de gestão.

O modelo de gerenciamento de resíduos é abrangente e complexo, utiliza princípios de estratégias de produção mais limpa, do ecodesign, da avaliação do ciclo de vida, da logística reversa entre outros métodos de gestão ambiental, visando a prevenção e minimização de geração dos resíduos, a valorização dos resíduos, a

redução de volume e periculosidades e a disposição final adequada (NOLASCO e ULIANA, 2014).

2.1.2 Gestão de resíduos industriais

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal nº12.305, de 2 de agosto de 2010, estabelece através de instrumentos, objetivos e princípios, organizar de maneira eficiente os tratamentos adequados aos resíduos produzidos pela atividade humana, exigindo responsabilidade dos setores privados e públicos no gerenciamento de seus resíduos. Tais medidas preveem o avanço do enfrentamento dos problemas ambientais, sociais e econômicos resultantes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (MMA, 2011).

Nesse aspecto, a gestão integrada de resíduos sólidos¹ e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos² são instrumentos importantes para as empresas que procuram desenvolver suas atividades em consonância com as leis ambientais. Essas leis possuem como princípio o desenvolvimento sustentável, estabelecendo responsabilidade aos governos, incluindo a cadeia produtiva e o consumidor final no tratamento e destinação correta dos resíduos (Lei Federal Nº 12.305/2010).

A elaboração de um plano de gestão dos resíduos inclui medidas de não geração, redução e eliminação de rejeitos, bem como busca encontrar soluções para diminuir o custo da produção e funcionamento da empresa (SEBRAE, 2015). A gestão de resíduos deve ser introduzida de forma minuciosa, de maneira a avaliar todas as atividades executadas em todos os processos produtivos garantindo a totalidade do procedimento com eficiência.

1 . Gestão Integrada de Resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de Soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável;

2 . Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida dos Produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos

Segundo Mota e Silva (2016), a gestão de resíduos está atribuída em um processo cíclico de ajustes e revisões frequentes que envolvem estabelecer ações de planejamentos estratégicos, previsões orçamentárias e implantação de atividades operacionais.

2.2 Gestão empresarial e sustentabilidade

É notório o entendimento que os recursos naturais são explorados para o atendimento das necessidades básicas de sobrevivência. Apesar da estreita dependência, a preocupação com o meio ambiente é relativamente recente na história da humanidade. A Primeira Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente aconteceu em 1972, em Estocolmo, onde a questão ambiental envolveu os países e a sociedade na busca pelo controle da poluição em nível mundial, atentando para a necessidade de se estabelecer critérios e princípios comuns que oferecessem a todos os povos inspirações para preservar e melhorar o meio ambiente (Philippi Jr e Pelicioni, 2005).

Contudo, somente em 1983, a ONU estabeleceu a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, mais conhecida como Comissão de Brundtland. Essa comissão elaborou o relatório "Nosso Futuro Comum", o qual denunciava de forma severa os problemas ambientais e explicitava as preocupações e recomendações para o futuro (BRUNDTLAND, 1987). O termo desenvolvimento sustentável surgiu pela primeira vez nesse relatório, o qual serviu de base para a Eco-92 (ONU 2019).

Como definido pela Comissão de Brundtland (1987), “desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades”.

A busca por métodos eficientes de melhoria, que contribui para diminuir um desastre maior, vem da grande participação da sociedade na conscientização no modo de produção e consumo atuais. “A persistência do modelo de produção e de consumo não degrada apenas a natureza ao causar o desaparecimento das espécies, erosão do solo e redução das florestas, mas também afeta as condições de vida dos seres humanos” (NASCIMENTO, 2012).

Para Alonge et al. (2014), o termo sustentabilidade significa “explorar áreas ou fazer o uso de recursos existentes no planeta, de forma a prejudicar da menor maneira possível o equilíbrio entre o meio ambiente, a comunidade humana e toda biosfera”. Desse modo essa definição é adaptável a qualquer atividade que se aplique, sendo compreendida como processo de mudança na utilização dos recursos naturais, nos procedimentos da evolução tecnológica e no controle dos investimentos, atendendo as necessidades do hoje com a preocupação do amanhã.

MUCCI (2005) alerta que a população mundial em 2025 chegará a 10 bilhões. Assim, para minimizar o impacto ambiental, desde a exploração dos recursos seguindo pelos processos de fabricação de produtos, até chegar ao ponto do descarte, o uso de tecnologias alternativas se torna imprescindível. A exploração excessiva dos recursos naturais, bem como a disposição de resíduos, é apontada como causas de grandes problemas ecológicos (TEIXEIRA e COUTO, 2016).

A produção geral deve respeitar a preservação de sistemas ecológicos a fim de propiciar uma via de desenvolvimento sustentável (MIKHAILOVA, 2004). Somando-se ao desenvolvimento sustentável, a tecnologia, através da capacidade criativa do homem deve servir também ao impulso para uma mudança radical e progressiva do padrão de produção de consumo (NASCIMENTO, 2012).

Deve-se levar em conta que a tecnologia trouxe a oportunidade de desenvolver novos materiais, trazendo agilidade e mais qualidade para os produtos manufaturados ao mesmo tempo em que busca preservar os recursos. O ponto chave para essa questão é justamente o encontro de um equilíbrio entre a necessidade de sobrevivência humana e o mercado competitivo, sobretudo no que tange à gestão empresarial, focada na sustentabilidade (ALONGE et al. 2014).

Conforme assinalam Oliveira, Correia e Gomez (2016), as empresas têm papel fundamental em garantir um consumo sustentável especialmente nos quesitos de desenvolvimento de novas tecnologias e práticas; incentivos econômicos e legais para o consumo; e mudanças de valores e de discursos que moldem a sociedade de forma positiva. Assim, a promoção de uma cultura de consumo sustentável também pode estar alinhada aos valores e metas de empresas ambientalmente responsáveis, sobretudo com a observância dos elementos da cadeia de produção, garantindo-se, dessa forma, que o ciclo de vida de um produto também seja sustentável (BRAGA, 2014).

Dessa forma, percebe-se que uma empresa é considerada ambientalmente responsável quando: 1) estabelece metas relacionadas ao uso sustentável dos insumos necessários à produção; 2) possui uma política de gestão energética e de recursos naturais; 3) obedece aos parâmetros nacionais e internacionais de proteção ambiental; 4) garante o acesso da sociedade aos incrementos tecnológicos e inovações; 5) preocupa-se com o ciclo de vida de seus produtos, desde a concepção até o descarte; 6) promove a educação ambiental para as partes diretamente envolvidas em seu sistema de negócios (sociedade, comunidades, estudantes, cientistas, trabalhadores, etc); 7) procura manter o ambiente empresarial dentro dos padrões de direitos humanos e de honestidade; e 8) busca-se inovações e tecnologias que garantam um meio ambiente saudável para as futuras gerações (BRAGA, 2014).

Nesse contexto, as empresas procuram alternativas para atender às normas nacionais e internacionais no que diz respeito a valorizar seus produtos e melhorar seus processos produtivos. Pereira et al.,(2019) demonstraram que várias são as políticas aplicadas nas mais diversas fábricas e que algumas práticas, relativamente simples aplicadas nas indústrias moveleiras, como separação de resíduos de madeira e sua doação, que são motivadas pelo alto custo da matéria prima, trazem boas consequências, entre elas a boa propaganda da imagem mediante os consumidores, aumenta as vendas, a competitividade, assim como o benefício ambiental.

2.3 A indústria de móveis, os materiais (MDF) e resíduos gerados.

A indústria brasileira de base florestal é mundialmente reconhecida pela alta produtividade de suas áreas. O destaque ao Brasil deve-se ao fato de possuir uma das maiores áreas de plantio de árvores destinado a abastecer as indústrias em seus processamentos, sendo reconhecida mundialmente como de produtividade alta florestal (LOUZADA. JR et al., 2017).

De acordo com o relatório do IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores):

O Brasil possui uma área de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, o setor

brasileiro de árvores plantadas é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB Industrial no País e, também, é um dos segmentos com maior potencial de contribuição para a construção de uma economia verde (IBÁ, 2017).

As árvores de reflorestamento são responsáveis pela madeira produzida para fins industriais no País. Espécies de árvores plantadas como o eucalipto, o pinus (*Pinus Taeda* e *Pinus Elliotti*), Acácia (*Acacia sp.*), Araucária (*Araucaria angustifolia*), Paricá (*Schizolobium parahyba*), e Teca (*Tectona grandis*), são destinadas para produção de celulose e papel (34%), siderurgia e carvão (14%), painéis de madeira e pisos laminados (6%), Investidores financeiros (10%), produtores independentes (29%), Produtos sólidos de madeira (4%) e (3%) outros (IBÁ, 2017).

A indústria de móveis no Brasil exerce um papel de destacada relevância na cadeia produtiva da madeira. A ABIMÓVEL (Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário) menciona que a produção nacional de móveis no ano de 2017 chegou a US\$ 62,2 bilhões possuindo 19,6 mil unidades produtoras, empregando mais de 268,9 mil funcionários (ABIMÓVEL, 2018).

Em 2017, o País possuía 18.742 indústrias de móveis de madeira, dividido entre os Estados: Norte 460, Nordeste 2.080, Sudeste 7.001, Sul 7.705 e Centro-Oeste 1.496 (ABIMÓVEL, 2018). Mesmo com a presença em todo território nacional as regiões do Brasil que mais concentram as fabricantes de móveis estão nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Porém em todas as regiões do Brasil existem inúmeras micro e pequenas empresas fabricante de móveis, as chamadas marcenarias.

Conforme ABIMÓVEL (2018), a indústria moveleira pode ser segmentada em: a) móveis residenciais (dormitórios, sala de estar, cozinhas, entre outros); b) móveis para escritório e c) móveis institucionais. Referente ao processo produtivo, este pode ser seriado ou sob encomenda (planejados/modulados). Sendo que a principal matéria-prima utilizada na produção dos moveis são as chapas de madeira reconstituídas, e o principal cliente dessa indústria é o setor moveleiro para a fabricação de móveis retilíneos seriados. Para se ter uma ideia deste setor, em 2018

foram consumidos 573 mil m³ de chapas pela indústria moveleira, e no ano de 2017 o consumo foi de 505 m³ (IBÁ, 2017).

Quanto à origem das chapas reconstituídas, essa se deu da necessidade de aproveitamento de restos de madeiras de serrarias em 1887 nos Estados Unidos, e em 1905 foi instalada a primeira fábrica de aglomerado que se difundiu com muita rapidez por todos os grandes centros indústrias e comerciais do mundo, chegando ao Brasil em 1965 (CARNOS, B 1988). A partir dos anos 90, as empresas brasileiras investiram em modernização tecnológica, maiores parques fabris o que conferiu ao produto melhores características de resistência (VIDAL e HORA, 2014)

Hoje, a principal matéria-prima usada para a produção dos painéis de madeira são as espécies provenientes das florestas plantadas de Eucaliptos e Pinos, (PEDRAZZI et al., 2006) que dão origem a vários produtos como:

- MDP: painel produzido pela aglutinação e compactação de partículas de madeira posicionadas de forma diferenciada com adição de adesivo sintético, sob a ação conjunta de pressão e calor, com as maiores dispostas ao centro e as mais finas nas superfícies externas formando três camadas.
- HDF: é produzido com fibras de madeiras selecionadas, com resina termofixada por pressão e alta temperatura, o que garante estabilidade dimensional, superfície uniforme e lisa.
- MDF: são constituídos por fibras de madeira com umidade menor que 20% na linha de formação, por processo seco, e densidade ao redor de 600 kg/m³ a 900 kg/m³ moldados sob a ação de calor e pressão com adição de adesivo sintético.

Para Casagrande Jr et al., (2008) a indústria moveleira além de usar as chapas como matéria prima, também transformam outros elementos como o plástico, metal, tecidos e outros em seu processo produtivo. Essa produção traz consigo uma nova problemática em relação a forma de gerenciamento dos resíduos. Desse modo, “ao propor formas de utilização desses resíduos deve-se avaliar o seu potencial e qualidade, assim como os possíveis danos ao meio ambiente” (CUNHA et al., 2018), evitando-se, assim, que esses materiais sejam descartados em locais que causem danos ao meio ambiente.

Visto essa necessidade, nascem oportunidades de estudar possibilidades que melhorem o manuseio dos resíduos dentro das pequenas e das microempresas,

para que possa, de maneira efetiva, obter lucros, evitar desperdícios e inovar nos processos de fabricação.

2.4 Valorização de Resíduos e o Design de Produto

Por muito tempo os resíduos foram considerados como lixo e sem valor. Hoje, porém com a preocupação e ampliação da consciência coletiva relacionada ao meio ambiente, da preservação das fontes naturais de recursos e insumos, da competitividade e do uso da tecnologia, boa parte dos resíduos provenientes de diferentes processos são reaproveitados para outros fins, ora dentro do próprio sistema produtivo e ou até mesmo servindo como matéria prima para outro produto.

Esse aproveitamento ganha força com a percepção de ganhos dos gestores em relação a diminuição da produção residual, a redução de gastos desnecessários e até mesmo a geração de ganhos financeiros (Giannini, 2009). Para Melo e Rodrigues (2017) os resíduos passaram a ser reconhecidos como valor de comercialização, fazendo com que grande parte deles sejam aproveitados para outros fins, a exemplo do que acontece na indústria siderúrgica onde a escória produzida serve como matéria prima para a produção do cimento.

Muitos são os benefícios trazidos pelo aproveitamento de resíduos em virtude da sua valorização, tanto para as empresas como para toda a sociedade. Lopes (2009) destaca algumas vantagens, entre elas a criação de postos de trabalho e capacitação da mão de obra não especializada, agregando valores aos resíduos, incentivando a economia, proporcionando novas fontes de renda para os envolvidos, além de contribuir com a preservação do meio ambiente.

Estudos investigam possibilidades de reaproveitar diversos tipos de resíduos a partir da reciclagem, que permite que os materiais sejam reaproveitados como matéria prima, aliando consciência ecológica ao desenvolvimento tecnológico e econômico (ALONGE et al. 2014). Para que se possa ter uma redução de resíduos, minimizando a pressão sobre a natureza, os resíduos podem ser aproveitados como insumo em novos processos produtivos, resultando na redução da demanda por processos naturais (TEIXEIRA e COUTO, 2016).

Conforme Alonge et al. (2014) explorando os resíduos agroindustriais existe a possibilidade de se criar novos tipos de polímeros, podendo ser ainda mais leves,

mais resistentes e muito mais sustentáveis do que os já existentes no mercado. Para Calegari e Oliveira (2016), os compósitos derivados de recursos renováveis, tais como as fibras naturais e os polímeros originados de biomassa, são alternativas mais ecológicas para desenvolver novos produtos, pois observam o cuidado com o meio ambiente. Assim, deve-se ter bastante claro que a sustentabilidade busca uma nova postura do designer a fim de gerar novos produtos, observando todo o ciclo de vida dos novos produtos (YAMADA et al. 2017).

Deve haver observância no desenvolvimento de novos trabalhos de pesquisa para que se contemple a utilização de resíduos como matéria-prima básica na transformação de bens úteis para a sociedade. Na indústria de cerâmica, Casagrande et al.(2008) afirmam que é perfeitamente viável o reaproveitamento de resíduos provenientes do processo final de produção como matéria prima no processo de fabricação de revestimentos cerâmicos e que o próprio processo para a reutilização é compatível com aquele já empregado pela indústria, viabilizando o processo sem modificações nos layouts empresariais.

Logo, a valorização dos resíduos, sempre que econômica e tecnicamente viável, é uma excelente alternativa de uso, uma vez que oferece uma solução para o problema do descarte inadequado e pode ajudar, até mesmo, a reduzir os custos de produção (LOPES, 2009). Contudo, Cunha et al. (2018) chamam a atenção ressaltando que a utilização de resíduos deve ser feita a partir de programas e de mecanismos que agreguem valores de produção, de maneira a aumentar a competitividade das empresas, contribuindo para a manutenção e para criação de novos empregos.

Focalizando o setor industrial moveleiro, os processos produtivos de móveis com as chapas de madeira processada geram quantidades significativas de resíduos, os quais nem sempre tem uma destinação correta. Cunha et al. (2018) apontam que a comunidade científica está colaborando com as possíveis sugestões e destinos para os resíduos, como a produção de carvão ativado, a fabricação de composto madeira-plástico, a exploração para fins energéticos e geração de gás. Além dessas destinações, Weber e Iwakiri (2015) discursam que o aproveitamento dos resíduos madeireiros deve favorecer a fabricação de novos painéis dentro da empresa de forma que não comprometa as suas propriedades mecânicas e físicas.

Da mesma forma, com o aproveitamento de resíduos de madeira, também surge a possibilidade do desenvolvimento de compósitos. O desenvolvimento de compósitos com base em materiais de fontes renováveis, com união com resíduos provenientes de fontes não-renováveis, é uma alternativa viável para o desenvolvimento de novos produtos. Louzada Jr et al. (2017), afirmam que tem crescido a utilização de materiais compósitos de resíduos de madeira na fabricação de produtos, substituindo o uso de materiais usuais por material agregado tecnológico e o forte apelo de sustentabilidade.

Todas essas possibilidades de criação de novos materiais utilizando resíduos como matéria prima para o desenvolvimento de produtos, traz para o designer de produto uma grande responsabilidade na escolha e aplicação dos materiais, podendo exercer um importante papel na competitividade das empresas. Manzini e Vezzoli (2016) reforçam que dentro do âmbito de competência do design muitas alternativas de baixo custo ambiental podem ser proporcionadas durante todas as fases produtivas do produto, considerando o ciclo de vida e todos os processos que caracterizam sua confecção.

Exemplo de como o design de produto pode valorizar os diversos tipos de resíduos é dado por alguns designers brasileiros que possuem notoriedade internacional na produção de peças que valorizam resíduos. Entre eles podemos destacar os irmãos Campana e Domingos Totorá.

Os irmãos Campana inserem características de sustentabilidade em alguns dos seus trabalhos. Tais peças são produzidas a partir da reutilização de materiais, como plástico, borracha, bichos de pelúcia, cordas e tijolos, ressignificando objetos e atribuindo um novo uso para os materiais descartados, onde cada peça possui caráter único e, por isso, muitas vezes ganha status de obra de arte.

Os irmãos Campana rompem a fronteira existente entre arte e design. As figuras abaixo mostram duas de suas obras que projetou o Brasil no cenário internacional do design e entrou para a história do design mundial.

Figura 1- Cadeira Favela, 1991.



Fonte: Site Instituto Campana.

Figura 2- Poltrona Vermelha (1993-1998).



Fonte: Site Instituto Campana.

Domingos Tótorá, inventou a matéria-prima com a qual trabalha, desenvolveu processos e métodos para valorizar os resíduos através do uso do papelão como fonte de matéria para seus trabalhos, que fica entre arte e design, mantendo produção que dialoga com a sustentabilidade. Suas peças incluem bancos, mesas, acessórios, entre outros. O trabalho do designer é sustentável em todos os níveis – da matéria prima aos aspectos sociais e econômicos (CAVALCANTE e PRADO, 2005).

A importância do design está intrinsecamente ligada ao aproveitamento e ao desenvolvimento de produtos que contribuam com a sustentabilidade nos aspectos, social, ambiental e econômico. Fica claro que toda ação e todo o conhecimento sobre os resíduos, bem como a forma de aproveitamento, pode contribuir para reduzir os impactos negativos sobre o meio ambiente, criar oportunidades e envolver a sociedade no processo para valorizar os resíduos.

Figura 3- Banco Kraft (2011).



Fonte: Site domingostora.com.br.

Figura 4- Poltrona Leiras (2013).



Fonte: Site domingostora.com.br.

2.4.1 Conceito de compósitos

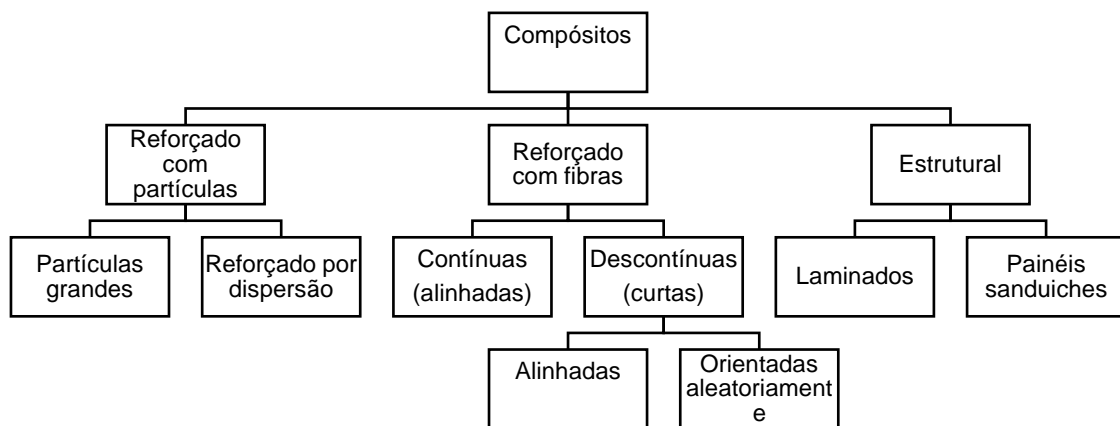
De acordo com a norma ASTM D 3878-95, compósito é um produto obtido a partir da união de dois ou mais materiais insolúveis entre si, com o intuito de formar um novo material. Segundo Callister e Retwisch (2015), “um compósito pode ser considerado como qualquer material multifásico que exibe uma proporção significativa das propriedades de ambas as fases constituintes, tal qual é obtida melhor combinação de propriedades”. Dessa maneira, os compósitos podem ser formados por diversos componentes a partir da união dos diferentes materiais de forma a obter produto com maior qualidade das propriedades mecânicas e físicas.

Em geral os compósitos são formados a partir de dois constituintes, uma intitulada de matriz e a outra de fase dispersa também chamada de reforço

(CALLISTER E RETWISCH,2015). A matriz confere estrutura ao material, podendo ser polimérica, metálica ou cerâmica e o reforço proporciona força, rigidez e realça as propriedades entre elas, as mecânicas, eletromagnéticas e químicas do material.

De acordo com Callister e Retwisch (2015), os compósitos são classificados em função do tipo da matriz, da natureza e da geometria do elemento de reforço, conforme Figura 5.

Figura 5- Classificação de compósitos.



Fonte: Callister e Retwisch(2015).

Compósitos reforçados por partículas podem utilizar em sua constituição partículas grandes e dispersão. As partículas grandes são responsáveis por uma fase mais rígida e dura que a matriz, quando reforçados por dispersão, as partículas têm como objetivo aumentar sua resistência (CALLISTER E RETWISCH,2015). Compósitos reforçados por fibras proporcionam melhor relação entre a alta resistência e rigidez em relação ao peso, logo são subdivididos em fibras contínuas e fibras descontínuas, podendo ser: A) alinhadas: o que confere valores de módulo de elasticidade e de limite de resistência à tração próximos aos de compósitos com fibras contínuas, ou B) orientadas aleatoriamente: possuem menor custo de produção, porém possuem menor eficiência mecânica em relação aos de fibras contínuas (CALLISTER E RETWISCH,2015).

Ainda para os mesmos autores, os compósitos estruturais podem ser tanto produzidos a partir de materiais homogêneos quanto por materiais distintos, os mais comuns são: A) laminados: possuem alta resistência em todas as direções, ou B) painéis sanduíche: baixo peso, com rigidez e resistência considerada.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa aplicada quanto à sua natureza e caracteriza-se por seu interesse prático. Conforme Prodanov e Freitas (2013), esse tipo de pesquisa “tem por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos”. Apresenta ainda caráter exploratório e visa reunir informações de conhecimentos adquiridos em outras pesquisas já realizadas para desenvolver material compósito, e identificar suas propriedades por meio dos ensaios e experimentos laboratoriais, comprovando sua viabilidade técnica e de uso.

A pesquisa fundamenta-se na abordagem quali-quantitativa, uma vez que procura priorizar tanto o processo da pesquisa como estabelecer conhecimento mais aprofundado sobre os resultados e análises estatísticas do material desenvolvido, por exemplo.

Como método de pesquisa é utilizado o experimental, que segundo Marconi e Lakatos (2011), trata de “levantamentos explicativos, avaliativos e interpretativos, que tem como objetivo a aplicação, a modificação e ou a mudança de alguma situação”, o que confere um maior controle sobre as variáveis a serem experimentadas.

Os procedimentos metodológicos que nortearam a execução desta pesquisa seguiram os passos:

3.1 Procedimentos metodológicos

Esta fase da pesquisa está dividida em três etapas: a) revisão sistemática da literatura; b) estudo de caso com empresa fabricante de móveis modulados; c) Projeto-Piloto de desenvolvimento do compósito/caráter experimental.

3.1.1 Revisão Sistemática da Literatura

Para este estudo foi utilizada o método de mineração de dados de Blum, Merino e Merino (2016), cujos objetivos foram encontrar referências de métodos e

técnicas produtivas empregadas na confecção de compósitos com fibras e particulados, normas para a realização de ensaios para verificação de viabilidade técnica de compósitos e orientações quanto a possíveis aplicações em produtos.

3.1.1.1 Mineração de Dados

O levantamento desta busca se deu entre os dias 05 à 23/08/19, no portal CAPES (Portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Ensino Superior) para acessar artigos nas plataformas de publicações. Para a extração de padrões foram utilizadas as palavras-chave “*Composite, natural fibers, vegetable fibers, MDF*”, utilizando-se o booleano “AND” como intercessor para os termos de busca na área de conhecimento da engenharia e subcategoria de engenharia de materiais com as plataformas *Science Direct, Materials Science & Engineering Database* e *Elsevier*. Foram feitas, ainda, combinações entres as palavras, usando o idioma inglês e português. Foi utilizada como redução de busca as publicações realizadas entre os anos 2010 a 2019, por tratar-se de pesquisas mais recentes e, também, refinou-se mais a busca por tópicos entre “*fibers, compósito, Composite materials, wood*”.

Por meio da leitura dos títulos foram selecionados inicialmente 62 artigos, por estarem de acordo com o objetivo desta pesquisa. Posteriormente 33 artigos foram escolhidos pela leitura dos resumos, direcionando ao pós-processamento de dados. Com a leitura mais aprofundada da metodologia e resultados, foram extraídas 25 pesquisas de maior interesse, por tratarem de desenvolvimento, produção e ensaios de compósitos. Os itens grifados no quadro são referentes as pesquisas relacionadas aos resíduos de MDF. Os resultados dessa busca são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3- Publicações selecionadas através de Mineração Visual de Dados.

Autores	Material	Processo	Ensaio
Sanchez et al (2010).	Resina de poliéster bagaço de cana- de-açúcar	Mistura manual Moldes Pressão Temperatura ambiente. Cura.	Resistência ao impacto (ASTM D256) Flexão (ASTM D790) Tração (ASTM D638) Análise dinâmico-mecânica
(Hillig. et al.,	Resíduo de madeira	Caracterização	Tração, flexão e impacto -

2011)	de pinus. MDF. Serragem de madeira de eucalipto. Polietileno de alta densidade virgem	granulométrica. Mistura por meio de extrusão. Mistura manual. O material extrusado transformado em pellets. Resfriamento. Acondicionado.	ASTM D638, D790 eD256. Calorimetria diferencial de varredura (DSC). Microscopia eletrônica de varredura (SEM) Resistência à flexão e MOE Resistência ao Impacto
Cunha et al(2013).	Gesso E Coco	Mistura Molde preenchido compondo um sanduíche de gesso + fibra + gesso.	Determinação de propriedades termo físicas.
Chavooshi e Madhoushi 2013).	Pó de MDF Pó de alumínio Polipropileno	Pesagem Mistura Prensagem a quente	Resistência à flexão, à tração, resistência à retirada dos fixadores, força de extração de pregos e parafusos- CEN / TS15534: 2007 Inchamento da espessura (TS) e absorção de água (WA)- ASTM D 570. Microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo (FE-SEM)
Binhussain e El-Tonsy (2013).	Resíduos de plástico Folhas de tamareira.	Secagem Trituração Desinfecção Lavagens em água. Compactação Mistura- mecânica. Extrusão Prensagem compressão hidráulica	Density ASTM D-792. Water absorption ASTM D-570-95. Hardness ASTM D2240. Tensile strength ASTM D638M-93 Impact test ASTM D-6110 Flexural ASTM D790M-93. The thermogravimetric analysis (TGA)
(Silva et al. 2013	Partículas de Madeira Leucena Resina poliuretana vegetal	Corte das partículas. Mistura manual. Molde. Prensa hidráulica calor e pressão. Desmoldagem Cura	Avaliação do módulo de resistência à flexão (MOR) Avaliação da densidade aparente e teor de umidade.
Lemos e Martins. (2014)	Biopolímero Poli (ácido láctico) Compósitos	Mistura manual Processo de extrusão. Pré-aquecidos em prensa	Resistência à tração. Elasticidade resistência à flexão.

	poliméricos Fibras vegetais (Madeira e coco)	quente Resfriados	Caracterização térmica (DSC) Microscopia eletrônica de varredura (MEV)
Cravo. Et al. (2015)	Casca de amendoim Fibra de coco Resina poliuretana à base de óleo de mamona.	Secagem /Moagem Pesagem Misturas Molde Prensagem (calor e pressão) Cura	Densidade aparente Módulo de ruptura (MOR) Módulo elasticidade (MOE) Absorção e inchamento Microscopia eletrônica de varredura (MEV).
(Fiorelli et al (2015).	Fibras da casca de coco. Resíduos de Pinus. Resina PU-mamona. Resina ureia- formaldeído.	Coleta dos resíduos Processamento Mistura mecânica Aspersão da resina. Molde. Prensa termo hidráulica. Cura.	Densidade aparente Inchamento e absorção de água Módulo e elasticidade na flexão (MOE) Módulo resistência na flexão (MOR) Adesão interna (AI)- NBR 14810-3.
(Barreto. et al., 2016)	Poliuretano semiflexível Serragem de madeira (pó e raspa)	Mistura mecânica. Molde de aço. Prensagem Cura Desmoldagem	Densidade Aparente Condutividade térmica, calor específico, resistividade e difusividade.
(Protzek. et al(2016)	Serragem de Pinus <i>taeda</i> Poliuretano Polibond	Mistura com homogeneizador. Molde metálico. Prensa hidráulica com carga.	Densidade -EN 323:2002 Absorção de água-EN 317:2002. Inchamento de espessura- EN 317:2002.
(Gomes et al., 2017)	Resíduo de MDF Resina de poliéster	Mistura Molde Prensa pressão Cura	Tração- ASTM D638-03 Flexão em três pontos- ASTM D790-10 Densidade Absorção de água -ASTM 570-88
Taylor et al. (2017).	Fibra de Linho Resina epóxi Resina natural soja	Preparação das fibras Mistura Moldagem Prensa pressão/frio Cortes	Tração -ASTM D3039 Flexão de três pontos - ASTM D790. Resistencia ao cisalhamento-ASTM D2344.
Pappu e Kumar. (2017).	Cinzas volantes Folhas de sisal Resina epóxi	Extração das folhas Secagem Limpeza.	Tração ASTM D 638 Densidade ASTM D792. Flexão- ASTM D790

		Mistura e fundição moldagem por compressão	Microscópio eletrônico de varredura de emissão de campo (FESEM).
Sánchez, Morales e Caicedo (2017).	Fibra de bambu Resina de poliuretano vegetal derivado de uma planta conhecida como hiquerilla"	Eliminação da lignina Lavagem e secagem Extração mecânica Cortadas e misturadas Moldagem manual Compactação. Prensa hidráulica Cura.	Densidade, teor de umidade, capacidade de absorção e porcentagem de inchamento- ASTM D2395- 14 e ASTM D4442-16.
Calegari e Oliveira (2016).	Poliuretano vegetal Resina poliéster Casca de arroz Resíduo do papel	Secagem Pesagem Mistura Molde metálico Prensagem hidráulica	Microscopia eletrônica de varredura (MEV) Aderência da matriz no reforço
(Quirino, 2010)	Fibra de açaí Resina natural	Tratamento das fibras. Armazenagem Mistura materiais. Prensagem Moldagem	Densidade. Absorção e inchamento (2 e 24 horas) Flexão estática Tração Perpendicular Arrancamento de parafuso e dureza – ABNT NBR 14810:2, NBR 14810-3 e ANSI A208:1.
Mesquita et al. (2018)	Fibra de malva Fibra de vidro Resina poliéster	Preparação das fibras Mistura Molde Cura Desmoldagem	Tração - ASTM D638-01 Flexão de três pontos- ASTM D790-00 Impacto -ASTM D256-10 A absorção de água -ASTM D570-98 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)-DSM 940 ^a
(Varanda et al., 2018)	Resíduos de madeira de Pinus Resíduos de casca de aveia Poliuretano à base de óleo de mamona Formaldeído de melamina.	Partículas moídas Pesagem Mistura mecânica Prensa mecânica manual Prensa mecânica calor e pressão Desmoldagem Cura	Inchamento da espessura Absorção de água. Densidade e razão de compactação. NBR 14810 Análise de variância (ANOVA)
(Buzo, 2018)	Bagaço de cana-de- açúcar. Partículas de Pinus	Secagem e limpeza dos resíduos. Caracterização	Inchamento e absorção de água, densidade e teor de umidade.

	taeda e Pinus elliottii. Poliuretano derivado de óleo de mamona. Resina ureia-formaldeído	granulométrica Mistura mecânica. Acomodação das partículas. Molde Pré prensagem manual. Prensa hidráulica calor e pressão. Cura	Tração perpendicular, módulo de elasticidade e resistência à flexão estática- ABNT NBR 14810-2.
Antônio et al(2018).	Casca de arroz Cortiça expandida Pneus reciclados Poliuretano à base de tdi pré-polímero	Mistura dos materiais Enchimento com poliuretano Moldes em prensa térmica	Thermal conductivity en 12667:2001 e ISO 8302:1991 Compressive strength The dynamic stiffness ISO 9052-1:1989 Improvement in impact sound insulation, standards ISO 10140-1:2010. The sound absorption en ISO 10534-2:2001
Alcântara e Mendes (2018).	Fécula de mandioca Água	Mistura manualmente Molde. Forno para expansão do material. Resfriamento. Espuma porosa, leve e rígida.	Massa específica- ASTM D792. Condutividade térmica e difusividade térmica. Dureza ASTM D2240 Microscopia eletrônica de varredura (MEV). Inflamabilidade -Norma UL94
(Freitas e Lenz, 2019)	Resíduos de MDF, MDP e OSB. Resina à base de tanino	Moagem e classificação Secagem mecânica Mistura Pré-prensagem frio. Prensagem mecânica calor e pressão. Cura em temperatura ambiente.	Teor de umidade, densidade, Inchamento. Arrancamento de parafuso topo e superfície Resistência à flexão e modulo de elasticidade Absorção de Água Caracterização termogravimétrica. NBR 14810-2/2013
(Rosa, 2019)	Sabugo de milho. Resina de mamona.	Caracterização granulométrica Mistura manual. Moldes Prensagem manual. Cura	Condutividade térmica- ASTM C-518. Análise TGA. Flexão NBR 13279. Densidade de massa NBR 11356

(Shirosaki, 2019)	Partículas de madeira de Pinus Resina poliuretana derivada da mistura de óleos vegetais.	Pesagem Mistura manual Mistura mecânica Prensa mecânica manual de sob pressão Prensagem final sob pressão e calor. Cura.	Densidade, inchamento em espessura e absorção de água. Módulo de elasticidade (MOE) Módulo de ruptura (MOR). Tração perpendicular. Arrancamento de parafuso de superfície e topo (APT). Análise de variância (ANOVA)
-------------------	---	---	---

Fonte: Mineração de dados, 05 a 23/08/19.

No Quadro 3 são relacionados estudos que utilizam diversos tipos de componentes constituintes em seus compósitos, cujo objetivo visa aproveitar resíduos de maneira a contribuir com materiais mais amigáveis para o meio ambiente e evitar desperdícios e emissões.

Foi observado que na composição dos compósitos com matriz polimérica utilizam-se tanto as resinas sintéticas derivadas do petróleo, quanto às resinas naturais derivadas de plantas, sementes entre outros. As resinas sintéticas são amplamente utilizadas e conforme Buzo (2018) e Varanda (2018) oferecerem vantagens tais como: baixo custo, resistência química, facilidade simplificada no processo produtivo por moldagem, boa resistência a altas temperaturas, uniformidade, boa compatibilização com os reforços, além de ser uma matéria-prima de fácil acesso.

As resinas vegetais utilizadas como matrizes são isentas de solventes, possibilitando seu manuseio e aplicações sem cuidados especiais, já que não possuem toxicidade, e seu uso é mais indicado por ser considerada ecologicamente correta (ROSA, 2019). Apresentam ainda a vantagem de contribuir para a melhoria das propriedades mecânicas, físicas e químicas dos compósitos pelo seu excelente desempenho, se destacando por sua eficiência energética, em razão de possibilitar cura a frio (SHIROZAKI, 2019).

O alto custo ainda é uma das barreiras relacionadas as desvantagens da utilização da resina vegetal. Contudo Silva. et al., (2013) conclui estudos direcionados a empregar quantidades menores de resina podem favorecer a diminuição dos custos finais do produto, de modo que sejam mais utilizados pelas

indústrias. O que é visto, por esta pesquisa, como uma oportunidade para aprofundamento de estudos com esse fim.

Procedimentos de produção de compósitos, usando a compactação sem serem submetidos ao calor, demonstraram que as propriedades físicas e mecânicas avaliadas foram superiores ao das normas utilizadas, confirmando que a cura a frio é um procedimento válido (BARRETO. et al., 2016; CALEGARI. et al., 2016; PROTZEK. et al., 2016; Rosa, 2019). No entanto, outros estudos sugerem que a qualidade dos compósitos é superior quando prensadas sob temperatura e pressão até 100°C (BUZO, 2018; FIORELLI et al., 2015; SHIROSAKI, 2019).

Autores como Fiorelli et al. (2015) e Varanda et al. (2018), fazem comparativos entre a confecção de compósitos utilizando como matriz tanto a resina sintética quanto a resina vegetal. Ambas as pesquisas apresentam resultados favoráveis na utilização da resina vegetal em detrimento à resina sintética, pois em ambos estudos a resina vegetal apresentou potencialidade para o uso na produção de compósitos a serem utilizados em diversas situações, tais como indústria moveleira e áreas afins.

As fibras naturais são citadas em alguns estudos como excelente reforço para o desempenho mecânico de compósitos, possuem propriedades de baixa densidade, com características de resistência e rigidez e ainda oferece a vantagem de contribuir favoravelmente para a busca por materiais sustentáveis, com o reaproveitamento de resíduos, produção de baixos custos, economia de energia, diminuição dos impactos negativos ao meio ambiente, estabelecendo ótima relação com o consumo consciente dos recursos naturais (CHAVOOSHI e MADHOUSHI, 2013).

Algumas das fibras aproveitadas, tais como o bagaço de cana-de-açúcar, sabugo de milho, casca de amendoim, casca de arroz, fibras de coco e açaí, castanhas, mandioca e madeira cooperam para a criação de novos materiais que são aplicados desde utensílios de cozinha até naves espaciais (SANCHEZ et al, 2010; ROSA, 2019; CRAVO. et al, 2015; CALEGARI e OLIVEIRA, 2016; ANTÓNIO et al, 2018; ALCÂNTARA e MENDES, 2018; BUZO, 2018 e QUIRINO, 2010)

Os estudos demonstraram que fatores como o tamanho da fibra pode ser fundamental para o bom desempenho físico e mecânico do compósito, quando homogêneo com a matriz, surgindo materiais mais leves, resistentes, baratos e ecológicos (BUZO, 2018).

Quanto aos compósitos desenvolvidos com partículas de madeiras, de granulometria fina, média e grossa provenientes do processo de serragem, podem influenciar positivamente nas propriedades químicas e mecânicas (HILLIG. et al., 2011). As partículas podem ainda ser consideradas como um eco compósito, por substituir a madeira natural empregada nas indústrias, sendo a sua utilização uma ótima alternativa para ajudar na preservação do meio ambiente (BARRETO.; CUNHA.; MENDES., 2016; PROTZEK. et al., 2016).

Diante da análise dos estudos relacionados no Quadro 3, referentes aos processos de confecção de compósito, normas e ensaios utilizados pelos autores para validar e identificar as propriedades dos materiais obtidos, definiu-se utilizar as etapas definidas por Quirino (2010) para o processo de confecção do compósito pretendido por esta pesquisa. A Norma Técnica utilizada para identificar as propriedades do material, viabilizando os resultados será a NBR 14810-2 (ABNT, 2018).

Com a mineração de dados foi possível verificar o estado da arte do desenvolvimento de compósitos usando resíduos de MDF como reforço, e resinas diversas como matriz (grifados em cinza no Quadro 3). Foi constatado também pela busca que não existem outros estudos idênticos ao aqui proposto, o que atesta o caráter de ineditismo desta pesquisa.

Uma vez definido o processo produtivo do compósito e a norma a ser utilizada para a realização dos ensaios, bem como comprovado o ineditismo da pesquisa, a etapa seguinte trata-se do estudo de caso.

3.1.2 Estudo de Caso

Para esta fase da pesquisa, recorreu-se a Gil (1995), que diz não existir um roteiro rígido a seguir para um estudo de caso, mas o autor recomenda as fases: 1) delimitação da unidade-caso; 2) coleta de dados, 3) análise e interpretação dos dados; 4) elaboração do relatório.

O estudo de caso teve a finalidade de propiciar a compreensão do fenômeno no contexto real, e ajudar no diagnóstico ou identificação da existência do desperdício de matéria-prima oriundas dos processos produtivos da marcenaria,

bem propiciou identificar os tipos de resíduos gerados e sua destinação. O estudo de caso ajudou ainda na definição e escolha de qual matéria-prima (resíduo) a ser utilizado na confecção do compósito. A empresa visitada que gerou o estudo de caso é apresentada no próximo tópico.

3.1.2.1 Empresa Comodita móveis planejados

A Empresa Comodita Moveis Planejados atua no ramo da indústria de transformação, no subsistema de mobiliário com móveis institucionais, móveis comerciais, móveis hospitalares e móveis residenciais. A empresa utiliza como matéria-prima o MDF e MDP fornecido pela indústria Berneck. Está localizada na cidade de Manaus, Estado do Amazonas, sendo parte do macrossistema “Norte Brasileiro”. Atualmente a empresa emprega cerca de 30 funcionários e já atua no mercado de mobiliário desde 2013, atendendo o mercado regional.

O setor que desenvolve os projetos possui equipamentos de informática específicos, como computadores modernos que auxiliam no desenvolvimento dos projetos pelos designers, assim como fazem uso de softwares específicos que calculam quantidades, tipos de cortes a serem feitos nos painéis, perdas e melhores alternativa para aproveitamento da chapa de MDF ou MDP.

No setor da indústria, possuem maquinários modernos que possibilita desenvolver projetos das mais diversas complexidades, como as cortadeiras a serra, cortadeiras a laser, lixadeiras, furadeiras e coladeiras.

O processo produtivo da empresa, compõem-se de 2 etapas o atendimento ao cliente e a produção, descrito a seguir:

Etapa 1: Atendimento ao cliente até o fechamento da venda;

- O cliente solicita o projeto que será desenvolvido pelos designers com auxílio de programa computacionais de visualização 3D (PROMOB).
- O projeto é apresentado e assim que aprovado pelo cliente, uma conferência de medidas é realizada;
- A conferência do projeto é realizada ainda no programa de 3D por meio de confirmação das medidas tanto do ambiente onde será montado o móvel quanto das medidas no local;

- Posteriormente o projeto é enviado para um novo programa computacional (Corte Certo) que tem como finalidade: calcular a quantidade de material a ser utilizado, bem como a melhor forma de aproveitamento das chapas e as delimitações de cortes. Um relatório é gerado apontando o uso e as sobras dos painéis.
- Após a verificação, a compra do material é feita e aguarda o início da produção.

Etapa 2: Produção.

- O primeiro processo de produção é o de corte, em que os painéis de MDF são cortados conforme as medidas pré-determinadas, assim que cortadas são empilhadas para receber o acabamento de bordas.
- As fitas de borda são coladas com processo automatizado e manual para melhor acabamento.
- Caso o projeto especifique, pequenos cortes e furos são feitos pelos marceneiros e em alguns casos é necessário lixar e pintar algumas superfícies.
- Após o manuseio as peças são conferidas etiquetadas e embaladas para entrega.

Foi observado durante visita técnica que a empresa produz resíduos dos processos de corte, furação e lixamento, assim como várias são as formas, tamanhos e tipos de sobras desses processos. Para organização deste trabalho, os resíduos foram classificados em três categorias: os maiores, com dimensões acima de 0,25 m²; médios com dimensões menores que 0,25 m² e o pó oriundo da serragem e do lixamento.

No processo de corte além das sobras estipuladas pelo programa Corte Certo, o pó resultante é coletado e armazenado em sacos de tecidos acoplados a máquina (Figura 6).

Figura 6- Máquina de corte e sacos de depósito do pó.



Fonte: arquivo da pesquisa

São ainda utilizados como lixeiras alguns tambores metálicos com capacidade de 200 litros (Figura 7 e 8), para armazenar os resíduos industriais. Esses resíduos são posteriormente aproveitados para calços, enchimentos de portas, regularização de níveis e outros.

Figura 7- Tambores para dispor resíduos.



Fonte: arquivo da pesquisa

Figura 8- Tambores para dispor resíduos.



Fonte: arquivo da pesquisa

Foi observado ainda durante a visita técnica que embora a empresa se preocupe com a disposição dos diversos resíduos na fábrica a destinação, tratamento e separação dos rejeitos não acontecem de forma correta. Os tambores metálicos utilizados para este fim não são suficientes e quando transbordam, peças grandes e pequenas que poderiam ser aproveitadas novamente na produção juntam-se ao lixo e são colocadas junto com o lixo comum da fábrica, (Figuras 9 e 10). Não existe também uma coleta seletiva para separar o lixo doméstico (sacos plásticos, garrafas, restos de alimentos e materiais de escritório) dos resíduos da produção impossibilitando o aproveitamento.

Figura 9- Disposição dos resíduos



Fonte: arquivo da pesquisa

Figura 10- Disposição dos resíduos



Fonte: arquivo da pesquisa

As sobras maiores com tamanhos e espessuras variadas são empilhadas em um canto da fábrica para posterior uso (Figuras 11 e 12). Essas sobras muitas vezes retornam ao processo produtivo da empresa, porém muitas vezes são inutilizadas por riscos e desgastes devido a forma de armazenamento.

Figura 11-Disposição dos retalhos.



Fonte: arquivo da pesquisa

Figura 12- Disposição dos retalhos.



Fonte: arquivo da pesquisa

3.1.2.2 Consumo de matéria prima

A empresa possui consumo médio mensal de 250 chapas de MDF com dimensões de 2,75m x 1,83m para a produção dos móveis, que corresponde aproximadamente 18,87m³. Todavia, esse consumo se relaciona com a demanda, podendo variar de acordo com as necessidades do mercado.

Na visita técnica foi estimado o cálculo de duas pilhas de resíduos de MDF acumulados no período de 6 meses. As dimensões estimadas foram de: Pilha 1 = 2.40x2.90x0.55=3,83M³ e outra de Pilha2=2.40x3.20x2.30=17,64M³ que somadas correspondiam à 21,47M³. Foi relatado pelo proprietário que 7 tambores de 200 litros dos resíduos maiores são enchidos por semana e que 8 sacos com capacidade de 50 litros com pó de serragem são retirados da empresa a cada 3 dias, em média.

Por mais que softwares modernos sejam utilizados para aproveitar o máximo das dimensões dos painéis de MDF, ainda assim são produzidos muitos resíduos e retalhos que não são aproveitados pela empresa. Os resíduos maiores são armazenados com a intenção de reutilizá-los na produção, como retalhos que dão apoio as montagens dos moveis. Mas o pó de MDF não possui formas de aproveitamento em nenhuma etapa do processo produtivo dos móveis. É inevitável o acúmulo de pó de serragem por se tratar de uma etapa básica produtiva, a consequência para o meio ambiente é que esse resíduo representa perdas de matéria-prima e ao mesmo tempo representa danos ao meio ambiente em razão do

descarte inadequado, pois foi observado durante visita que não se sabe ao certo o destino que é dado ao pó de serragem de MDF.

O pó de serragem e os resíduos maiores não aproveitados pela marcenaria são coletados por empresa terceirizada, resultando em alto custo mensal que, somados as perdas econômicas da matéria-prima não aproveitada na confecção dos móveis, representam grande desperdício financeiro, já que se paga uma vez pela compra da matéria-prima e uma segunda vez pelo seu descarte.

3.1.3. Confecção do Compósito

Os materiais utilizados para a confecção do compósito (painel) foram o resíduo de MDF (pó), gentilmente cedido pela empresa Comodita móveis planejados, e a resina base de poliuretano vegetal (do óleo de mamona), bi componente, formulada pela mistura a frio de um pré-polímero (componente A) e um poliól (componente B), de referência AGT 1315, doada pela empresa Imperveg, localizada na cidade de Aguaí-SP.

O pó de MDF foi coletado manualmente direto da máquina de corte e colocado em um saco plástico e armazenado, não recebendo nenhum tratamento antes da produção.

Figura 13-a) pó de MDF; b) poliól e c) pré-polímero.



Fonte: arquivo da pesquisa

3.1.3.1 Método

Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Materiais Amazônicos e Compósitos – LaMAC, na Faculdade de Tecnologia (FT) da Universidade Federal

do Amazonas – UFAM, seguindo o processo produtivo adotado por ara a produção de painéis compósitos e as normas NBR 14810-2: 2018 e 15316-2: 2015.

Produção dos painéis

A produção dos painéis foi dividida em três fases. Sendo:

- A primeira fase: confecção do painel piloto e a realização dos ensaios preliminares para determinar as propriedades do material, entre eles: a) Determinação da Espessura, do Comprimento e da Massa dos Corpos de Prova; b) Determinação da Densidade; c) Determinação de Absorção de água e d) Determinação do Inchamento por 2 e 24h.
- A segunda fase: produção do painel 2 e realização dos ensaios para determinar as propriedades físicas do material.
- A terceira fase: produção do painel 3 e realização dos ensaios para determinar as propriedades físicas do material e comparação de resultados dos três painéis, além dos ensaios de trabalhabilidade.

Produção do painel piloto

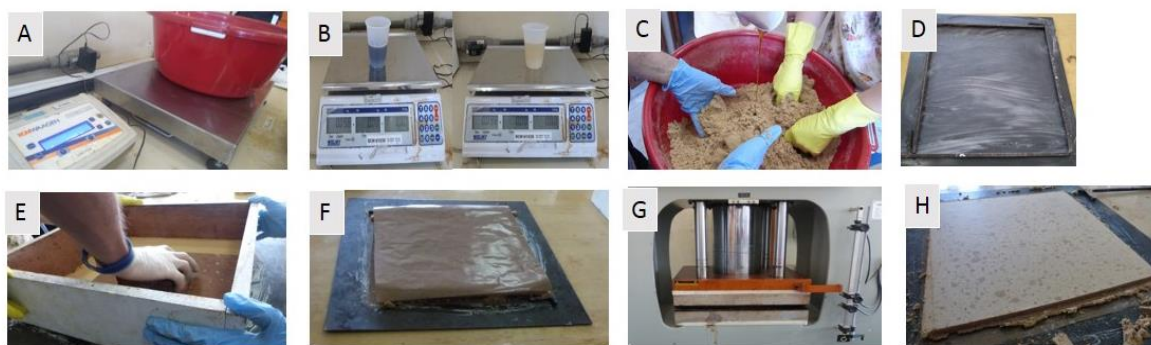
Para a confecção do painel piloto com medidas nominais de 0,40 cm de largura por 0,40 cm de comprimento e 1 cm de espessura, foram utilizados 1300g de pó de MDF (85%), e 196g de resina vegetal (15%).

Inicialmente o pó de MDF foi disposto em uma bacia cilíndrica na balança industrial (KNWAGEN / KNCD – 200/5 d = 5g; e =20g Max 200Kg / Min 250g) e pesado(A). Misturou-se ao pó de MDF uma proporção de 1/1 entre polioliol e pré-polímero(B). Procedeu-se com a mistura manual do compósito intercalando com o polioliol e o pré-polímero por aproximadamente 10 minutos(C).

Finalizado a homogeneização, a mistura foi disposta em uma placa de aço pré-tratado com cera de carnaúba e folha de *teflon* a fim de facilitar a desmoldagem(D), e com o auxílio de um molde de madeira foi compactado manualmente(E). Após a compactação, o molde de madeira foi retirado e uma folha de *teflon* foi disposta em cima do painel compósito (F), transferindo-se a placa do compósito para a prensa através do método de compressão a quente (Hidral-Mac-

PHH 1007) em que foi prensada por 10 minutos com pressão de 10 MPa e temperatura de 100 ± 5 °C (G). Concluído os 10 minutos, esperou-se que a placa esfriasse por 15 minutos para desmoldá-la, obtendo-se o resultado de uma placa de compósito visualmente estável. Na figura 14, as etapas de produção do painel piloto são mostradas.

Figura 14-Processo de produção do projeto-piloto



Fonte: arquivo da pesquisa

Para estabilização e cura a placa foi embalada e esperou-se por tempo de 72h para manuseá-la. Após esse período, a placa se apresentou rígida e estável. Seu aspecto visual estético apresentou marcas conferindo um efeito estético agradável na aparência.

4. RESULTADO E ANÁLISE

Nesse capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir da confecção do painel piloto, bem como a execução, ensaios e análise de outros dois painéis (2 e 3) para avaliar o desempenho da produção e melhoramento deste novo material compósito.

4.1 Caracterização do compósito

Com o objetivo de determinar as características físicas do painel piloto, foram realizados ensaios segundo as especificações da norma NBR 14810-2 (ABNT, 2018). Os ensaios selecionados estão descritos abaixo.

Os corpos de prova foram retirados uniformemente ao longo do painel (Fig.15) atendendo as normas NBR 14810-2 (ABNT, 2018), utilizando-se de:

- a) Serra para madeira, equipada com guia;
- b) Marcador;
- c) Escala métrica graduada.

Figura 15-Corte dos corpos de prova



Fonte: arquivo da pesquisa

A Figura 16 mostra os 42 corpos de prova com dimensões de 50 x 50 mm obtidos a partir do corte da placa, a serem utilizados para os ensaios de determinação da espessura, do comprimento e da massa, densidade e inchamento e absorção.

Figura 16 - Corpos de prova painel piloto



Fonte: arquivo da pesquisa

Determinação da espessura, do comprimento e da massa

Após obtenção dos corpos de prova, os ensaios de medição foram realizados no Laboratório de Engenharia de Materiais da Faculdade Martha Falcão. Os instrumentos utilizados foram:

- a) Paquímetro analógico 6" Zaas Precision, escala 300mm em aço inox com precisão de 0,1mm;
- b) Balança eletrônica digital da marca Marte modelo M3304, com resolução de 0,01g.

Seguindo as diretrizes da norma NBR-14810-2 conforme Anexo B e Anexo C, após os 42 corpos de prova ser identificados, foram feitas as medições das espessuras, aferida as medidas da largura e comprimento.

Em seguida foram pesados individualmente e devidamente registrados os valores, obtendo assim a massa de cada um.

Sendo o volume determinado conforme equação 1:

$$V = LxCxE \quad (1)$$

Em que:

V = volume do corpo de prova expressa em milímetros cúbicos (mm³).

L = largura do corpo de prova, expressa em milímetros (mm).

C = comprimento do corpo de prova expressa em milímetros (mm).

E = espessura do corpo de prova expressa em milímetros (mm).

Determinação da Densidade

Os 42 corpos de prova foram submetidos aos testes de densidade, realizado conforme Anexo G da NBR 14810-2 (ABNT, 2018).

Sendo a densidade determinada conforme equação 2:

$$D = \frac{M}{V} \times 1000000 \quad (2)$$

Em que:

D = densidade do corpo de prova (Kg/m³).

M = massa do corpo de prova, (g).

V = volume do corpo de prova, (mm³).

Determinação do Inchamento por 24hs

O ensaio foi realizado em dez corpos de prova: 03, 07, 14, 17, 22, 26, 35, 38, 40 e 41, seguindo as diretrizes conforme Anexo L da NBR 14810-2. Os instrumentos utilizados foram:

- a) Paquímetro analógico 6" Zaas Precision, escala 300mm em aço inox com precisão de 0,1mm;
- b) Balança eletrônica digital da marca Marte modelo M3304, com resolução de 0,1g.
- c) recipiente com água.

Os 10 corpos de prova foram medidos e anotados a espessura em 5 pontos: uma no centro e quatro nas extremidades. Após a aferição das medidas foi verificada sua massa através da balança eletrônica.

Os corpos de prova foram imersos em um recipiente com água destilada, com nível acima das faces dos corpos de prova com cerca de 25 mm. Após 2 horas de imersão, foram retirados do recipiente e dispostos sobre um pano absorvente, para que o excesso de água fosse absorvido. Em seguida, fez-se uma nova pesagem e aferição das espessuras, retornando os corpos de prova para água e, após 22 horas, foi repetido o processo completando às 24 horas de ensaio (Fig.17).

A expressão dos resultados segue o cálculo de porcentagem do teor de umidade, conforme a equação 3:

$$I = \frac{E1-E0}{E0} \times 100 \quad (3)$$

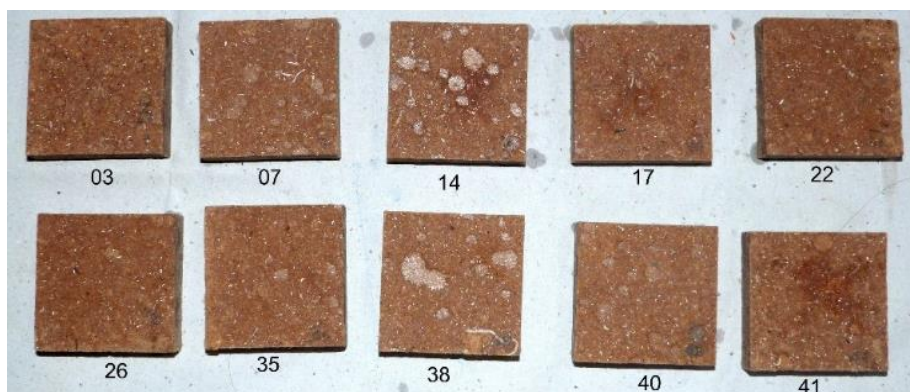
Em que:

I = inchamento da espessura do corpo de prova (%).

E1 = espessura do corpo de prova após o período de imersão (mm).

E0 = espessura do corpo de prova antes da imersão, (mm).

Figura 17-Corpos de prova após o ensaio de inchamento por 24 horas



Fonte: arquivo da pesquisa

Determinação de Absorção

Para o ensaio de absorção de água foram selecionados de forma aleatória dez corpos de prova: 06, 09, 12, 13, 15, 23, 24, 30, 31 e 39. Este ensaio seguiu as diretrizes conforme Anexo F da NBR 14810-2. Os instrumentos utilizados foram:

- a) paquímetro analógico 6" Zaas Precision, escala 300mm em aço inox com precisão de 0,1mm;
- b) Balança eletrônica digital da marca Marte modelo M3304, com resolução de 0,1g.
- c) recipiente com água.

O processo para a realização do ensaio de absorção é similar ao de inchamento, e seguiu os mesmos procedimentos. Os corpos de prova foram pesados antes de serem imersos em água, após 2 horas foi feita nova pesagem, e após 22 horas novamente, concluindo 24 horas de ensaio.

A expressão dos resultados segue o cálculo, conforme a equação 4:

$$A = \frac{M1-M0}{M0} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

A = teor de umidade do corpo de prova expresso em porcentagens (%).

M1 = massa úmida do corpo de prova, expressa em gramas (g).

M0 = massa seca do corpo de prova expressa em gramas (g).

4.2 Resultados dos ensaios

O painel piloto foi esquadrejado e recortado, obtendo 42 corpos, cada um com largura de 50 mm e comprimento de 50 mm. Nenhum dos corpos de prova ultrapassou os limites descritos pela norma, quais sejam para largura e para o comprimento de ± 5 mm e para espessura é de $\pm 0,30$ mm, restando que todos os corpos de prova estão aptos para realização de outros testes.

Quanto à densidade, a norma NBR 14810-2 (ABNT, 2018) especifica que um painel quando apresenta valores entre 551 Kg/m³ a 750 Kg/m³ é considerado de media densidade. A densidade média do painel projeto-piloto, foi de 936,65 Kg/m³ (0,94 g/cm³) o que representa estar acima do intervalo determinado pela norma utilizada. Assim sendo classificado como painel de alta densidade.

Os resultados dos ensaios de Inchamento foram obtidos após a medição da espessura do P1 dos corpos de prova, com resolução de 0,01mm. A norma recomenda tolerância de inchamento no máximo de 22% durante 24 horas para painéis não estruturais para uso interno em condições secas (tipo P2), e para painéis não estruturais para uso em condições úmidas (tipo P3) no máximo de 17%. Para ensaio após 2 horas o máximo estabelecido pela norma é de até 8% .

O valor médio de I após 2 horas foi de 2,5% e para 24h foi de 16,1%, valores abaixo do valor recomendado pela norma (Tabela 1). Desse modo torna-se viável o uso do painel nas condições em que se apresenta até o momento.

.Tabela 1-Valores obtidos nos ensaios de Inchamento (I) para 2 e 24 horas.

Corpo de prova	I% 2 h	I% 24 h
3	3,5	14
7	1,5	13,5
14	1,9	19,9
17	2,3	13,3
22	1,2	14,2
26	3,8	19,8
35	2,5	21
38	3	20,5
40	2,5	12,5
41	2,5	12,5
Média	2,5	16,1
Desvio padrão	0,8	3,7

Para os ensaios de absorção de água, verificou-se que o valor médio obtido nos ensaios foi de 5,70% e 20,71% para ensaios de 2 e 24 horas respectivamente (tabela 2). A norma NBR 14810-3 (ABNT, 2018) não apresenta parâmetros normativos para absorção, cabendo a análise dos resultados em termos de comparação com a literatura disponível.

Tabela 2- Valores obtidos nos ensaios de Absorção de água (a) para 2 e 24 horas

Corpo de prova	A% 2h	A% 24h
6	4,76	23,81
9	4,35	21,74
12	4,35	21,74
13	9,09	18,18
15	4,55	27,27
23	4,17	16,67
24	4,35	21,74
30	8,33	16,67
31	9,09	27,27
39	4,00	12,00
Média	5,70	20,71
Desvio padrão	2,18	4,87

Após a realização dos ensaios, percebeu-se que o material produzido possui características de densidade, inchamento e absorção de água, dentro dos níveis exigidos pela norma utilizada, podendo ser considerado como material com potencial de uso e aplicações diversas.

Dessa maneira, passou-se para a segunda fase, a confecção do painel dois, utilizando os mesmos processos produtivos utilizados para na produção do painel-piloto. A fim de fazer uma comparação entre os resultados obtidos entre os dois painéis. Os passos para essa produção estão descritos abaixo.

4.2.1 Produção do Painel 2

Para a confecção, foi utilizado o pó de MDF cedido pela empresa Comodita, que estava devidamente armazenado no LaMAC-UFAM. A resina utilizada foi à resina vegetal a base de poliuretano vegetal (derivada do óleo de mamona), AGT 1315 doada pela empresa Imperveg.

O pó de MDF (A) foi disposto em uma bacia, onde foi pesado (C) em uma balança digital da marca Welmy – Max 30Kg / Min 40g. Logo em seguida, a resina (B) foi pesada em uma proporção de 1/1 entre polioli e pré-polímero (D), e incorporada ao pó intercalando entre componente A e componente B. Procedeu-se com a mistura manual por aproximadamente 10 minutos (E).

Em um molde de chapa de aço untado com cera de carnaúba e auxiliado pelo molde de madeira (F), a mistura foi disposta e compactada manualmente com o auxílio de uma forma de madeira (G). Após a compactação o molde de madeira foi retirado e uma folha de teflon foi aplicada por cima do painel (H) com a finalidade de auxiliar a desmoldagem após o período de 10 minutos em que foi prensada na prensa (Hidral-Mac-PHH 1007) (I) com pressão de 10 MPa e temperatura de 100 ± 5 °C.

Após os 10 minutos, esperou que a placa esfriasse para que pudesse ser desmoldada, obtendo-se o resultado satisfatório de uma placa de compósito (J). Na figura 18, as etapas de produção do painel 2 são mostradas.

Figura 18-Processo de produção do painel 2.



Fonte: arquivo da pesquisa

O painel foi embalado e esperou-se por tempo de cura de 72h para manuseá-lo. Seu aspecto visual estético apresentou marcas igualmente apresentado no painel piloto, conferindo o mesmo efeito estético agradável na aparência do compósito.

4.2.2 Caracterização e ensaios realizados

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Engenharia de Artefatos de Madeira – LEAM-INPA. Foram utilizados 10 corpos de prova com dimensões 50 x 50 mm, com espessura de 10 mm, devidamente identificados. Seguiu os mesmos passos dos ensaios realizado para o painel piloto, sendo: obtenção dos corpos de

prova, densidade, inchamento e absorção. Utilizando as especificações da norma NBR 14810-2.

Os corpos de prova foram submetidos aos ensaios de densidade, onde foram retiradas as medidas de espessuras, largura e comprimento utilizando paquímetro analógico 6" Zaas Precision, com precisão de 0,1mm e posteriormente pesados em balança eletrônica digital marca BEL-SSR 3000 com resolução de 0,01g.

Para os ensaios de inchamento e absorção de água de 2h e 24h, após aferidas às medidas, as 10 amostras foram dispostas em um recipiente com água e submersos (Fig.19). Após 2 h de imersão os corpos de provas foram retirados da água e colocados sobre um papel absorvente para que o excesso de água fosse eliminado. Em seguida, fez-se uma nova pesagem e aferição das espessuras que foram anotadas, retornando os corpos de prova para água e após 22 horas foi repetido o processo, completando às 24 horas de ensaio.

Figura 19- a) esquadrejamento do painel; b) 10 corpos de prova extraídos; c) e d) aferição de peso e medidas; e) ensaio inchamento e absorção; f) aferição medidas após 24h.



Fonte: arquivo da pesquisa

4.2.3 Resultado dos ensaios

O valor médio apresentado no ensaio de densidade foi de $889,6 \text{ Kg/m}^3$ ($0,89 \text{ g/cm}^3$), sendo classificado pela a norma NBR 14810-2 (ABNT, 2018) como um painel de alta densidade, pois ultrapassa o intervalo estabelecido para painel de média densidade. Mesma faixa de valores para densidade apresentado por Quirino (2010) para os painéis compósitos produzido com fibra da semente do açaí e resina vegetal a base de poliuretano vegetal.

Em relação ao ensaio de inchamento, os resultados apresentados tanto no período de 2 horas quanto no período de 24h, foram satisfatórios, não ultrapassando

o máximo recomendado pela norma NBR 14810-2 (ABNT, 2018). O valor médio de I após 2 horas de 0,03 % e para 24h de 1,06 % (Tabela 3).

Tabela 3- Valores obtidos nos ensaios de Inchamento (I) para 2 e 24 horas.

Corpo de prova	I % (2h)	I % (24h)
1	0,1	1,1
2	0	1
3	0	1
4	0	1
5	0	1
6	0,1	1,5
7	0	1
8	0,1	1
9	0	1
10	0	1
Média	0,03	1,06
Desvio padrão	0,048	0,158

Para o ensaio de absorção de água o valor médio obtido nos ensaios em 2 horas foi de 6,11% enquanto para 24 horas foi de 21,64%, conforme demonstrado na tabela 4 abaixo.

Tabela 4-Valores obtidos nos ensaios de Absorção de água (a) para 2 e 24 horas

Corpo de prova	A% 2h	A% 24h
1	6,79	24,12
2	6,39	31,20
3	5,76	19,07
4	4,28	19,37
5	4,63	15,37
6	4,03	16,13
7	7,62	22,40
8	9,95	29,38
9	5,92	20,18
10	5,72	19,22
Média	6,11	21,64
Desvio padrão	1,76	5,25

Após a realização dos ensaios, percebeu-se que os resultados apresentados com as amostras do painel dois obtiveram melhor desempenho para o ensaio de

inchamento, enquanto para absorção apresentou valores maiores que os valores demonstrados pelos ensaios das amostras do painel piloto. Os painéis desenvolvidos foram classificados com painéis de alta densidade pela norma NBR 14810-2 (ABNT, 2018), ultrapassando o intervalo estabelecido para painéis de media densidade.

Com isso seguiu-se para a terceira fase com a confecção do painel 3, utilizando os mesmos métodos produtivos dos painéis piloto e 2, além disso adotou-se mais um teste que foi de teor de umidade residual, e a utilização da norma NBR 15316-2 (2015) que estabelece requisitos e métodos de ensaio para painéis de fibras de média densidade (MDF).

4.2.4 Produção do Painel 3

Para a confecção, foram utilizados:

- a) Pó de MDF, que estava devidamente armazenado no LaMAC-UFAM.
- b) Resina vegetal a base de poliuretano vegetal (derivada do óleo de mamona), referencia AGT 1315.

Antes de iniciar o processo de produção foi realizado o ensaio de umidade residual do pó de MDF. Para tal, utilizou-se o analisador halogêneo de umidade modelo MB 35 da marca Ohaus (Fig.20), com temperatura a 100 °C e massa de 0,5 g, apresentando valor de 7,61% de umidade.

Figura 20-Ensaio teor de umidade



Fonte: arquivo da pesquisa

Silva et al (2008) sugere que para valores acima de 6% deve ser feito a secagem do resíduo antes da produção dos compósitos, pois valores acima podem interferir na produção com a formação de bolhas durante a prensagem, além de afetar consideravelmente as propriedades finais dos painéis. O teor de umidade inicial foi de 11,1% das partículas de madeiras. Conforme Lima (2012) valores acima de 6% não influenciou no resultado da umidade final e nem interferiram na produção dos compósitos. Dessa forma, seguiu-se com a confecção do painel sem que fosse realizado a secagem do pó de MDF.

Na produção do painel 3, foram ajustadas as quantidades de materiais utilizados, pois foi observado que na produção do painel piloto e painel 2 houve erro no cálculo de materiais para a confecção dos compósitos, o que resultou em painéis de alta densidade. Dessa maneira os cálculos foram refeitos para que se obtivesse a densidade nominal de 0,80 g/cm³.

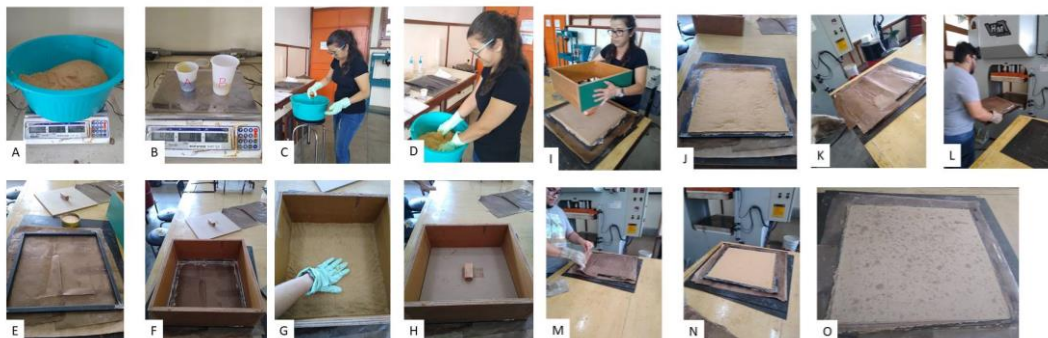
Para a confecção da placa com medidas de 0,40 cm de largura por 0,40 cm de comprimento e 1 cm de espessura, foram utilizadas as seguintes proporções de materiais: 1088g de pó de MDF (85%), e 192g de resina vegetal (15%), um total de 1280g.

O pó de MDF foi pesado em balança digital da marca Welmy – Max 30Kg / Min 40g (A), pesando-se logo em seguida a resina (B). Ao pó de MDF foi adicionada uma proporção de 1/1 entre polioli e pré-polímero (C). A mistura foi manual intercalando-se com o polioli e o pré-polímero por aproximadamente 10 minutos (D). Finalizado a homogeneização, a mistura foi disposta em uma placa de aço pré-tratado com cera de carnaúba e folha de teflon a fim de facilitar a desmoldagem (E), e com o auxílio de um molde de madeira a massa obtida com a mistura do pó de MDF e a resina de mamona foi compactada manualmente (F, G e H) (Fig.21).

Após a compactação, o molde de madeira foi retirado (I e J) e uma folha de teflon foi colocada em cima do painel (K), transferindo-se posteriormente a placa para a prensa (Hidral-Mac-PHH 1007, Potência 19.5T 200V 60Hz 67,2) em que foi prensada por 10 minutos com pressão de 10 MPa, e temperatura de 100 ° ±5 °C (L). Concluído os 10 minutos, o painel foi retirado da prensa (M) esperou-se que a placa esfriasse por 15 minutos para desmoldá-la (N), obtendo-se o resultado de uma

placa de compósito visualmente estável (O). Na figura 21 são mostrada as etapas de produção do painel 3.

Figura 21-Processo de produção painel 3.



Fonte: arquivo da pesquisa

O painel foi embalado e esperou-se por tempo de cura entre 48h e 72h para manuseá-lo, conforme determinado pelo fabricante da resina. O aspecto visual estético foi o mesmo observado no painel-piloto e no painel 2, apresentando marcas deixadas pelo poliol e o pré-polímero, conferindo efeito visual estético agradável.

4.2.5 Caracterização e ensaios realizados

Após a confecção do painel 3, foram realizados ensaios necessários para determinar primeiramente as características básicas do compósito, utilizando como base as regras da NBR 15316-2 (ABNT, 2015). Os ensaios selecionados estão descritos abaixo.

Preparação dos corpos de prova

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Engenharia e materiais da faculdade Martha Falcão – FMF, onde foram utilizados 10 corpos de prova com dimensões 50 x 50 mm, com espessura de 10 mm, devidamente identificados. Os ensaios realizados foram: extração dos corpos de prova, densidade, inchamento e absorção de água.

Os 10 corpos de prova foram submetidos aos testes de densidade, realizado conforme Anexo G da NBR 15316-2 (ABNT, 2015), onde foram retiradas as medidas de espessuras, largura e comprimento utilizando paquímetro analógico 6" Zaas Precision, com precisão de 0,1mm e posteriormente pesados em balança eletrônica digital marca BEL-SSR 3000 com resolução de 0,01g.

Para o ensaio de inchamento de 2 e 24h e absorção de água, os 10 corpos de prova foram medidos e anotados a espessura em 5 pontos: uma no centro e quatro nas extremidades. Após a aferição das medidas foi verificada sua massa através da balança eletrônica digital marca BEL-SSR 3000 com resolução de 0,01g.

Os corpos de prova foram imersos em um recipiente com água destilada, com nível acima das faces dos corpos de prova com cerca de 250 mm. Após 2 horas de imersão, os corpos de provas foram retirados do recipiente, fez-se uma nova pesagem e aferição das espessuras, retornando os corpos de prova para água e, após 22 horas, foi repetido o processo completando às 24 horas de ensaio (Fig.22).

Figura 22-Aferição pós-ensaio inchamento



Fonte: arquivo da pesquisa

Para o ensaio de determinação de absorção de água os corpos de prova foram pesados antes de serem imersos em água, após 2 horas foram feito nova pesagem, e após 22 horas novamente, concluindo 24 horas de ensaio (Fig.23).

Figura 23-Corpos de prova após o ensaio de absorção de água



Fonte: arquivo da pesquisa

4.2.6 Resultados dos ensaios

Para o ensaio de densidade, o painel 3 apresentou valor médio de 760,97 Kg/m³ (0,76 g/cm³), sendo classificado pela a norma NBR 15316-2 (ABNT, 2015), de media densidade, já que encontra-se no intervalo de 651 á 800 Kg/m³. Valores esperado, pois se buscou desenvolver um painel de média densidade.

Em relação ao ensaio de inchamento, todos os corpos de prova ensaiados atenderam ao requisito com uma média de 5,89% após 24 horas, evidenciando o atendimento a NBR 15316-2 (ABNT, 2015), que especifica o valor de 17 % como requisito máximo para painéis não estruturais para uso em condições seco, e máximo de 12% para painéis não estruturais para uso em condições úmidas. O valor médio de I após 2 horas foi de 4,21 %, conforme Tabela 5.

Tabela 5-Respostas aos ensaios de Inchamento (I) para 2 e 24 horas.

CORPO DE PROVA	I % (2h)	I % (24h)
1	5,26	5,79
2	5,26	6,32
3	5,26	5,79
4	5,26	5,79
5	0,00	5,26
6	5,26	6,32
7	5,26	5,79
8	0,00	5,79
9	5,26	5,79
10	5,26	6,32
Media	4,21	5,89
Desvio padrão	2,21	0,33

O valor médio obtido nos ensaios de absorção de água foi de 8,73% e 32,01%, para ensaios de 2 e 24 horas, respectivamente. Este painel apresentou absorção de água maior que os valores apresentados pelos painéis piloto e 2 (Tabela 6).

Tabela 6-Medição de Absorção de água (a) para 2 e 24 horas

Corpo de prova	A% 2h	A% 24h
1	10,40	33,31
2	10,10	38,93
3	8,10	27,98
4	9,45	30,96
5	6,73	21,45
6	5,54	37,34
7	10,04	37,15
8	8,49	33,61
9	9,10	31,54
10	9,36	27,77
Média	8,73	32,01
Desvio padrão	1,56	5,31

4.3 Comparativo dos ensaios entre os três painéis

A densidade do painel projeto-piloto foi de 936,65 Kg/m³, e a do painel 2 foi de 889,6 Kg/m³. Conforme referência da NBR 14810-1 (ABNT, 2018), os valores entre 550 a 750 Kg/m³ são considerados de média densidade, valores acima são considerados painéis de alta densidade. O que indica, junto com outros fatores, as possíveis aplicação de uso do material.

Os ensaios realizados no painel 3, apresentaram valor de 760,97 Kg/m³, configurando-se como painel de média densidade. A norma NBR 15316-2 (ABNT, 2015) classifica como painéis de fibras de madeira de média densidade valores entre 651 a 800 Kg/m³.

Com os valores obtidos no ensaio de inchamento, observou-se diferenças entre o painel piloto que, após 24 horas, apresentou um inchamento superior ao evidenciado nas amostras do painel 2 e 3. O Painel 2 apresentou valores inferiores ao demonstrado pelo projeto-piloto, enquanto o valor para o painel 3 foi superior ao

painel 2, porém inferior ao painel projeto-piloto. Para os ensaios de 2h, os painéis apresentaram valores abaixo de 8% que é o máximo considerado pela norma. Ainda assim os resultados apresentados em todas as amostras atendem o valor estabelecido pela norma.

Os ensaios de absorção obtiveram valores muito próximos para os painéis 1 e 2. Para o painel 3 o resultado para absorção em 2h foi de 8,73% enquanto para 24h apresentou valor de 32,01%. Os resultados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7- Comparativo dos resultados obtidos para os painéis 1,2,e 3.

	DENSIDADE	INCHAMENTO (%)		ABSORÇÃO (%)	
	KG/M3	2H	24 H	2H	24H
PAINEL PILOTO	936,66	2,5	16,1	5,7	20,71
PAINEL 2	889,6	0,03	1,06	6,11	21,64
PAINEL 3	760,97	4,21	5,89	8,73	32,01

4.4 Ensaio de trabalhabilidade

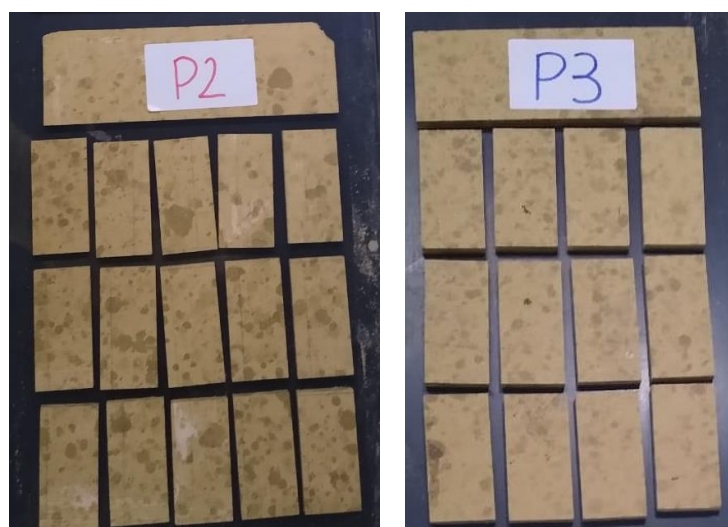
Foram submetidos aos ensaios de trabalhabilidade amostras do painel 2 e do painel 3, assim como amostras de MDF para efeito comparativo de referência. Os ensaios foram realizados na empresa Comodita, a mesma do estudo de caso.

A norma utilizada foi a ASTM-D1666-11, que reza sobre a trabalhabilidade em madeira, pranchas na forma de madeira e materiais de painéis à base de madeira, como compensado, fibra de madeira e painéis de partículas. Essa norma estabelece procedimentos com métodos de teste de operações comuns utilizadas na fabricação de produtos de madeira, como corte usinagem, entalhamento e lixamento. Os resultados dos ensaios são avaliados por inspeção visual. Em seguida apresentam-se os ensaios.

Preparação dos corpos de prova

Foram obtidos de cada painel 12 corpos de prova, cada um com largura de 50mm e comprimento de 100mm (Fig.24).

Figura 24- corpos de prova



Fonte: arquivo da pesquisa

Os instrumentos utilizados no ensaio foram:

- a) Máquina Seccionadora horizontal modelo Fit 2.9, equipada com guia, marcador e escala métrica graduada - Marca SCM Tecmatic;
- b) Conjunto lâmina de serra e riscador com pastilhas de metal duro- Diâmetro da serra de 250 mm e riscador de 115 mm e espessura de 3,0 mm. Serra com dentes trapezoidais retos com ângulo positivo e riscador cônico com espessura regulável- marca Freud.

De forma aleatória foram selecionadas 9 (nove) amostras de cada painel, identificadas como tabela abaixo:

Tabela 8-Identificação amostras

Painel 2	Painel 3	MDF
P2-a1	P3-a1	MDF-a1
P2-a2	P3-a2	MDF -a2
P2-a3	P3-a3	MDF -a3
P2-a4	P3-a4	MDF -a4
P2-a5	P3-a5	MDF -a5
P2-a6	P3-a6	MDF -a6
P2-a7	P3-a7	MDF -a7
P2-a8	P3-a8	MDF -a8
P2-a9	P3-a9	MDF -a9

No corte das amostras foi observado um resultado semelhante aos apresentados pelo corte das amostras de MDF, com corte preciso e sem danos (Fig.25).

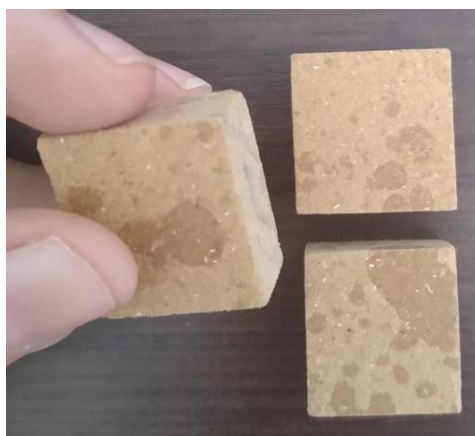
Figura 25-precisão do corte



Fonte: arquivo da pesquisa

Foi observado ainda, o bom desempenho do material para cortes de tamanhos menores (Fig.26).

Figura 26-precisão corte em peças menores



Fonte: arquivo da pesquisa

4.4.1 Lixamento

Para o ensaio de lixamento foram utilizadas as amostras P2-a1, P2-a2 e P2-a3, P3-a1, P3-a2 e P3-a3, MDF-a1, MDF-a2 e MDF-a3. Este ensaio seguiu as

diretrizes da Norma internacional ASTM-D1666-11, sendo adaptado para os processos produtivos existentes na empresa.

Os instrumentos utilizados foram:

- a) Lixadeira angular, elétrica, modelo sa7021, potência de 2.200w, diâmetro do disco de 180 mm e 6.600 rotações por minuto - Marca Makita.
- b) Folha de lixa 326 U, medida 225x275mm, grão 80-Marca 3M™.
- c) Folha de lixa 326 U, medida 225x275mm, grão 150-Marca 3M™.
- d) Folha de lixa 326 U, medida 225x275mm, grão 220-Marca 3M™.
- e) Cola para madeira, 100g – Marca TekBond.

Inicialmente as lixas foram recortadas no diâmetro de 180 mm e coladas ao disco da lixadeira utilizando a cola para madeira (Fig.27).

Figura 27- equipamentos lixadeira



Fonte: arquivo da pesquisa

As amostras P2-a1, P3-a1 e MDF-a1 foram colocadas sobre a bancada de trabalho e fixadas com dois calços laterais para que não se movimentassem durante o processo de lixamento. Após a fixação, foram lixadas durante 10 segundos com a lixa grão 80, finalizando o procedimento, as amostras foram retiradas da bancada. Posteriormente as amostras P2-a2, P3-a2 e MDF-a2 foram apoiadas na bancada de apoio e receberam por 10 segundos o lixamento com a lixa grão 150. Igualmente as amostras P2-a3, P3-a3 e MDF-a3 receberam o lixamento com a lixa grão 220 (Fig.28).

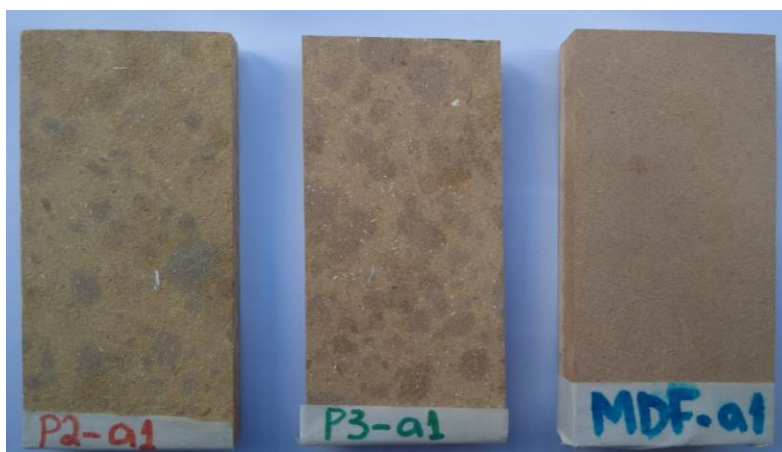
Figura 28-Procedimento de lixamento das amostras



Fonte: arquivo da pesquisa

As amostras P2-a1 e P3-a1 apresentaram aspecto áspero, o mesmo aspecto observado na amostra MDF-a1. Abrasividade da lixa foi observada pelos leves veios circulares marcados nas amostras, principalmente na amostra P2-a1 (Fig.29).

Figura 29-amostras P2-a1, P3-a1 e MDF-a1 lixa 80.

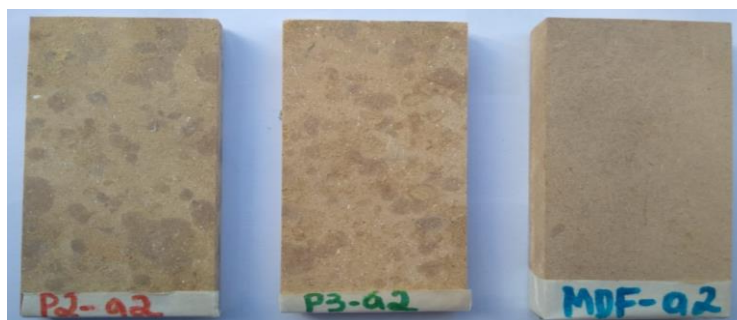


Fonte: arquivo da pesquisa

As amostras P2-a2 e P3-a2, obtiveram aspecto mais liso e menos áspero em comparação com as amostras P2-a1 e P3-a1, comportamento esperado, já que

a lixa possui função para apresentar aspecto mais liso após utilização. Tanto as amostras P2-a2 quanto a P3-a2 tiveram resultados semelhantes em comparação com a amostra do MDF-a2. Não foi percebido em nenhuma das amostras abrasividade da lixa (Fig. 30).

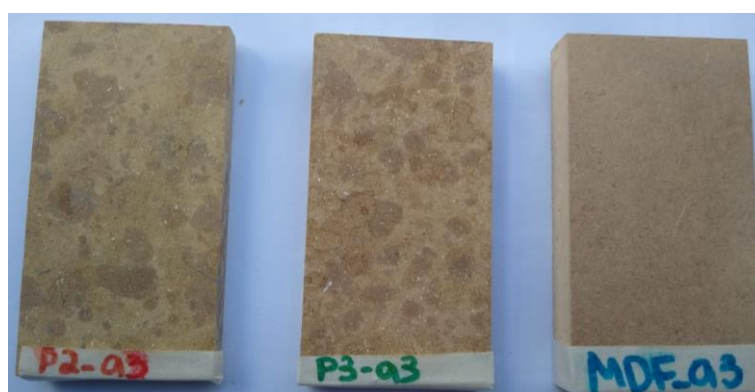
Figura 30-amostras P2-a2, P3-a2 e MDF-a2- lixa 150



Fonte: arquivo da pesquisa

As amostras P2-a3 e P3-a3 apresentaram aspectos mais lisos e menos ásperos em relação às amostras P2-a2 e P3-a2. Entre as amostras P2-a3 e P3-a3 não foram observados diferenças significativas, podendo assim receber pintura como acabamento superficial para melhor finalização das peças (Fig. 31).

Figura 31-amostras P2-a3, P3-a3 e MDF-a3- lixa 220



Fonte: arquivo da pesquisa

Observou-se ainda que tanto as amostras P2-a1, P2-a2 e P2-a3 quanto as P3-a1, P3-a2 e P3-a3, permaneceram estáveis e com texturas semelhantes ao demonstrado pelas amostras MDF-a1, MDF-a2 e MDF-a3.

Em todas as amostras observou-se que não houve alterações visuais. No tato, após aplicação da lixa de grão 220, as superfícies das peças apresentaram-se mais lisas e com menos rugosidade.

4.4.2 Usinagem com fresa reta

Para o ensaio de fresa foram utilizadas as amostras P2-a4, P2-a5, P2-A6, P3-a4, P3-a5, P3-a6, MDF-a4, MDF-a5 e MDF-a6, seguindo as diretrizes da Norma ASTM-D1666-11, sendo adaptados para os processos produtivos existentes na empresa.

Os instrumentos utilizados foram:

- a) Máquina elétrica tupia 3709 para laminados com potência de 530 W, frequência de 50/60 Hz ,rotação da tupia de 30.000 rpm e base plástica transparente- Marca Makita;
- b) Guia para corte;
- c) Fresa reta de $\frac{1}{2}$;
- d) Bancada de apoio.

Inicialmente as amostras P2-a4, P2-a5, P2-A6, foram colocadas na bancada de apoio, uma seguida da outra em seu comprimento, de maneira que ficassem firmes e estáveis para receber o processo de fresa (Fig. 32).

Figura 32-disposição das amostras para procedimento de fresa



Fonte: arquivo da pesquisa

Após a finalização do rebaixo em uma das laterais das três amostras (Fig.33), a amostra P2-a5 foi retirada e novamente processada na outra lateral a fim de verificar a facilidade e a resistência desse tipo de corte em uma peça de pequenas dimensões (Fig.34).

Figura 33-rebaixo nas laterais das 3 amostras



Fonte: arquivo da pesquisa

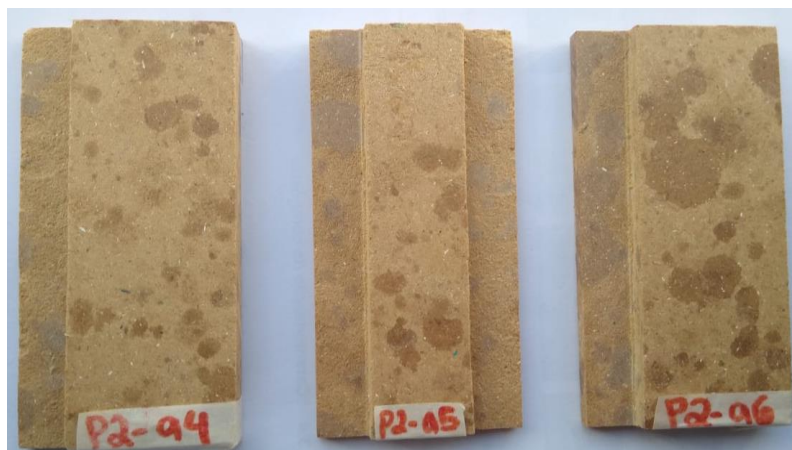
Figura 34-rebaixo na laterais da amostras



Fonte: arquivo da pesquisa

As amostras P2-a4, P2-a5 e P2-a6 receberam rebaiços com fresa de 100 mm x 50 mm(Fig.35). Após a finalização do procedimento as amostras foram retiradas da bancada.

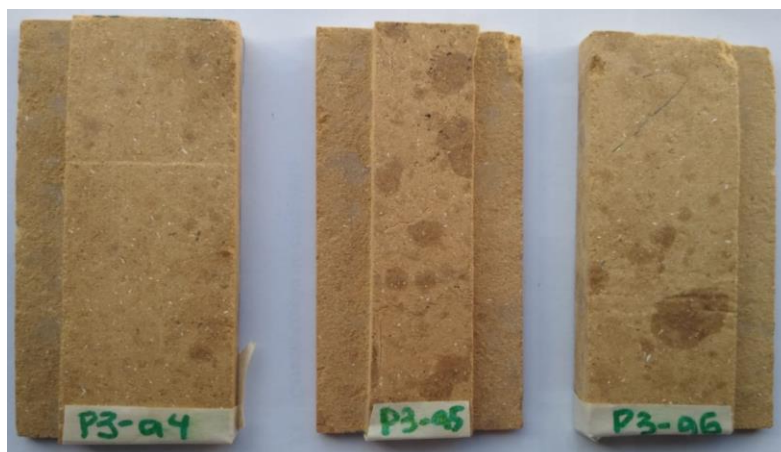
Figura 35-fresa amostras painel 2



Fonte: arquivo da pesquisa

As amostras P3-a4, P3-a5, P3-a6, foram dispostas da mesma forma que as amostras P2-a4, P2-a5 e P2-a6 e receberam rebaixos de 100 mm x 50 mm. As amostras P3-a4 e P3-a6 receberam corte em apenas um dos seus lados, o de maior comprimento, já a amostra P3-a5 recebeu rebaixo nos dois lados de maior comprimento (Fig.36).

Figura 36-fresa amostras painel 3



Fonte: arquivo da pesquisa

As amostras MDF-a4, MDF-a5 e MDF-a6, passaram pelo mesmo procedimento, porém com rebaixo de 100mm x 50mm em apenas uma das laterais (Fig.37).

Figura 37-amostras MDF



Fonte: arquivo da pesquisa

Durante o procedimento de fresa foram observados os resíduos produzidos para verificar o comportamento do material após esse tipo de processo. Para as amostras dos painéis 2 e 3 o resíduo produzido foi em pó, já o resíduo produzido do MDF foi em lascas (Fig. 38) .

Figura 38-Resíduos da fresa



Fonte: arquivo da pesquisa

Tanto as amostras P2-a4, P2-a5 e P2-A6 quanto às amostras P3-a4, P3-a5 e P3-a6, apresentaram boa usinabilidade para os ensaios realizados e todas as amostras foram favoráveis para o ensaio, se comparados com as amostras MDF-a4, MDF-a5 e MDF-a6. As amostras P2-a4, P2-a5 e P2-A6 demonstraram maior resistências em suas bordas em relação às amostras P3-a4, P3-a5 e P3-a6.

Figura 39-encaixe das amostras P2 e P3



Fonte: arquivo da pesquisa

Figura 40-encaixe das amostras MDF



Fonte: arquivo da pesquisa

A precisão dos rebaiços com a fresa pode ser observada com a utilização dos encaixes tipo “macho e fêmea” (Fig. 39), demonstrando um encaixe adequado tanto para as amostras do painel compósito quanto para as amostras do MDF (Fig. 40).

4.4.3 Colagem

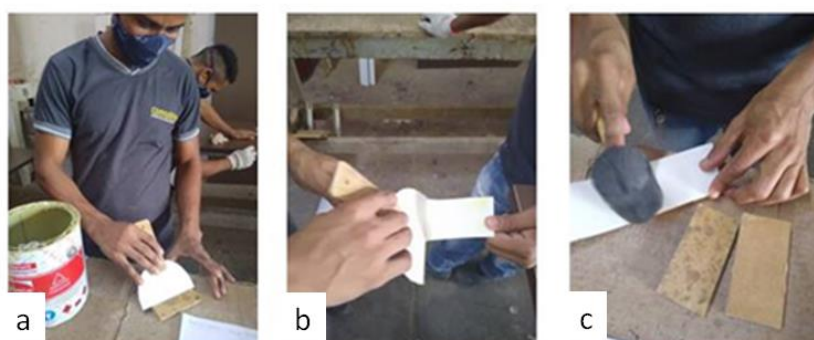
Para o ensaio de colagem foram utilizados as amostras P2-a7, P3-a7 e MDF-a7. Este ensaio seguiu as diretrizes da Norma ASTM-D1666-11, sendo adaptado com os processos utilizados pela empresa.

Os instrumentos utilizados foram:

- a) Estilete com lamina para corte;
- b) Espátula de alumínio;
- c) Cola de contato da marca Formica, à base de borracha de policloropreno;
- d) Fitas de Borda Melamina cor branco – 1mm;
- e) Martelo de borracha.

Inicialmente, com o uso da espátula, uma camada fina da cola foi passada em uma das faces das amostras retirando o excesso (a). A fita melamina foi recortada do tamanho da peça e passado cola (b), aguardando 5 minutos até que a cola pudesse ser absorvida. Após o tempo de espera, a fita foi colocada por cima da amostra e pressionada com um martelo de borracha(c). O estilete foi utilizado para aparar e ajustar a fita, dando o acabamento na amostra (Fig.41).

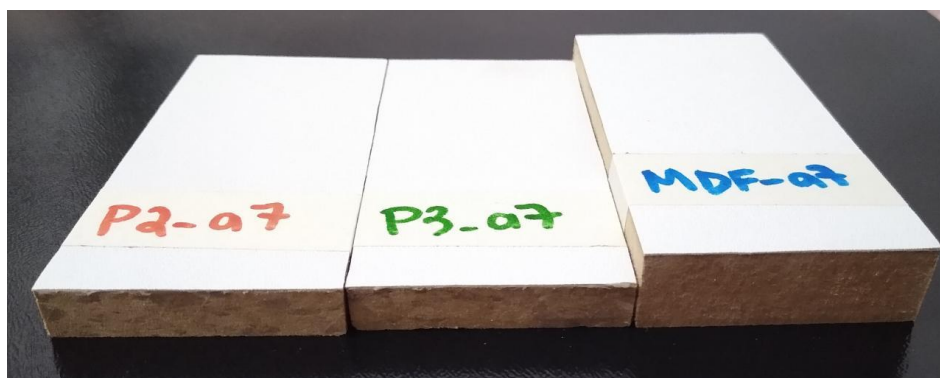
Figura 41-Procedimento ensaio de colagem.



Fonte: arquivo da pesquisa

Foi observado boa absorção da cola nas amostras. Após o tempo de cura de 30 minutos indicado pelo fornecedor da cola, foi observado uma ótima aderência da fita nas amostras, tanto para amostra P2-a7 quanto para amostra P3-a7. O resultado foi o mesmo obtido para a amostra de MDF-a7(Fig.42).

Figura 42- Resultado ensaio de colagem



Fonte: arquivo da pesquisa

4.4.4 Parafuso

Para o ensaio de parafuso foram utilizados as amostras P2-a9 e P3-a9. Este ensaio seguiu as diretrizes da Norma ASTM-D1666-11, sendo adaptado com os processos utilizados pela empresa.

Os instrumentos utilizados foram:

- a) Parafusadeira a bateria Modelo - DFS250RFE, marca MAKITA.
- b) Parafuso de cabeça chata –fenda PHS- 4,0X45
- c) Parafuso de cabeça chata –fenda PHS- 4,0X25

Em cada uma das amostras foram feitas as demarcações de delimitação para aplicação dos parafusos (Fig.43).

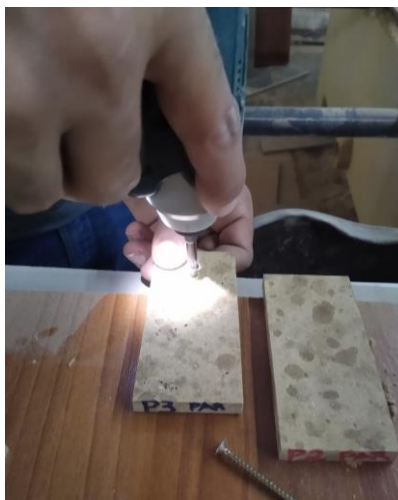
Figura 43- Demarcação para colocação dos parafusos



Fonte: arquivo da pesquisa

Após a demarcação, foi feita a furação de colocação dos parafusos. Primeiramente foi fixado o parafuso de 25 mm e logo em seguida o parafuso de 45 mm (Fig.44).

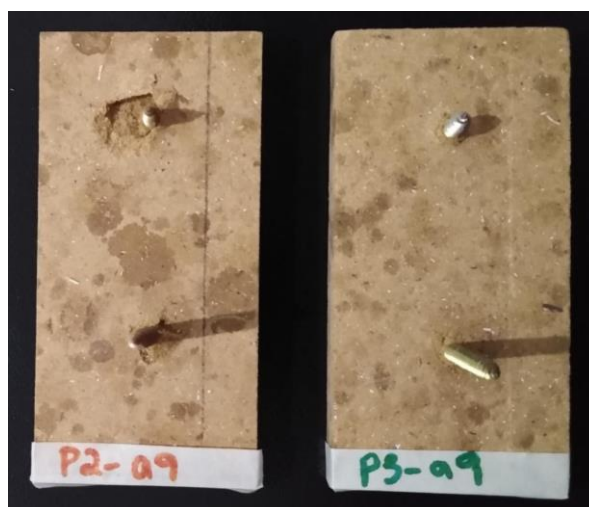
Figura 44-Colocação dos parafusos



Fonte: arquivo da pesquisa

A fixação dos parafusos transpassaram a espessura das amostras P2-a9 e P3-a9. A amostra P2-a9 sofreu danos na saída dos parafusos, enquanto que na amostra P3-a9 não houve rompimentos (Fig.45).O fato da furação ter danificado o material isso não alterou a firmeza da fixação do parafuso na peça.

Figura 45-transpasse dos parafusos



Fonte: arquivo da pesquisa

4.4.5 Usinagem com fresa circular

Para o ensaio de usinagem e colocação de ferragens foram utilizados as amostras P2-a8, P3-a8 e MDF-a8. Este ensaio seguiu as diretrizes da Norma ASTM-D1666-11, sendo adaptado com os processos utilizados pela empresa.

Os instrumentos utilizados foram:

- a) Dobradiça reta 35 mm-Marca Bemfixa;
- b) Parafuso de cabeça chata –fenda PHS- 4,0X16;
- c) Furadeira de bancada, MODELO FGC-16 - 370w - 127/220v- MARCA FERRARI;
- d) Fresa com dentes de metal duro para dobradiça tipo caneco 35 mm com 2 dentes Vonder.

As amostras foram posicionadas para receber a usinagem. A fresa foi adaptado na furadeira e iniciou o processo de furação (fig.46).

Figura 46-Furadeira de bancada



Fonte: arquivo da pesquisa

As amostras P2-a8 e P3-a8 apresentaram boa usinagem na furação para o recebimento da ferragem, ambas tiveram cortes alinhados, bom acabamento e sem irregularidades nas bordas, apresentando comportamento semelhante a amostra MDF-a8.

Durante o processo de usinagem também foram observados os resíduos produzidos. Nas amostras P2-a8 e P3-a8 estes foram em forma de pó. Já o resíduo da amostra MDF-a8 apresentou-se em forma de lascas (Fig.47).

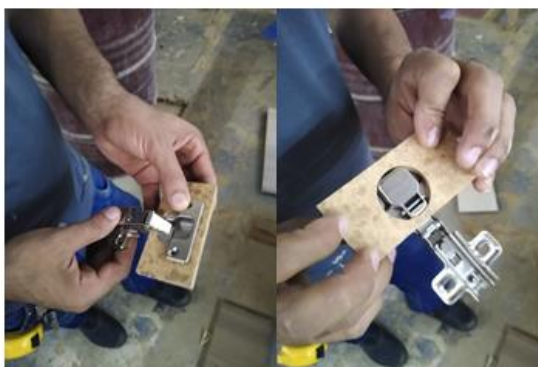
Figura 47-Resíduo da usinagem



Fonte: arquivo da pesquisa

Após a usinagem foi fixada uma dobradiça na amostra P3-a8, utilizando parafusos 4,0x14mm (Fig.48)

Figura 48-Colocação da dobradiça.



Fonte: arquivo da pesquisa

Figura 49-Colocação da dobradiça.



Fonte: arquivo da pesquisa

Comparando a fixação das dobradiças na amostra MDF-a8 (Fig. 49) com as das amostras P2-a8 e P3-a8, a fixação com parafusos foi mais resistente e firme, mostrando a viabilidade do uso do material compósito em portas batentes de móveis com a mesma eficiência do MDF.

5. DISCUSSÃO

Nesse capítulo é discutido a caracterização do compósito a partir dos ensaios e das análises realizadas nos três painéis

5.1 Densidade

Para a realização dos ensaios nos primeiros painéis foi utilizada a norma NBR 14810 a mesma utilizada por Quirino (2010). Essa norma define que painel de média densidade apresenta valor no intervalo de 551 Kg/m³ a 750 Kg/m³. Os valores médios de densidade aparente para cada painel são apresentados Tabela 9.

Tabela 9-Densidade aparente dos painéis compósitos.

PAINEL	Densidade kg/m³
Piloto	936,65
Dois	889,6
Três	760,97

A densidade média apresentada pelos painéis de estudo de Quirino (2010), foi de 880 Kg/m³, classificando-os como de alta densidade. Como se observa na tabela, os valores médios da densidade do painel piloto foi de 936,65 Kg/m³, e a do painel 2 foi de 889,6 Kg/m³, o que os classifica como de alta densidade.

Todavia, os estudos iniciais com o material compósito mostraram que houve equívoco quanto a norma utilizada como referência para a produção dos primeiros painéis. A NBR 14810 normatiza ensaios para painéis particulados e não os de fibras, como o material produzido por esta pesquisa. Com isso, foi ajustado a quantidade de materiais para a produção do painel 3, assim como utilizada a norma NBR 15316-2 (ABNT, 2015) que estabelece os requisitos e os métodos de ensaio para painéis de fibras de média densidade.

As amostras do painel 3 apresentaram valor médio de densidade de 760,97 Kg/m³. A NBR 15316-2 classifica como painéis de fibras de madeira de baixa

densidade os de valores entre 550 a 650 Kg/m³; aqueles com densidade entre 650 a 800 Kg/m³ são de média densidade; e os acima de 800 Kg/m³ de alta densidade. Com a adequação da quantidade do material e da norma para a produção do painel 3, este classifica-se como painel de média densidade.

5.2 Inchaimento

Na Tabela 10 são apresentados os valores médios obtidos nos ensaios de inchaimento, segundo a espessura dos painéis, assim como o cálculo do desvio padrão.

Tabela 10-Valores obtidos nos ensaios de Inchaimento (I) para 2 e 24 horas, com respectivos Desvio Padrão

Tipo de painel	Inchaimento 2h (%)	Desvio Padrão (2h)	Inchaimento 24h (%)	Desvio Padrão (24h)
Piloto	2,5	0,8	16,10	3,7
Dois	0,03	0,048	1,06	0,158
Três	4,21	2,22	5,89	0,33

Segundo recomendações normativas, os valores de inchaimento após duas horas devem estar abaixo dos 8%. Tal qual a NBR 15316-2 que especifica o valor de 17 % como requisito máximo após 24horas. E como se pode observar na tabela acima, os valores obtidos para os três painéis mostram-se satisfatório atendendo ao requisito mínimo de variação dimensional.

O painel 3 apresentou o maior resultado para inchaimento máximo em 2 horas, cujo valor médio foi 4,21%. Em relação ao inchaimento mínimo, o painel 2 foi o que apresentou resultado menor que 1% de inchaimento após 2 horas. A causa da maior taxa de inchaimento provavelmente deve-se a maior densificação do painel (ALBUQUERQUE, 2002). O que pode ser percebido nos resultados apresentados para o inchaimento de 24horas onde o painel piloto apresentou valor de 16,10%, sendo superior em comparação com o Painel 2 e o Painel 3, cujos valores foram de 1,06 % e 5,89%, respectivamente.

Para compósitos produzidos com fibras de madeira e 15% resina a base de óleo de mamona, os resultados apresentados por Lima (2012) foi de e 4,6% de inchaimento após 2 horas, um resultado superior ao encontrado nesta pesquisa, cujo

valor foi de 4,21% para o Painel 3. Utilizando a mesma porcentagem de resina Cravo. et al (2015) desenvolveu dois painéis compósitos usando casca de amendoim e fibra de coco. Os resultados apresentando para inchamento de 24 horas foram de 18,92 % e 18,1%. Estes valores verificados foram bem superiores ao estimado pela norma, assim como ao deste estudo que apresentou sua máxima para o painel piloto de 16,10%.

Deste modo, verifica-se por meio do ensaio de inchamento a existência da viabilidade técnica para a produção de painéis de 10mm de espessura produzidos a partir do pó de serragem de MDF.

5.3 Absorção

Os resultados de absorção de água em 2h e 24h obtidos com os painéis compósitos são mostrados na Tabela 11. Nas normas referenciais deste trabalho não há especificação de valores máximos para esta propriedade, porém os resultados encontrados em comparação com outros estudos podem ser considerados da mesma ordem de grandeza.

Tabela 11- Valores obtidos nos ensaios de Absorção (A) para 2 e 24 horas, com respectivos Desvio Padrão

Tipo de painel	Absorção 2h (%)	Desvio Padrão (2h)	Absorção 24h (%)	Desvio Padrão (24h)
Piloto	5,7	2,18	20,71	4,87
Dois	6,11	1,76	21,64	5,25
Três	8,73	1,56	32,02	5,31

O valor máximo em 2 horas ocorreu no painel 3 com 8,73%. Após 24 horas de ensaio, a mínima absorção foi observada no painel 1, com 20,71%. O painel com menor densidade apresentou maior valor de absorção de água tanto em 2h quanto em 24h. Para Souza (2016) o fato pode estar atribuído a menor quantidade de material para a formação do compósito, o que colabora para obtenção de espaços vazios entre as partículas reduzindo o contato entre elas, dificultando a adesão e permitindo maior absorção de água.

Os valores médios experimentais de absorção obtidos para os painéis em estudo, ao que se refere 2 horas, foram inferiores aos identificados na literatura (Tabela 12), se comparados aos estudos de Souza (2016) e Weber e Iwakiri (2015), que utilizaram resíduos de madeira, MDF e a ureia formaldeído em diferentes porcentagens, obtendo painéis de média densidade. Os valores de absorção de água encontrados neste trabalho são inferiores tanto para 2h quanto para 24h, cujos valores são de 8,73% e 32,01%, respectivamente. Uma hipótese levantada para essa menor absorção deve-se ao tipo de resina utilizado que tem propriedades hidrofóbicas.

Tabela 12- Resultado da absorção de água após 2 e 24 horas referentes a outros estudos

Material	Adesivo	Densidade (kg/m ³)	Absorção (%)		Autores
			2h	24h	
Madeira e serragem	UF-15%	632- 652	8,73	-	Souza (2016)
Resíduo de MDF, MDP e OSB	UF-6% e 10%	681 a 765	-	32,02	WEBER E IWAKIRI (2015)
Fibra natural	PU-10-15%	800-1000	16,20	47,92	Barbosa (2016)
Fibra natural	PU-15%	800	8,48	-	Quirino (2010)
Resíduo de MDF	PU-15%	760 A 940	5 a 8,73	19 a 32	Estudo

Onde: UF-ureia-formaldeído; PU-poliuretana a base de óleo de mamona.

Barbosa (2016) verificou que as placas produzidas com fibras naturais e 15% de resina PU classificadas como de alta densidade, atingiram 16,2% de absorção após 2 horas e, para 24 horas, atingiram 47,92%. Os painéis produzidos por Quirino (2010) absorveram 8,48% de água para o ensaio de 2 horas. Os estudos citados tiveram resultados superiores ao encontrado na presente pesquisa, onde expôs resultados de 5,7% e 6,11% para os painéis piloto e dois para os ensaios de 2h, enquanto que para ensaio de 24horas foi de 21,64%. A maior absorção de água pelos painéis com fibras naturais pode estar associada a característica de absorção que a fibra natural possui, o que de acordo com Freitas e Lenz (2019) pode implicar

diretamente na instabilidade física e estrutural do painel, tendo em vista que, para a estruturação, é necessário resistência a condições de clima adversas.

Considerando os resultados de absorção para os painéis de MDF produzidos pela empresa Berneck, que apresenta valores de 13,10% para o MDF STD (standard) e 5,90 % para o MDF PLUS com os painéis produzidos neste trabalho, verifica-se que os valores obtidos foram menores em comparado com a linha STD, o que indica índice dentro do aceitável. Em comparado com a linha Plus que possui maior resistência a umidade os valores foram superiores, sendo resultados muito semelhantes.

5.4 Trabalhabilidade

As amostras do painel 2 e painel 3 foram submetidas ao ensaio de trabalhabilidade com base na norma ASTM-D1666-11, assim como para efeito comparativo e uso de referência foram utilizadas amostras de MDF.

Foi observado que tanto o painel 2 (alta densidade) quanto o painel 3 (média densidade) obtiveram resultados positivos para os ensaios de corte, lixamento, colagem, fixação de parafuso e usinagem. No entanto, o painel 3 é o que mais se assemelha às características e propriedades dos painéis de MDF, conforme observado durante os ensaios realizados com amostras cedidas pela empresa Comoditá.

O ensaio de corte apresentou resultados visualmente agradáveis com cortes precisos e sem danos nas amostras ensaiadas, até mesmo nas de menores tamanhos, mostrando-se como um material propício para o acabamento das peças. O comportamento das amostras para o lixamento foi semelhante ao apresentado pelas amostras de MDF, o que configura um material capaz de receber o lixamento para pintura, por exemplo, característica esta encontrada no MDF.

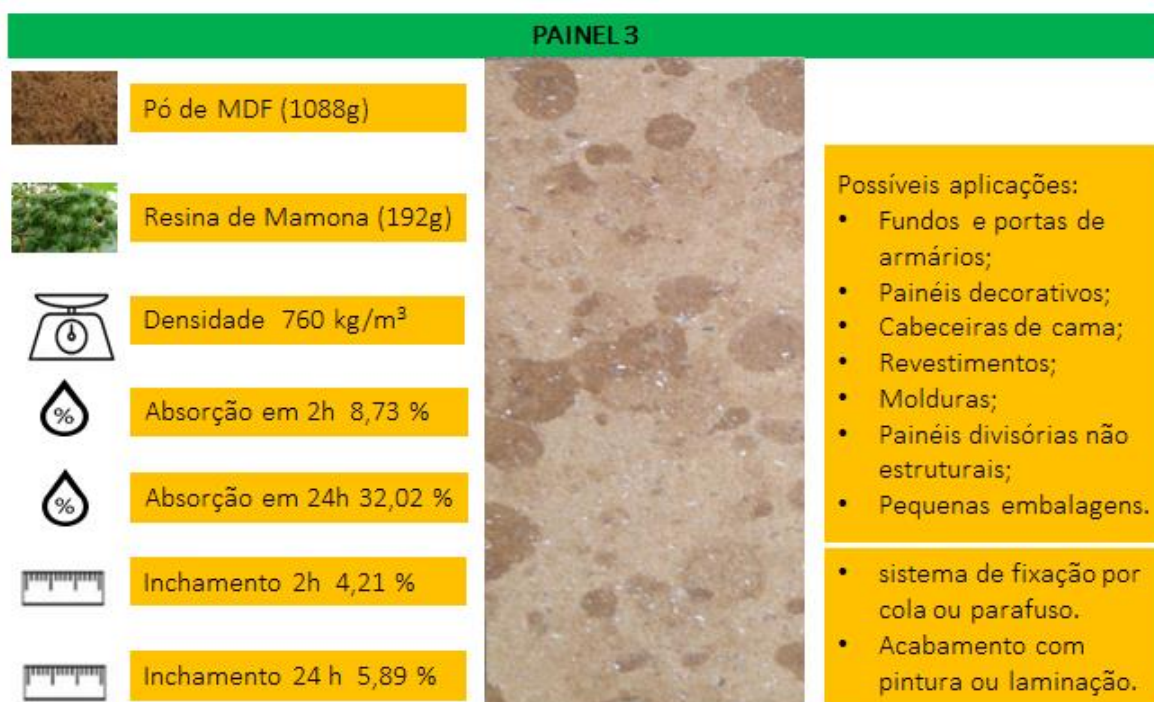
Os ensaios de usinagem com fresa reta e circular atestaram boa usinabilidade, o que confere ao material a capacidade de receber ferragens com sistema de fixação por encaixe, sem a necessidade de parafusos. Os ensaios de colagem e aplicação de parafusos também apresentaram resultados muito

semelhantes aos apresentados pelo MDF, o que indica que o compósito desenvolvido por este estudo possui grande potencial de uso para diversos fins.

5.5 Potencialidades de uso dos painéis compósitos

De acordo com as características físicas e mecânicas demonstrados pelos ensaios realizados no material compósito desenvolvido, o novo painel de pó de MDF e resina bi componente de mamona, têm potencial para ser utilizado na aplicação de produtos para o design. As potencialidades são diversas e essas são apresentadas na Figura 50 abaixo.

Figura 50-painel 3



6. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada atingiu os objetivos propostos, quais sejam desenvolver novo material compósito constituído com resíduo de resina vegetal e pó de MDF, para propiciar um melhor aproveitamento dos resíduos gerados por empresa moveleira.

Inicialmente, o estudo realiza uma revisão da literatura para conhecimento sobre compósito, processos produtivos e ensaios para determinação das propriedades do material.

Os achados da mineração de dados que resultaram em 25 pesquisas apresentaram conhecimentos sobre compósitos produzidos com vários tipos de resíduos, utilizando diversas resinas como aglutinantes, sendo recorrente o uso de fibras naturais para o desenvolvimento de compósitos. Os processos produtivos apresentados nas pesquisas consultadas, em sua grande maioria utilizam os mesmos procedimentos metodológicos, determinando que os processos são as indicações de uso para as resinas empregadas. Além disso, a mineração de dados serviu para comprovar a inexistência de outros estudos com os mesmos processos e materiais propostos por este estudo (pó de MDF e resina de mamona), apontando ineditismo do trabalho.

Tem-se ainda como alcance dos objetivos propostos, a realização do estudo de caso com empresa moveleira, para identificar os tipos de resíduos gerados e perdas na produção. Para esse objetivo específico, o diagnóstico revelou uma quantidade de resíduos e perdas significativas para a empresa, embora a mesma se utilize de softwares específicos para o aproveitamento máximo do MDF.

Observou-se ainda, por meio do estudo de caso, que o pó de MDF é descartado sem o devido cuidado, configurando-se como um grande problema para os fabricantes de moveis. Esses resíduos são produzidos em grande quantidade no dia a dia da movelaria e precisam ser recolhidos por empresas terceiradas, o que gera um custo a mais para os negócios.

O projeto-piloto para a produção do compósito foi fundamental para a definição de um processo produtivo válido para a confecção do novo material. Outro ponto positivo foi o uso da resina vegetal a base do óleo de mamona, que possui potencial renovável e confere ao material status de produto eco-sustentável.

As quantidades de matérias-primas utilizadas para confecção dos 3 painéis com medidas de 0,40x0,40x0,01, foram de 85% de pó de MDF e 15% de resina vegetal, resultando em painéis de alta densidade para os dois primeiros e média densidade para o painel 3. O compósito possui aspecto estável e rígido, como mostraram os ensaios realizados nas amostras oriundas dos três painéis. Os ensaios realizados demonstraram ainda que o compósito possui características de boa absorção e inchamento de água, mas para atestar as propriedades de resistência e dureza novos ensaios deverão ser realizados, como ensaio de flexão, compressão, módulo de elasticidade dinâmica, arrancamento de parafuso e microscopia eletrônica de varredura.

Os resultados dos ensaios de trabalhabilidade definiram as possíveis aplicações do compósito para diversos fins produtivos na indústria do mobiliário, produtos próprios da criação do designer. Do ponto de vista ambiental a avaliação também é positiva, visto que os resíduos da marcenaria são aproveitados para gerar novo material, retirando da natureza aquilo que seria considerado lixo.

Tais considerações finais nos remete ao questionamento inicial feito que direcionou esta pesquisa: Os resíduos de MDF e a resina vegetal são capazes de se aglutinarem o suficiente para formar um compósito resistente? Sim. Pois os ensaios realizados no novo material demonstraram que o pó de MDF ao ser aglutinado e compactado com resina vegetal de óleo de mamona, por meio de prensa e calor, forma um compósito resistente, de média densidade e de fácil capacidade de usinagem, corte, torneamento e entalhe. Apresentam ainda em sua aparência boa homogeneidade, superfície lisa, uniforme e texturizada. Essas características comprovam a hipótese de que é viável a obtenção de um compósito constituído de pó de MDF e resina vegetal para a composição de novo material, sendo, portanto, uma solução inovadora para a produção no design de produtos.

Conclui-se assim que a pesquisa realizada contribuiu para o campo da gestão de resíduos sólidos, com exemplo da possibilidade de dar uma destinação mais correta dos resíduos industriais moveleiros. Para a prática profissional do designer, a pesquisa apresenta-se como um novo campo para a contribuição na sustentabilidade ambiental, bem como para a valorização de resíduos sólidos tidos como um problema ambiental, o resultado é um novo material com diferencial para o aumento da competitividade das empresas e para a criação de novos produtos e empregos.

6.1 Trabalhos futuros

O compósito desenvolvido nesta pesquisa mostrou que a utilização do pó de MDF para a preparação de novo material compósito é possível. Todavia, torna-se necessária a realização de estudos variando a proporção da resina utilizada de forma a baixar o custo da produção. Pois foi observado durante a revisão da literatura que este é um dos objetivos dos pesquisadores, tendo em vista que a resina de mamona encarece a produção desse tipo de material.

É necessário a realização dos ensaios mecânicos que não foram possíveis de executar devido à situação de isolamento social imposta pela pandemia do novo corona vírus que assolou o planeta, resultando no fechamento dos diversos laboratórios, incluindo os da Universidade Federal do Amazonas.

Ainda é importante avaliar as propriedades do material submetido aos ataques biológicos, absorção de umidade, acústica e durabilidade, para uma melhor caracterização, bem como verificar a viabilidade econômica da produção industrial para sua exploração comercial.

Testar amostras com volumetrias e pigmentos é essencial para aumentar as possibilidades de aplicação do material no design de produtos, sendo essa uma ótima oportunidade de exploração do compósito devido a sua abordagem ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMOVEL. (2018). Relatório Setorial da Indústria de Moveis no Brasil. 13, 2018.
- ABNT - Associação brasileira de normas técnicas. NBR 14810: Painéis de partículas de média densidade. Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ABNT - Associação brasileira de normas técnicas. NBR 14810: Painéis de partículas de média densidade. Parte 3: Métodos de ensaio. RJ: ABNT, 2018.
- ABNT - Associação brasileira de normas técnicas. NBR 15316: Painéis de fibras de média densidade. Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ALBUQUERQUE, C. E. C. DE. Interações de variáveis no ciclo de prensagem de aglomerados. **Dissertação** 2002.
- ALCÂNTARA., E. M. D.; MENDES., J. U. L. Desenvolvimento de um biopolímero de fécula de mandioca para isolamento térmico. **Holos**, v. 07, p. 103–117, 2018.
- ALONGE, F. A. et al. Produtos ecoeficientes na arquitetura: a produção de painéis feitos a partir do compósito de plástico e casca de arroz. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, p. 13–27, 2014.
- AMBIENTE, M. DO M. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Instrumento de Responsabilidade Socioambiental na Administração Pública. 2014.
- AMERICAN SOCIETY OR TESTING AND MATERIALS*. ASTM-D1666-11: Standard Test Methods for Conducting Machining Tests of Wood and Wood-Base Panel Materials.
- ANTÓNIO, J. et al. Application of rice husk in the development of new composite boards. v. 176, p. 432–439, 2018.
- BARBACOVİ, N. E. Universidade de Passo Fundo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental Área de concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente. p. 1–122, 2013.
- BARBOSA, A. de M. Compósitos poliméricos com resíduo de açaí para mitigação de efeitos térmicos como estratégias eco-alternativas em habitações na Amazônia. **Dissertação** (2016).
- BARRETO., F. M.; CUNHA., R. A. D.; MENDES., J. U. L. Análise térmica de um eco compósito de poliuretano de mamona. v. 7, p. 110–120, 2016.
- BINHUSSAIN, M. A.; EL-TONSY, M. M. Palm leave and plastic waste wood composite for out-door structures. **Construction and Building Materials**, v. 47, p. 1431–1435, 2013.
- BLUM, A.; MERINO, E. A. D. M. G. S. A. D. Método visual para revisão sistemática em Design com base em conceitos da Mineração de Dados Visual method for systematic review in design based on concepts of Data Mining. p. 124–139, 2016.
- BRAGA, J. Ecodesign: a case study of strategies applied to national products. **Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão**, v. 13, n. 2, p. 28–40, 2014.
- BRUNDTLAND, G. H. (Org.) Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: FGV, 1987.
- BUZO, A. L. S. C. Painéis aglomerados produzidos com partículas de pinus e bagaço de cana empregando-se ureia formaldeído e poliuretano à base de mamona. **Dissertação**, 2018.

- CALEGARI., E. et al. Design e materiais: desenvolvimento de biocompósitos a partir da casca de arroz e do resíduo de papel em matriz poliuretana vegetal à base de mamona. n. Abril, 2017.
- CALEGARI, E. P.; OLIVEIRA, B. F. DE. Compósitos a partir de materiais de fontes renováveis como alternativa para o desenvolvimento de produtos. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, n. 1, p. 140–155, 2016.
- CALLISTER, W. D. Jr.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2015.
- CARNOS, B. Madeira aglomerada: conceito e utilização. Sagra, 1988.
- CASAGRANDE, M. C. et al. Reaproveitamento de Resíduos Sólidos Industriais: Processamento e Aplicações no Setor Cerâmico. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. Abril 2014, p. 34–42, 2008.
- CAVALCANTE, A. L. B. L., PRADO, R. R. O Designer e sua Responsabilidade com o Meio Ambiente. **Unopar ciência exata tecnologia, Londrina** v. 4. p. 57–63, 2005.
- CHAVOOSHI, A.; MADHOUSHI, M. Mechanical and physical properties of aluminum powder / MDF dust / polypropylene composites. **Construction and Building Materials**, v. 44, p. 214–220, 2013.
- CONAMA. Gestão de Resíduos e Produtos Perigosos. p. 654–668, 2002.
- CRAVO., J. C. M. et al. Painel aglomerado de resíduos agroindustriais. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 25, n. 3, p. 721–730, 2015.
- CUNHA;, T. Q. G. DA et al. Caracterização do resíduo de MDF e seu aproveitamento na produção de pellets. p. 300–304, 2018.
- CUNHA, P. W. S. et al. Propriedades termofísicas de compósito de matriz de gesso e fibra vegetal. **Holos**, v. 1, p. 127–138, 2013.
- DONATO, C. J.; TAKENAKA, E. M. M. O Aproveitamento de Resíduos de Madeira para o Desenvolvimento Sustentável The Wood Waste Utilization for Sustainable Development La utilización de residuos de madera para el Desarrollo Sostenible. p. 67–80, 2016.
- FIORELLI, J. et al. Painéis de partículas monocamadas fabricados com resíduo de madeira e fibra de coco verde Monolayers particleboards manufactured with wood waste and green coconut fiber Resumo. p. 175–182, 2015.
- FREITAS., A. DE; LENZ, D. M. Produção de painéis de madeira com resíduos de MDF e MDP da indústria moveleira e resina à base de tanino de Acácia Negra. p. 141–153, 2019.
- GIANNINI, C. F. Gestão dos resíduos industriais e a qualidade de vida. v. 1, p. 1–9, 2009.
- GIL, Antonio Carlos. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. São Paulo: Atlas, 1995.
- GOMES, J. W. et al. Absorção de água e propriedades mecânicas de compósitos poliméricos utilizando resíduos de MDF. **Polímeros**, v. 27, p. 48–55, 2017.
- HILLIG., É. et al. Caracterização de compósitos produzidos com polietileno de alta densidade (hdpe) e serragem da indústria moveleira – parte ii – extrusão em dupla-rosca1. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 21, n. 2, p. 335–347, 2011.
- HILLIG, É.; SCHNEIDER, V. E.; PAVONI, E. T. Geração de resíduos de madeira e derivados da indústria moveleira em função das variáveis de produção. **Produção**, v. 19, n. 2, p. 292–303, 2013.
- IBÁ. Relatório 2017. **Industria brasileira de árvores**, 2017.

IPEA. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais. 2012.

IRLE, M. et al. Advanced recycling of post-consumer solid wood and MDF. **Wood Material Science and Engineering**, v. 0272, p. 1–5, 2018.

KRISHNA, V. et al. Additive manufacturing of natural fiber reinforced polymer composites : Processing and prospects. **Composites Part B**, v. 174, n. May, p. 106956, 2019.

LEMOS, A. L. DE; MARTINS, R. M. DE. Desenvolvimento e Caracterização de Compósitos Poliméricos à Base de Poli (Ácido Lático) e Fibras Naturais Development and Characterization of Polymeric Composites. v. 24, p. 190–197, 2014.

LIMA, M. D. F. Utilização de resíduos da espécie *Dipteryx polyphylla* (Cumaru), *Dipteryx odorata* (Cumaru) e *Brosimum parinarioides* (Amapá) na produção de painéis de madeira aglomerada com resina poliuretana à base de óleo da mamona. **Dissertação** 2012.

LOUZADA JR, M. A. et al. O CONTEXTO BRASILEIRO E AS OPORTUNIDADES DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE MADEIRA. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 5, p. 24–40, 2017.

LOPES, C. S. D. Desenho de pequenos objetos de madeira com resíduo da indústria de processamento mecânico da madeira. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, v. 4 (3), p. 106–132, 2009.

MANZINI, E; VEZZOLI, C. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. Tradução: Astrid de Carvalho. 1ª edição, 4ª reimpressão. São Paulo: Edusp, 2016.

MARCONI, M. de A. LAKATOS, E. M. Metodologia Científica. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MASSUKADO, L. M. Sistema de Apoio à Decisão: Avaliação de Cenários de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares. **Dissertação**, 2004.

MELO, A. J. N. ; RODRIGUES, R. B. Anais do V Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP 2017 - ISSN: 2318-9258. p. 3275–3283, 2017.

MESQUITA, R. G. DE A. et al. Polyester composites reinforced with maleic anhydride-treated filaments from mauve. **Cerne**, v. 24, n. 1, p. 1–8, 2018.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade : Evolução Dos Conceitos Teóricos E Os Problemas Da Mensuração Prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, v. 16, n. nº16, p. 22–41, 2004.

MMA. Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos. 2011.

MOTA., A. R. S. DA; SILVA, N. M. DA. Aspectos norteadores da gestão e gerenciamento de resíduos sólido. **Revista Observatório de la Economía Latinoamericana**, 2016.

MUCCI, J. L. N. **Introdução às ciências ambientais. In: Educação ambiental e sustentabilidade.** [s.l: s.n.], 2005.

NASCIMENTO, E. P. DO. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 51–64, 2012.

NOLASCO, A. M.; ULIANA, L. R. **Gerenciamento de resíduos na indústria de pisos de madeira.** [s.l: s.n.], Piracicaba: ANPM, 2014.

OLIVEIRA, V.; CORREIA, S.; GOMEZ, C. Cultura de Consumo, Sustentabilidade e Práticas Empresariais: Como as Empresas Podem Contribuir para Promover o valor Simbólico da Sustentabilidade nas Atividades de Consumo? **Revista de Gestão Ambiental e**

Sustentabilidade, v. 5, n. 1, p. 61–77, 2016.

PAPPU, A.; KUMAR, V. Towards sustainable micro and nano composites from fl y ash and natural fi bers for multifunctional applications. **Vaccum**, p. 1–11, 2017.

PEDRAZZI;, C. et al. Qualidade de chapas de partículas de madeira aglomerada fabricadas com resíduos de uma indústria de celulose. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 201–212, 2006.

PEREIRA, L. et al. PMES e o meio ambiente: uma análise das ações e nível de conhecimento dos gestores sobre a gestão ambiental. p. 1–17, 2019.

PHILIPPI, JR. Arlindo, PELICIONI, Focesi Cecília Maria. Educação ambiental e sustentabilidade. Barueri, SP: Manole, 2005 Coleção Ambiental 3

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico : Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PROTZEK., G. R. et al. Análise das propriedades físicas do compósito de serragem e poliuretano derivado de óleo de mamona. 2016.

QUARESMA, D. M. DE M.; MOURA, H. T. Design para a Sustentabilidade Ampla de Sistemas Produto- Serviço : Estudo de Caso de Empresa de Design de Acessórios de Moda em Couro. **Estudos em Design**, p. 66–91, 2016.

QUIRINO., M. G.; SANTOS., P. DOS A. B. S. DOS; NETO., L. G. DE M. V. Compósito laminar produzido com a fibra da semente do açaí (Euterpe precatoria). 2017.

QUIRINO, M. G. Estudo de matriz polimérica produzida com resina natural e fibra da semente de açaí (Euterpe precatória). **Dissertação** 2010.

ROSA., F. S. DA. Desenvolvimento de material de isolamento térmico compósito à base de sabugo de milho. **Dissertação**, 2019.

SANCHEZ, E. M. S. et al. Compósito de Resina de Poliéster Insaturado com Bagaço de Cana-de-Açúcar: Influência do Tratamento das Fibras nas Propriedades. v. 20, p. 194–200, 2010.

SÁNCHEZ, M. L.; MORALES, L. Y.; CAICEDO, J. D. Physical and mechanical properties of agglomerated panels made from bamboo fiber and vegetable resin. **Construction and Building Materials**, v. 156, p. 330–339, 2017.

SEBRAE. Sustentabilidade nos pequenos negocios. v. 2ª edição, p. 19, 2015.

SHIROSAKI, R. K. Caracterização de painéis de partículas de madeira tratada com ccb confeccionados com resina poliuretana mista. 2019.

SILVA., S. A. M. et al. Painéis de partículas de madeira leucena e resina poliuretana derivada de óleo de mamona. **Ciencia Rural**, v. 43, n. 8, p. 1399–1404, 2013.

SILVA, A. L. M.; LOGSDON, N. B.; ABREU, J. G. Análise da viabilidade de resíduo de jequitibá-vermelho (Cariniana legalis) na produção de painéis homogêneos de madeira aglomerada. **EBRAMEM - XI Encontro brasileiro em madeira e estruturas de madeira**, Londrina, 2008.

SOUZA, A. M. Produção e avaliação do desempenho de compósitos à base de madeira a partir de insumos alternativos. *Revista Brasileira de Ergonomia*, 9(2), 2016.

TAYLOR, C. et al. Development and weatherability of bio-based composites of structural quality using flax fiber and epoxidized sucrose soyate. **Materials and Design**, v. 113, p. 17–26, 2017.

TEIXEIRA;, M. G.; COUTO, E. C. DOS S. J. E. C. DOS S. Aplicação de conceitos da ecologia industrial no design de produtos em eco-compósito de resíduos particulados e pedaços descartados de madeira. **Revista Gestão Industrial**, v. 12, p. 200–219, 2016.

VARANDA, L. D. et al. Physical performance of particleboards using castor oil-based adhesive. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 10, p. 707–712, 2018.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. DA. Panorama de mercado: painéis de madeira. **BNDS setorial**, v. 40, p. 323–384, 2014.

WEBER, C.; IWAKIRI, S. Utilização de resíduos de compensados, mdf e mdp para produção de painéis aglomerados. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 25, n. 2, p. 405–413, 2015.

YAMADA, T. R.U., NASCIMENTO R. A. Desenvolvimento de uma Estrutura Flat Foldable em Bambu Laminado Colado baseada no Padrão Miura-Ori Development of a Flat Foldable Structure in Glued Laminated Bamboo based on Miura-Ori Pattern. p. 1–24, 2017.