



HEKICIELLEN PAMELLA NUNES DO VALE

**UTILIZAÇÃO DE FIBRAS DA PALMEIRA AMAZÔNICA
Mauritia flexuosa COMO REFORÇO EM GESSO
ACARTONADO**

**LAVRAS-MG
2023**

HEKICIELLEN PAMELLA NUNES DO VALE

**UTILIZAÇÃO DE FIBRAS DE PALMEIRA AMAZÔNICA (MAURITIA
FLEXUOSA) COMO REFORÇO EM GESSO ACARTONADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Acadêmico em Engenharia de Biomateriais, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Júlio César Ugucioni
Orientador

Prof. Dr. José Benedito Guimarães
Coorientador

**LAVRAS-MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,
com dados informados pelo (a) próprio(a) autor(a).

VALE, Hekiciellen Pamella Nunes do.

Utilização de Fibras de Palmeira Amazônica (*Mauritia Flexuosa*) como reforço em gesso acartonado/ Hekiciellen Pamella Nunes do Vale- 2023.

38 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Júlio César Ugucioni

Coorientador: Prof. Dr. José Benedito Guimarães

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Amazônia. 2. Produtos florestais não madeiros. 3. Sustentabilidade. I. Ugucioni, Júlio César . II. Guimarães, José Benedito. III. Título.

HEKICIELLEN PAMELLA NUNES DO VALE

UTILIZAÇÃO DE FIBRAS DE PALMEIRA AMAZÔNICA (MAURITIA FLEXUOSA) COMO REFORÇO EM GESSO ACARTONADO

USE OF AMAZON PALM FIBERS (MAURITIA FLEXUOSA) AS REINFORCEMENT IN PLASTERBOARD

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Acadêmico em Engenharia de Biomateriais, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de Julho de 2023

Prof. Dr. Lourival Marin Mendes – UFLA/MG

Prof. Dr. Mário Vanoli Scatolino – UFERSA/RN

Prof. Dr. Júlio César Ugucioni

Orientador

**LAVRAS – MG
2023**

AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e Universidade federal de Lavras – UFLA”

RESUMO GERAL

Ao longo da história da construção civil, o uso do gesso tem sido extensamente adotado devido às suas qualidades versáteis, durabilidade notável e facilidade de instalação. Um exemplo moderno dessa versatilidade é o sistema construtivo conhecido como gesso acartonado, ou Drywall, que conquistou reconhecimento por sua eficiência e capacidade de se adaptar aos mais diversos projetos arquitetônicos. No entanto, à medida que a busca por alternativas mais sustentáveis se intensifica, surgem opções inovadoras destinadas a aprimorar as características do gesso, ao mesmo tempo que reduzem seu impacto ambiental. Uma abordagem promissora é a incorporação de compósitos de gesso reforçados com fibras e partículas lignocelulósicas. Nesse cenário, merece destaque o miriti (*Mauritia flexuosa*), uma palmeira nativa da região amazônica. O miriti não apenas possui um grande potencial socioeconômico, mas também é valorizado por suas propriedades distintas e sua natureza renovável como recurso natural. Por meio deste estudo, buscamos explorar o potencial do miriti como reforço em placas de gesso acartonado, levando em consideração suas características e benefícios. Foi avaliar a qualidade de compósitos de gesso acartonado substituindo parte da matriz de gesso por diferentes concentrações de coprodutos de miriti. Foram utilizados quatro teores de miriti: 2,5%, 5%, 7,5% e 10%. A produção dos compósitos envolveu a mistura manual do gesso, água e partículas de miriti, seguida da moldagem em formas com dimensões específicas. Para simular o revestimento utilizado no sistema de drywall, as placas foram revestidas com polpa de celulose. Após um período de cura, as placas foram submetidas a testes físico-mecânicos e térmicos. Os resultados obtidos demonstraram que os compósitos de gesso acartonado com miriti apresentaram menor densidade aparente variando de 1,03 a 0,52 (g/cm³), o que resulta em materiais mais leves. Tanto os compósitos reforçados quanto os não reforçados atenderam aos requisitos da norma EN 13279-1 (2008) para a resistência à flexão. Além disso, os compósitos com até 5% de miriti também atenderam às exigências da norma para a resistência à compressão, que estabelece um valor mínimo de 2 MPa. Esses resultados destacam o potencial desses compósitos reforçados em diversas aplicações do gesso acartonado. Eles podem ser empregados em áreas que requerem redução de peso, como divisórias internas, forros e revestimentos. Adicionalmente, a utilização de miriti como reforço não apenas aprimora as características do material, mas também contribui para a preservação do meio ambiente e para o desenvolvimento econômico das comunidades locais na região amazônica.

Palavras-chave: Amazônia. Fibras naturais. Materiais de valor agregado. Resíduos lignocelulósicos.

ABSTRACT

Throughout the history of civil construction, the use of gypsum has been widely adopted due to its versatile qualities, remarkable durability, and ease of installation. A modern example of this versatility is the construction system known as gypsum board, or Drywall, which has gained recognition for its efficiency and ability to adapt to various architectural projects. However, as the search for more sustainable alternatives intensifies, innovative options emerge aimed at enhancing gypsum's characteristics while reducing its environmental impact. A promising approach is the incorporation of gypsum composites reinforced with fibers and lignocellulosic particles. In this scenario, miriti (*Mauritia flexuosa*), a palm tree native to the Amazon region, deserves special mention. Miriti not only has significant socioeconomic potential but is also valued for its distinct properties and renewable nature as a natural resource. Through this study, we aim to explore the potential of miriti as reinforcement in gypsum plasterboard sheets, considering its characteristics and benefits. The study evaluated the quality of gypsum plasterboard composites by replacing part of the gypsum matrix with different concentrations of miriti co-products. Four miriti content levels were used: 2.5%, 5%, 7.5%, and 10%. The production of the composites involved the manual mixing of gypsum, water, and miriti particles, followed by molding into specific dimensions. To simulate the coating used in the drywall system, the sheets were coated with cellulose pulp. After a curing period, the sheets underwent physical-mechanical and thermal tests. The results obtained demonstrated that gypsum plasterboard composites with miriti had a lower apparent density ranging from 1.03 to 0.52 (g/cm³), resulting in lighter materials. Both reinforced and non-reinforced composites met the requirements of standard EN 13279-1 (2008) for flexural strength. Furthermore, composites with up to 5% miriti also met the standard's requirements for compression strength, which establishes a minimum value of 2 MPa. These results highlight the potential of these reinforced composites in various applications of gypsum plasterboard. They can be employed in areas that require weight reduction, such as internal partitions, ceilings, and coatings. Additionally, the use of miriti as reinforcement not only enhances the material's characteristics but also contributes to environmental preservation and the economic development of local communities in the Amazon region.

Keywords: Amazon. Natural fibers. Value-added materials. Lignocellulosic residues.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1- Miriti: a) Pecíolo de miriti; b) Partículas de miriti.	24
Figura 2- Densidade aparente de gessos acartonados reforçados com diferentes concentrações de partículas de miriti.	28
Figura 3- Absorção de água.....	29
Figura 4- Microscopia eletrônica de varredura: A-B) Gesso acartonado com 2,5% de partícula de miriti; C-D) Gesso acartonado com 10% de partícula de miriti.	30
Figura 5- Módulo de ruptura à flexão de gessos acartonados reforçados com diferentes concentrações de partículas de miriti.....	31
Figura 6- Módulo de elasticidade de gessos acartonados reforçados com diferentes concentrações de partículas de miriti.....	32
Figura 7- Microscopia óptica dos gessos acartonados: A) Sem partícula de miriti; B) 2,5% de partícula de miriti; C) 5% de partícula de miriti; D) 7,5% de partícula de miriti; E) 10% de partícula de miriti.....	32
Figura 8- Resistência à compressão de gessos acartonados reforçados com diferentes concentrações de partículas de miriti.....	33
Figura 9- Resistência térmica de gessos acartonados reforçados com diferentes concentrações de partículas de miriti.	34
Tabela 1- Composições dos compósitos.....	25
Tabela 2- Caracterização física e química da partícula de miriti.	27

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivos Gerais	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Compósitos	13
3.2 Compósitos à base de gesso	14
3.3 Fibras em materiais construtivos	15
3.4 <i>Mauritia flexuosa</i> – Miriti	16
3.5 Drywall	17
REFERÊNCIAS	19
SEGUNDA PARTE - ARTIGO	21
1 INTRODUÇÃO	22
2 MATERIAL E MÉTODOS	23
2.1 Materiais	23
2.2 Caracterização do material lignocelulósico	24
2.3 Produção dos compósitos	24
2.4 Avaliação das propriedades físicas e mecânicas	25
2.5 Isolamento térmico	25
2.6 Análise de microscopia óptica	26
2.7 Microscopia eletrônica de varredura	26
2.8 Análise dos resultados ou análises estatísticas	26
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
3.1 Caracterização do material lignocelulósico	26
3.2 Propriedades físicas dos compósitos	28
3.3 Propriedades Mecânicas dos compósitos	30
3.4 Resistência térmica dos compósitos	33
4 CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS	35

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da construção civil, o gesso tem sido amplamente utilizado como material versátil e durável. Sua popularidade é atribuída à facilidade e rapidez de instalação das chapas, além da capacidade de moldagem e excelente acabamento e decoração (PINTO et al., 2016). O gesso acartonado - Drywall, é um sistema construtivo composto por placas de gesso revestidas por papel cartão. Essas placas são fixadas a uma estrutura metálica ou de madeira, formando paredes, divisórias e tetos internos. O drywall é reconhecido pela instalação rápida, leveza e versatilidade na criação de espaços. Ele é usado principalmente em ambientes internos de edifícios residenciais, comerciais e industriais, permitindo a incorporação de isolamento acústico e térmico. Sua flexibilidade, facilidade de modificação e acabamento uniforme fazem dele uma opção popular na construção moderna. Porém, o descarte inadequado de materiais que contém gesso em sua composição pode ter impactos negativos no meio ambiente, pois, não se decompõe rapidamente na natureza e pode liberar sulfato quando em contato com a água, causando impactos nos solos e na qualidade da água (DECORFACIL, 2023; IBDA, 2023). Assim, com o crescente interesse por materiais inovadores e sustentáveis, surgem alternativas que visam melhorar as propriedades e reduzir o impacto ambiental.

Uma dessas alternativas é a utilização de materiais compósitos, nos quais fibras e partículas lignocelulósicas são incorporadas ou substituem parte da matriz de gesso. Essa abordagem busca desenvolver materiais mais sustentáveis, duráveis, econômicos e resistentes. Nos últimos anos, diversos estudos têm explorado o potencial do gesso como matriz em compósitos reforçados com fibras e partículas lignocelulósicas. Exemplos incluem a incorporação de fibras de bambu – (*Bambusa tuldoides*) (ALVARENGA et al., 2022), partículas de resíduos da agroindústria do cacau (VELOSO et al., 2020), e fibras de abacá (IUCOLANO et al., 2015). Essas pesquisas contribuem para o desenvolvimento de novos materiais que se enquadram no conceito de sustentabilidade.

Outro recurso natural que tem despertado interesse é o miriti (*Mauritia flexuosa* L.), também conhecido como buriti, uma palmeira encontrada na região amazônica. O miriti possui grande potencial socioeconômico, sendo utilizado na alimentação, cosméticos, artesanato e paisagismo (LORENZI et al., 2010). No entanto, o pecíolo, que é o caule que liga a lâmina foliar ao galho, é considerado um resíduo do processo.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade de compósitos à base de gesso reforçados com diferentes porcentagens de miriti para aplicação no sistema Drywall. Busca-se produzir novos materiais com propriedades aprimoradas, ao mesmo tempo em que se

promove benefícios ao meio ambiente. Essa pesquisa visa contribuir para a busca por soluções mais sustentáveis e eficientes na área da construção civil.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo geral desse estudo foi avaliar a qualidade de compósitos de gesso acartonado substituindo parte da matriz de gesso por diferentes concentrações de fibras de miriti, que são coprodutos da exploração da *Mauritia flexuosa*, uma palmeira abundante na região amazônica devido ao seu grande potencial socioeconômico.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterização química e física da fibra de miriti;
- Observar se a substituição do gesso por de fibras de miriti melhora as propriedades físicas e mecânicas;
- Verificar se há melhora nas propriedades térmicas do gesso acartonado com a substituição

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Compósitos

Os compósitos são materiais amplamente utilizados na indústria devido ao desempenho aprimorado. São definidos como materiais compostos por duas ou mais fases distintas, com uma fase contínua denominada matriz e uma fase dispersa conhecida como reforço (CALLISTER & RETHWISCH, 2018; CHAWLA, 2012; CLYNE & WITHERS, 2015).

Esses materiais podem ser classificados como naturais ou artificiais, dependendo de sua origem. Exemplos de compósitos naturais incluem a madeira, que é composta por fibras de celulose envolvidas em uma matriz de lignina, e o osso, que é formado por fibras de colágeno embebidas em uma matriz mineral (CALLISTER & RETHWISCH, 2018).

Os compósitos artificiais são desenvolvidos pelo homem para superar as limitações dos materiais puros. Eles podem ser constituídos por diferentes tipos de matrizes, como polímeros, metais e cerâmicas, combinados com reforços como fibras contínuas, descontínuas ou particuladas (CHAWLA, 2012; CLYNE & WITHERS, 2015).

Os reforços particulados são utilizados para melhorar as propriedades dos compósitos, como resistência, rigidez e resistência ao impacto. As partículas podem ter diferentes geometrias, como esferas, placas ou fibras curtas, e podem ser distribuídas de forma aleatória ou orientada na matriz (CLYNE & WITHERS, 2015).

A interface entre a matriz e o reforço é de extrema importância nos compósitos, pois afeta a transferência de carga e a eficiência do reforço. Estratégias avançadas de modificação de interfaces têm sido desenvolvidas para melhorar as propriedades mecânicas e a adesão entre as fases (CALLISTER & RETHWISCH, 2018).

Os compósitos têm uma ampla gama de aplicações em diversos setores industriais, como aeroespacial, automotivo, construção civil e esportes. Eles oferecem vantagens significativas, como redução de peso, aumento da resistência e rigidez, melhor desempenho em ambientes agressivos e maior durabilidade (CHAWLA, 2012; CLYNE & WITHERS, 2015).

Avanços recentes na fabricação e caracterização de compósitos têm impulsionado o desenvolvimento de novos materiais e processos. Técnicas como manufatura aditiva, nanotecnologia e engenharia de interfaces têm sido exploradas para aprimorar as propriedades e a funcionalidade dos compósitos (CALLISTER & RETHWISCH, 2018; CHAWLA, 2012).

Em resumo, os compósitos desempenham um papel fundamental na indústria, oferecendo soluções inovadoras e versáteis para uma variedade de aplicações. Com o contínuo

avanço da pesquisa e do desenvolvimento, espera-se que esses materiais continuem a desempenhar um papel crucial no futuro da engenharia de materiais.

3.2 Compósitos à base de gesso

O gesso possui diversas aplicações na indústria da construção civil. No Brasil, seu uso é abrangente e inclui forros, revestimentos, blocos, placas acartonadas e ornamentos pré-moldados, como molduras, faixas decorativas e florões (ABNT, 1994).

É importante destacar que o gesso é mais solúvel em água do que a gipsita, o que implica em limitações para sua utilização em ambientes expostos a umidade constante. Contudo, a resistência mecânica do gesso endurecido pode variar, com valores de resistência à tração entre 0,7 e 3,5 MPa, e resistência à compressão entre 5,0 e 15,0 MPa, dependendo das características do material (SILVA et al., 2016).

Os compósitos à base de gesso são materiais avançados que combinam uma matriz de gesso com diferentes reforços, resultando em propriedades mecânicas, térmicas e físicas aprimoradas em comparação ao gesso puro. Esses materiais compostos têm despertado interesse crescente na indústria da construção civil, arquitetura, design e outros setores, devido às suas propriedades únicas e à sua versatilidade em diversas aplicações.

No caso dos compósitos à base de gesso, a matriz consiste em gesso, enquanto os reforços podem ser fibras naturais, fibras sintéticas, resíduos sólidos e até mesmo nanomateriais.

A utilização de diferentes tipos de reforços tem sido objeto de extensas pesquisas recentes, visando melhorar as propriedades dos compósitos à base de gesso. Um exemplo de pesquisa recente é o estudo realizado por Soltan et al. (2021), que investigou a incorporação de fibras de carbono em compósitos de gesso. Os resultados mostraram que a adição das fibras de carbono resultou em um aumento significativo da resistência mecânica dos compósitos.

Além disso, a pesquisa tem explorado a incorporação de nanomateriais em compósitos à base de gesso. Em um estudo conduzido por Saleh et al. (2020), nanofibras de celulose foram adicionadas aos compósitos de gesso, resultando em uma melhoria significativa nas propriedades mecânicas e térmicas dos materiais compostos.

Outra área de pesquisa importante é o uso de resíduos sólidos como reforços em compósitos de gesso. Em um estudo conduzido por Caiado et al. (2019), foi investigada a utilização de resíduos de cerâmica em compósitos de gesso. Os resultados revelaram que a incorporação desses resíduos melhorou as propriedades físicas e mecânicas dos compósitos, ao

mesmo tempo em que promoveu a sustentabilidade por meio da reutilização de materiais descartados.

Essas pesquisas recentes evidenciam o avanço significativo na área de compósitos à base de gesso, demonstrando a importância do uso de diferentes reforços na melhoria das propriedades desses materiais compostos. Com a contínua investigação e inovação nesse campo, espera-se que os compósitos à base de gesso encontrem um amplo espectro de aplicações em diversos setores industriais, contribuindo para o desenvolvimento de materiais mais eficientes, sustentáveis e versáteis.

3.3 Fibras em materiais construtivos

As fibras são materiais sustentáveis que, quando adicionadas a componentes construtivos, oferecem diversas vantagens, como a leveza do material, baixo custo de produção e melhorias nas propriedades térmicas, acústicas e mecânicas (MAGALHÃES, 2009). A utilização de fibras naturais e/ou partículas em compósitos tem sido amplamente pesquisada na área da construção civil, devido às suas vantagens e à necessidade de utilizar matérias-primas renováveis (LIMA; IWAKIRI, 2011).

A principal vantagem da utilização de fibras como reforço em matrizes frágeis, como pasta de gesso, cimento, argamassas e concretos, é o comportamento do compósito após a fratura ter sido iniciada. As fibras conferem ductilidade pós-fratura ao material, destacando-se em relação a outros materiais compósitos (AGOPYAN, 1989). No entanto, algumas limitações são mencionadas, como alta absorção de umidade, interação insatisfatória com resinas hidrofóbicas, sazonalidade, temperatura de degradação inferior à temperatura de processamento do compósito e tendência a formar aglomerados durante o processamento (FAHIM; EL-HAGGAR, 2012; SANADI, 2004).

As fibras possuem três componentes principais: hemicelulose (20% a 40% em massa), celulose (40% a 60% em massa) e lignina (10% a 25% em massa). As microfibrilas, que possuem alto teor de celulose, são envolvidas por uma matriz amorfa de hemicelulose e lignina. Essa matriz tem a função de proteger a celulose contra microrganismos e enzimas, conferindo rigidez e pouca reatividade à estrutura do material (SPINACÉ et al., 2011; SANTOS et al., 2012).

3.4 *Mauritia flexuosa* – Miriti

A *Mauritia flexuosa*, conhecida como buriti ou miriti, é uma espécie de palmeira nativa da região amazônica e amplamente encontrada em áreas alagadas, como as várzeas e os igapós. Essa palmeira é reconhecida por sua imponência e importância socioeconômica e ecológica na Amazônia.

O buriti, também conhecido como miriti, possui um tronco robusto, que pode atingir até 30 metros de altura, e uma copa densa composta por grandes folhas palmadas. Suas inflorescências são pendentes e produzem pequenos frutos de cor avermelhada, que são muito apreciados pela fauna e também têm valor comercial.

Essa espécie possui uma série de características e benefícios que a tornam significativa para a região amazônica. Os frutos do buriti, ou miriti, são ricos em nutrientes e apresentam alto teor de vitamina A, vitamina C, cálcio, ferro e outros minerais. Além disso, eles são utilizados na produção de sucos, sorvetes, geleias e outros alimentos, contribuindo para a segurança alimentar e a geração de renda das comunidades locais (SANTOS et al., 2019).

Além dos frutos, o buriti, ou miriti, também oferece recursos valiosos. Suas folhas podem ser utilizadas para cobertura de casas, fabricação de cestos e artesanatos, e até mesmo na confecção de utensílios domésticos. O tronco da palmeira é aproveitado na construção de casas e embarcações, enquanto o seu óleo, extraído dos frutos, é utilizado na indústria cosmética e farmacêutica devido às suas propriedades hidratantes e antioxidantes (MEDEIROS et al., 2016).

Além disso, a *Mauritia flexuosa*, também conhecida como miriti, desempenha um papel importante na conservação do ecossistema amazônico. Suas raízes contribuem para a fixação do solo e a proteção de margens de rios, evitando a erosão. A presença do buriti, ou miriti, também promove a diversidade biológica, servindo como habitat e fonte de alimento para diversas espécies de aves, mamíferos e insetos (SOUZA et al., 2020).

A valorização e o manejo sustentável do buriti, ou miriti, são fundamentais para a conservação da biodiversidade amazônica e para a promoção do desenvolvimento socioeconômico da região. A proteção e a valorização dessa espécie envolvem o estabelecimento de políticas públicas, incentivos para a produção sustentável e a valorização dos conhecimentos tradicionais das comunidades locais (BASTOS et al., 2019).

3.5 Drywall

O drywall, conhecido também como parede seca, é um sistema construtivo que oferece uma alternativa moderna e competitiva à alvenaria convencional. Ele consiste em placas de gesso acartonado que são fixadas em uma estrutura metálica, formando paredes, forros e revestimentos internos em construções residenciais, comerciais e industriais.

A história do drywall remonta ao final do século XIX, quando Augustine Sackett desenvolveu as primeiras placas de gesso acartonado em 1895. Inicialmente, a técnica foi adotada em países da Europa e América do Norte, tornando-se uma alternativa popular à alvenaria tradicional. No entanto, o Brasil demorou a adotar essa tecnologia construtiva, chegando com um atraso de aproximadamente 100 anos em relação a esses países (MITIDIERI, 2009).

Somente a partir da década de 1970 é que o sistema de drywall começou a ser difundido no Brasil, ganhando maior destaque na segunda metade da década de 1990 e se consolidando como uma opção viável no século XXI. No entanto, a falta de familiaridade e informações precisas sobre o produto gerou insegurança e repulsa por parte do cliente final, limitando a expansão e a disseminação desse método construtivo (MITIDIERI, 2009).

As placas de gesso acartonado utilizadas no sistema de drywall são compostas principalmente por sulfato de cálcio bi-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), conhecido como gipsita, e aditivos. A presença de duas moléculas de água na composição (cerca de 20% do peso) confere às placas alta resistência ao fogo. Em caso de incêndio, as chamas calcinam o cartão das placas, enquanto a água é liberada gradualmente na forma de vapor, proporcionando uma proteção contra o fogo por determinado período de tempo (KNAUF, 2010).

Existem diferentes tipos de placas de drywall, cada uma projetada para atender a necessidades específicas. As placas Standard (ST) são as mais comuns e destinam-se a áreas secas. Já as placas Resistentes à Umidade (RU), de cor verde, possuem silicone em sua composição, o que reduz a absorção de água. Elas são recomendadas para ambientes sujeitos a umidade, como banheiros e cozinhas. As placas Resistentes ao Fogo (RF), de cor rosa, contêm fibra de vidro em sua composição, proporcionando maior resistência ao fogo (KNAUF, 2010).

No Brasil, a aplicação do sistema de drywall é regulamentada por normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Algumas dessas normas incluem:

NBR 15217:2009 - Perfis de aço para sistema construtivo em chapas de gesso para "Drywall" - Requisitos e métodos de ensaio.

NBR 14715-1:2010 - Chapas de gesso para Drywall - Requisitos.

NBR 14715-2:2010 - Chapas de gesso para Drywall - Métodos de ensaio.

NBR 15758-1:2009 - Sistemas construtivos em chapas de gesso para Drywall - Projetos e procedimentos executivos para montagem - Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes.

NBR 15758-2:2009 - Sistemas construtivos em chapas de gesso para Drywall - Projetos e procedimentos executivos para montagem - Parte 2: Requisitos para sistemas usados como forros.

NBR 15758-3:2009 - Sistemas construtivos em chapas de gesso para Drywall - Projetos e procedimentos executivos para montagem - Parte 3: Requisitos para sistemas usados como revestimento.

Essas normas estabelecem requisitos técnicos para os perfis de aço, chapas de gesso e procedimentos de instalação e montagem do sistema de drywall, garantindo a qualidade e a segurança das construções (ABNT, s.d.).

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Normas Técnicas para Sistema Drywall.**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15217:2009** - Perfis de aço para sistema construtivo em chapas de gesso para “Drywall” – Requisitos e métodos de ensaio.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14715-1:2010** - Chapas de gesso para Drywall - Requisitos.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14715-2:2010** - Chapas de gesso para Drywall – Métodos de ensaio.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15758–1:2009** - Sistemas construtivos em chapas de gesso para Drywall – Projetos e procedimentos executivos para montagem; Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15758–2:2009** - Sistemas construtivos em chapas de gesso para Drywall – Projetos e procedimentos executivos para montagem; Parte 2: Requisitos para sistemas usados como forros.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15758–3:2009** - Sistemas construtivos em chapas de gesso para Drywall – Projetos e procedimentos executivos para montagem; Parte 3: Requisitos para sistemas usados como revestimento.

AGOPYAN, V. **Materiais de construção à base de gesso.** São Paulo: EPUSP, 1989.

ALVARENGA, F. L. et al. Incorporação de fibras de bambu em matriz de gesso para produção de compósitos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 23., 2022, Campina Grande. **Anais [...].** Campina Grande: ABM, 2022.

BASTOS, L. F. C.; et al. "Socioeconomic and ecological implications of *Mauritia flexuosa* use in the Brazilian Amazon". **Economic Botany**, v. 73, n. 2, p. 232-243, 2019.

CALLISTER JR., W. D., & RETHWISCH, D. G. **Fundamentals of Materials Science and Engineering: An Integrated Approach** (5th ed.). Hoboken, NJ: Wiley, 2018.

CHAWLA, K. K. **Composite Materials: Science and Engineering** (3rd ed.). New York, NY: Springer, 2012.

CLYNE, T. W., & WITHERS, P. J. **An Introduction to Metal Matrix Composites.** Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2015.

DECORFACIL. **Drywall: o que é e as principais vantagens e desvantagens.** 2023. Disponível em: <https://www.decorfacil.com/drywall/>. Acesso em: 13 maio 2023.

FAHIM, M. A.; EL-HAGGAR, S. M. **"Fiber-reinforced composites for construction"**. Woodhead Publishing, 2012.

IBDA. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Arquitetura. **Fórum da Construção.** 2023. Disponível em: <http://forumdaconstrucao.com.br/>. Aceso em 13 maio 2023.

IUCOLANO, F. et al. Investigating the effect of abaca fibers on mechanical properties of gypsum. **Construction and Building Materials**, v. 101, p. 554-561, 2015.

KNAUF. **Manual Técnico**: Knauf Manual Prático para Drywall. 2010. Disponível em: <https://www.knauf.com.br/media/4974/manual-tecnico-knauf.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2023.

LIMA, L. M.; IWAKIRI, S. "Compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais". **Revista de Ciências Exatas e Naturais**, v. 13, n. 1, p. 1-24, 2011.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras no Brasil**: nativas e exóticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2010.

MAGALHÃES, V. S. **Estudo do uso de fibras vegetais em compósitos cimentícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

MEDEIROS, M. F.; et al. *Mauritia flexuosa* L.f.: a comprehensive review of its traditional uses, phytochemistry, and pharmacology. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 192, p. 518-532, 2016.

MITIDIARI, P. M. **O uso do gesso acartonado no Brasil**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

OLIVEIRA, L. C. A. **Avaliação da Influência do Teor de Água de Cristalização e de Resíduo de Calcinação de Gipsita na Resistência Mecânica do Gesso**. (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, 2009.

PINTO, T. et al. Avaliação da durabilidade e propriedades físicas de painéis de gesso produzidos com reciclado de gesso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 36-41, 2016.

SANADI, A. R. **Green composites**: processing and properties. Paper presented at the Annual Conference on Biofiber Composites, Canada, 2004.

SANTOS, K. S.; et al. Buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) fruit: nutrient composition and its potential use in food products. **Food Chemistry**, v. 295, p. 277-283, 2019.

SANTOS, S. F.; et al. Caracterização e avaliação física e mecânica de compósitos poliméricos reforçados com fibras de coco. **Polímeros**, v. 22, n. 3, p. 245-252, 2012.

SILVA, A. F., LIMA, A. L. C., & RODRIGUES, A. C. **Comportamento Mecânico do Gesso**. In *Anais do 7º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia* (pp. 367-376). Maputo, Moçambique, 2016.

SOUZA, A. C. B.; et al. O buriti (*Mauritia flexuosa*) como recurso para a biodiversidade amazônica. **Acta Amazonica**, v. 50, n. 2, p. 142-152, 2020.

SPINACÉ, M. A. S.; et al. Celulose e suas propriedades. In: FERRAZ, A.; et al. (Orgs.). **Celulose e papel**: ciência e tecnologia. Campinas: Átomo, p. 29-54, 2011.

VELOSO, M. P. et al. Evaluation of physical and mechanical properties of gypsum composite reinforced with cocoa agroindustrial residue. **Construction and Building Materials**, v. 243, p. 118255, 2020.

VILLANUEVA, J. A., & SANTOS, A. M. C. **Manual Prático de Rochas, Minerais e Gemas.** 2006.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO - PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GESSO ACARTONADO REFORÇADO COM FIBRA DA PALMEIRA AMAZÔNICA *Mauritia flexuosa* PARA APLICAÇÃO EM SISTEMA DRYWALL

RESUMO

O sistema drywall, é uma técnica de construção de paredes, tetos e divisórias que utiliza placas de gesso revestidas por papel-cartão, sendo amplamente utilizado como uma alternativa econômica em comparação com os métodos tradicionais. Este estudo buscou produzir placas de gesso acartonado substituindo matrizes de gesso por diferentes concentrações de coprodutos da palmeira amazônica conhecida como miriti (*Mauritia flexuosa*), avaliando suas propriedades para aplicação em sistema drywall. Para produção dos compósitos, a massa de gesso foi substituída por diferentes teores de miriti (2,5; 5; 7,5 e 10%). As faces das placas foram revestidas com polpa de celulose, para formar o gesso acartonado aplicado usualmente no sistema drywall. Os gessos acartonados reforçados com miriti geraram materiais mais leves, apresentando menor densidade aparente. Todos os compósitos produzidos, reforçados ou não com miriti, atenderam as exigências da norma EN 13279-1 (2008) para MOR à flexão, que estabelece valor de 1 MPa para materiais a base de gesso para construção. Os compósitos com 2,5 e 5% de miriti atenderam ao exigido pela norma mencionada para resistência a compressão, que estabelece um valor mínimo de 2 MPa. Os compósitos com 7,5 e 10% de miriti apresentaram os maiores valores de resistência térmica. A utilização de coprodutos de miriti se mostrou promissora para algumas utilizações na construção civil, possibilitando a agregação de valor e destinação final adequada desse material lignocelulósico.

Palavras-chaves: Amazônia. Produtos florestais não madeireiros. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

As chapas de gesso acartonado são comumente utilizadas para revestimento de paredes e tetos internos, proteção contra incêndio, eficiência térmica e isolamento acústico na construção civil (SOUZA et al., 2023). Em 2020, o consumo de chapas de gesso acartonadas aumentou cerca de 25% face a 2019, com tendência de crescimento nos anos seguintes. O Brasil consumiu aproximadamente 73 milhões de milhões de m² de placas de gesso em 2019, representando um aumento de 17 milhões de m² em relação a 2015 (CONDEIXA et al., 2015; KANUF, 2019). Ao contrário dessas vantagens, sua fragilidade e baixa resistência mecânica podem limitar seus possíveis usos e causar problemas quando submetidos a cargas elevadas (ARIKAN e SOBOLEV, 2002).

Visando melhorar essas limitações, são usados como reforço na matriz de gesso materiais lignocelulósicos, que podem melhorar as propriedades físicas e mecânicas do gesso

acartonado. O uso de materiais lignocelulósicos em compósitos visa criar uma combinação de propriedades físicas, mecânicas e térmicas adequadas, além de benefícios ambientais, o que é uma das razões para sua utilização em alternativa aos reforços poliméricos sintéticos (ARDANUY et al. 2015; ONUAGULUCHI E BANTHIA 2016). Podemos citar como exemplos os trabalhos de Gomes et al. (2023) que, analisaram a influência de resíduos de trigo em compósitos de gesso e Miranda et al. (2023) que avaliaram a influência de resíduo de feijão em matriz de gesso.

Dentre as diversas matérias-primas renováveis disponíveis no mundo, uma opção seria utilizar coprodutos de miriti (*Mauritia flexuosa* L.), espécie de palmeira da região amazônica, também conhecida como buriti, que possui grande potencial socioeconômico, e é encontrada principalmente na região norte do Brasil (FERREIRA et al., 2021; FURTINI et al., 2023). A palmeira miriti possui folhas dispostas em um leque, possibilitando a retirada de fibras, que podem ser usadas para fazer esteiras, cordas, chapéus, entre outros produtos. A madeira também pode ser usada para fazer artesanato (INSTITUTO, 2021; FURTINI et al., 2023).

Furtini et al. (2023) produziram painéis aglomerados convencionais com resíduos de miriti em substituição a madeira de pinus, e encontraram resultados satisfatórios com 40% de substituição, sendo os mesmos recomendados para comercialização. Gomes et al. (2023) verificaram a viabilidade de produção de compósitos com matriz de polietileno de baixa densidade utilizando como reforço frutos de jupati, que também é uma espécie de palmeira amazônica. Esses autores verificaram que a incorporação do jupati como reforço causou aumento na densidade e no MOE. Dessa forma, a utilização de coprodutos de palmeiras amazônicas pode permitir a agregação de valor e destinação adequada desses materiais lignocelulósicos.

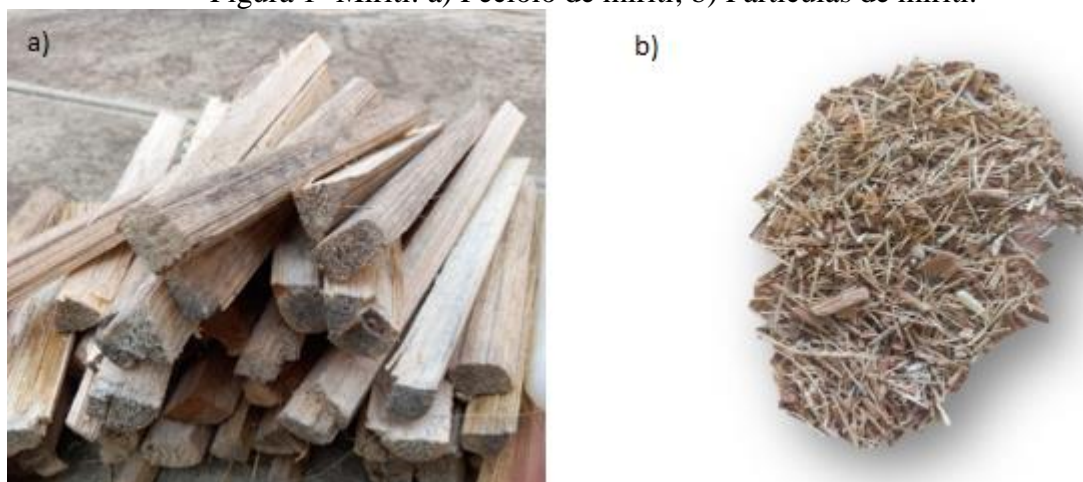
Na busca por um produto de qualidade que não viole os ideais sustentáveis, atrelado a falta de conhecimentos básicos e fundamentais sobre a interação das matrizes de gesso com reforços lignocelulósicos, este estudo buscou produzir placas de gesso acartonado substituindo matrizes de gesso por diferentes concentrações de coprodutos da palmeira Amazônica conhecida popularmente como miriti, e avaliar as propriedades físico-mecânicas e térmicas dos compósitos produzidos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

Na matriz dos compósitos foi utilizado gesso fino comercial normatizado conforme a ISO 9001 (2015) com massa específica aparente de 781 Kg/m^3 e módulo de finura de 0,85. O pecíolo do miriti (Figura 1A) foi utilizado como reforço no compósito. Este material foi coletado na região Norte do Brasil. O material foi levado para a Unidade Experimental de Painéis de Madeira (UEPAM) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde foi processado em moinho martelo e peneirado em peneira vibratória com abertura de 40 mesh (Figura 2B).

Figura 1- Miriti: a) Pecíolo de miriti; b) Partículas de miriti.



Fonte: da autora (2023).

2.2 Caracterização do material lignocelulósico

As partículas de miriti foram caracterizadas quanto aos teores de extrativos: NBR 14853 (ABNT, 2010); lignina insolúvel: NBR 7989 (ABNT, 2010); holocelulose (celulose + hemiceluloses): Browning (1963); e Cinzas: NBR 13999 (ABNT, 2017). A densidade básica das partículas foi determinada através da metodologia proposta por Silva et al. (2015). Os valores médios para todas as análises foram obtidos em triplicata.

2.3 Produção dos compósitos

Para produção dos compósitos substituiu a massa de gesso por diferentes teores de miriti (Tabela 1). A relação de água/gesso (a/g) utilizada foi de 0,6.

Tabela 1- Composições dos compósitos.

Tratamento	Gesso		Miriti	
	g	%	g	%
0	480	100	0	0
2,5%	468	97.5	12	2.5
5%	456	95	24	5
7,5%	444	92.5	36	7.5
10%	432	90	48	10

Fonte: da autora (2023).

O gesso, a água e as partículas de miriti foram misturados manualmente dentro de 2,5 min, e moldados em formas com dimensões 200 x 200 x 1,5 mm, conforme adaptação da EN 13279-2 (2006). As faces das placas foram revestidas com polpa de celulose comercial doada por uma empresa de celulose de Telemaco Borba, Paraná - Brasil, para formar o gesso acartonado aplicado usualmente no sistema drywall. Após o período de 24h as placas foram retiradas dos moldes e acondicionadas em câmara de climatização com temperatura de 20 ± 2 °C e umidade relativa de $65 \pm 3\%$ durante 28 dias. Foram produzidas 2 placas para cada tratamento. Posteriormente foram retirados corpos de prova para realização dos ensaios físicos-mecânicos e térmicos.

2.4 Avaliação das propriedades físicas e mecânicas

A densidade aparente foi determinada conforme adaptação da norma NBR 45, e para absorção de água após 2 h adaptou-se a norma NBR 14715-2 (ABNT 2010). Os testes mecânicos foram realizados em uma Máquina Universal de Ensaio (AROTEC, modelo WDW-20E) equipada com célula de carga de 2 toneladas, de acordo com a adaptação da norma EN13279-2 (2008) para flexão de 3 pontos e velocidade do ensaio 5 mm/min. Já o ensaio de compressão foi realizado conforme adaptação da norma EN13279-2 (2008) com velocidade de ensaio de 5 mm/min.

2.5 Isolamento térmico

Para a determinação do isolamento térmico foi utilizado o método descrito por Mendes et al. (2021), através de uma lâmpada incandescente na parte inferior, mantendo a temperatura em torno de 60 °C. As temperaturas foram registradas por meio de sensores. A taxa de

aquecimento foi de 1 °C/min, e o ciclo de 1 h. Os dados foram registrados durante esse período utilizando equipamento data collector modelo IM DC 100-01E. Os resultados de isolamento térmico do material foram obtidos pela diferença dos termopares da base do padrão e do topo. Os valores referentes à resistência térmica foram obtidos conforme a NBR 15220 (ABNT, 2005).

2.6 Análise de microscopia óptica

As placas de gesso acartonado fraturadas foram visualizadas em microscópio óptico de luz composto Leica DM4000B (LM) acoplado com câmera digital Moticam X – Motic Europe CMOS com aumento de 100x. Avaliou-se a região fraturada dos compósitos.

2.7 Microscopia eletrônica de varredura

Foram obtidas micrografias das regiões de fratura após o ensaio de flexão estática dos tratamentos com 2,5 e 10% de substituição de gesso por miriti. As análises das microestruturas da matriz de gesso e da interface fibra/matriz foram realizadas por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) com detector de imagem eletrônica secundária (SEI), operado com tensão de aceleração de 20,0 kV. As superfícies fraturadas foram revestidas com ouro em um sistema de revestimento Bal-tec SCD050 antes de serem analisadas usando um microscópio Zeiss LEO Evo40.

2.8 Análise dos resultados ou análises estatísticas

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. Para avaliar as propriedades físicas, mecânicas e térmicas dos compósitos foi realizada análise de regressão a 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do material lignocelulósico

A partícula de miriti apresentou densidade básica de $0,06 \text{ g/cm}^3$ (Tabela 2), valor esse considerado baixo aos encontrados para alguns materiais lignocelulósicos na literatura, como por exemplo os resíduos de cacau ($0,22 \text{ g/cm}^3$) (VELOSO et al., 2021). Essa baixa densidade em comparação ao gesso ($0,80 \text{ g/cm}^3$) é atrativo para tornar o compósito mais leve.

Tabela 2- Caracterização física e química da partícula de miriti.

Análises	Médias
Densidade básica	$0,06 \text{ g/cm}^3 (\pm 0,4^*)$
Extrativos	$4,52\% (\pm 0,8)$
Lignina	$27,82\% (\pm 1,1)$
Holocelulose	$65,11\% (\pm 3,5)$
Cinzas	$2,44\% (\pm 0,4)$

*Desvio padrão.

Fonte: da autora (2023).

O teor de extrativos, foi de 4,52%, valor considerado baixo em relação ao encontrado em resíduos de cacau (34,82%) (VELOSO et al., 2021) e aproximado ao encontrado em fibras de *Bambusa tuldoides* (5,04%) (ALVARENGA et al., 2022). Shiroma et al. (2016) relataram que altos teores de extrativos podem retardar a cura do gesso.

O teor de lignina insolúvel no material lignocelulósico foi de 27,82%, superior ao de matérias primas como casca de arroz (20,15%) e tronco de palma (19,15%) (SELAMAT et al., 2019). De acordo com Fonseca et al. (2021), a lignina é responsável por influenciar o comportamento mecânico do compósito, dando maior rigidez ao mesmo.

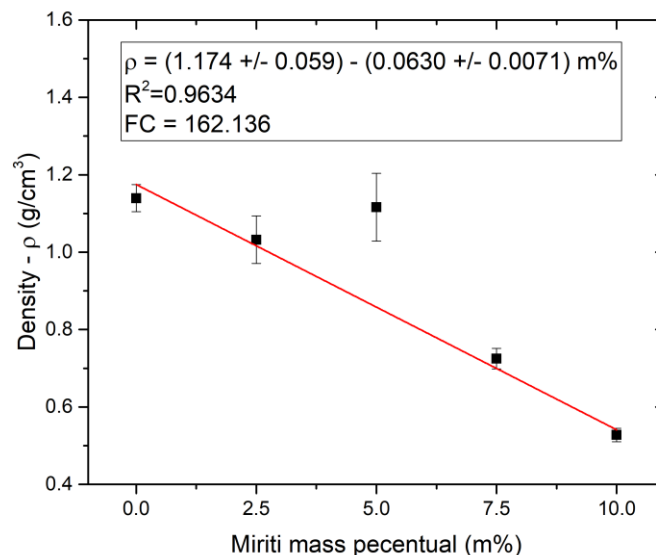
O material lignocelulósico caracterizado neste estudo apresentou teor de holocelulose de 65,11%, inferior ao encontrado para o bagaço de cana-de-açúcar (71,11%) (PROTÁSIO et al., 2015). Devido aos grupos OH, a holocelulose é responsável pela maior instabilidade dimensional e absorção de água do material compósito, sendo que menores teores de holocelulose no material lignocelulósico é desejável.

O teor de cinzas (2,44%) foi superior ao encontrado para a madeira de eucalipto (0,47%) (OLIVEIRA et al., 2020). Altos teores de cinzas são comuns em subprodutos agrícolas, sendo consequência dos processos de produção e colheita (IWAKIRI e TRIANOSKI, 2020). Ahmad et al. (2021) e Sun et al. (2021) encontraram teores de cinzas de 20,9% e 15,7% em resíduos de grãos de soja, respectivamente. Por se tratar de sílica e outros resíduos minerais, as cinzas auxiliam no retardamento da chama em compósitos de gesso, sendo inerte às outras propriedades (SELAMAT et al., 2019).

3.2 Propriedades físicas dos compósitos

Verificou-se um decréscimo nos valores de densidade aparente conforme se aumentou a concentração de miriti(Figura 2). Quando a densidade do material lignocelulósico é menor que a do gesso, é esperada a tendência de diminuição dessa propriedade (BRAIEK et al., 2017). A inclusão de materiais lignocelulósicos em matrizes de gesso resulta em aumento na porosidade, de modo que, quanto maior o número de partículas incorporadas menor será a densidade do compósito (SHIROMA et al., 2016).

Figura 2- Densidade aparente de gessos acartonados reforçados com diferentes concentrações de partículas de miriti.

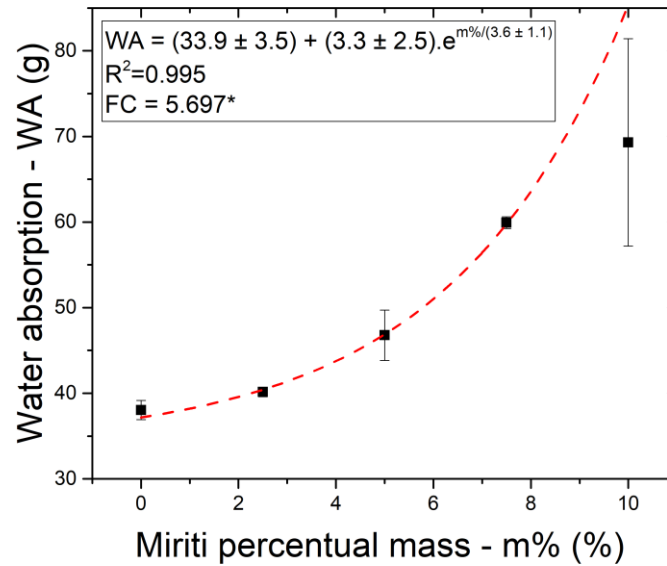


Fonte: da autora (2023).

Os compósitos com miriti apresentaram maior absorção de água, conforme aumentou-se a concentração do material lignocelulósico (Figura 3). A maior absorção de água nos tratamentos com o reforço lignocelulósico se deve a menor densidade aparente apresentada por eles. Esses maiores valores da absorção de água, também podem estar relacionados ao aumento da proporção de hidroxilas (OH-) livres quando se aumenta a concentração de miriti, principalmente devido à região amorfa dos constituintes químicos (celulose e hemiceluloses) das partículas, capazes de adsorver água. Villela et al. (2020) analisaram a incorporação de embalagens multicamadas trituradas e encontraram resultados semelhantes a esse trabalho,

observaram mesma tendência de aumento de absorção de água ao introduzir materiais de reforço na matriz gesso.

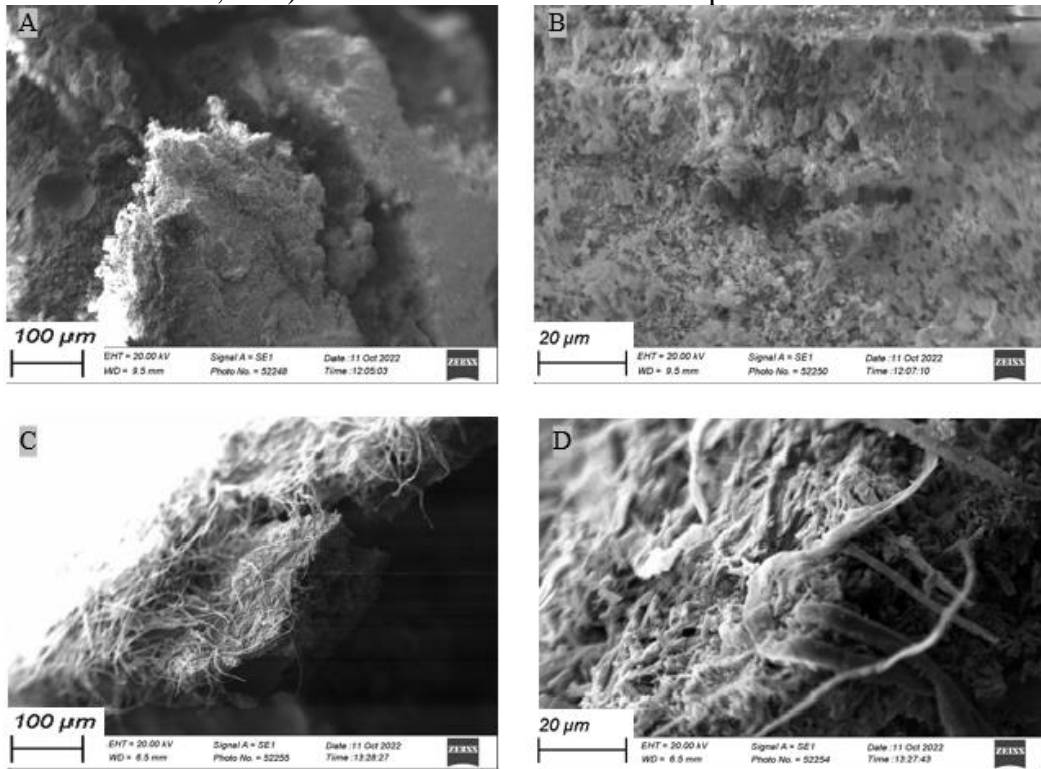
Figura 3- Absorção de água



Fonte: da autora (2023).

A figura 4 mostra as partículas de miriti dispersas na matriz de gesso. Nas figuras 4C e D, fica evidenciado a maior concentração das partículas de miriti na matriz, o que resultou em maior absorção de água do tratamento com 10% de miriti, devido a maior proporção de grupos OH-.

Figura 4- Microscopia eletrônica de varredura: A-B) Gesso acartonado com 2,5% de partícula de miriti; C-D) Gesso acartonado com 10% de partícula de miriti.

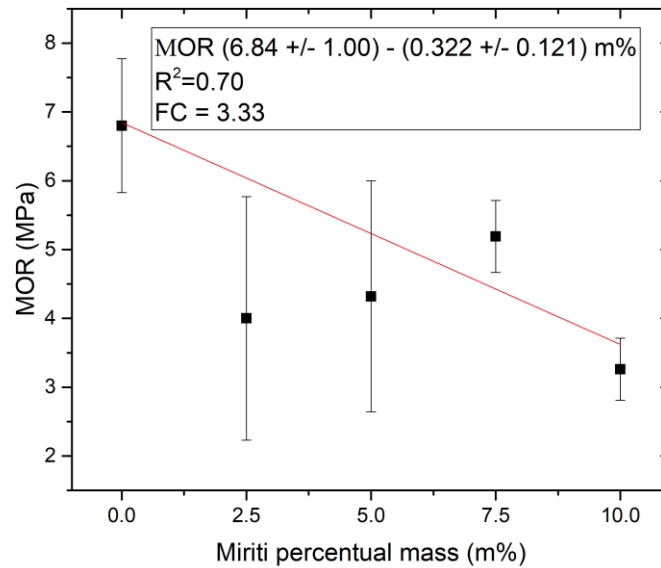


Fonte: da autora (2023).

3.3 Propriedades Mecânicas dos compósitos

A adição de miriti não resultou em melhorias no MOR à flexão dos compósitos (Figura 5). A substituição de 7,5% de miriti por gesso foi o tratamento que apresentou o maior valor médio de MOR, dentre os compósitos com a adição do material lignocelulósico. A justificativa para os menores valores de MOR encontrados para os compósitos com miriti pode estar relacionado à má distribuição das partículas na matriz, gerando pontos mais frágeis e susceptíveis a ruptura no compósito. A norma EN 13279-1 (2008), estabelece valor de 1 MPa para MOR à flexão para materiais a base de gesso para construção. Dessa forma, todos os tratamentos analisados atenderam ao estabelecido pela norma.

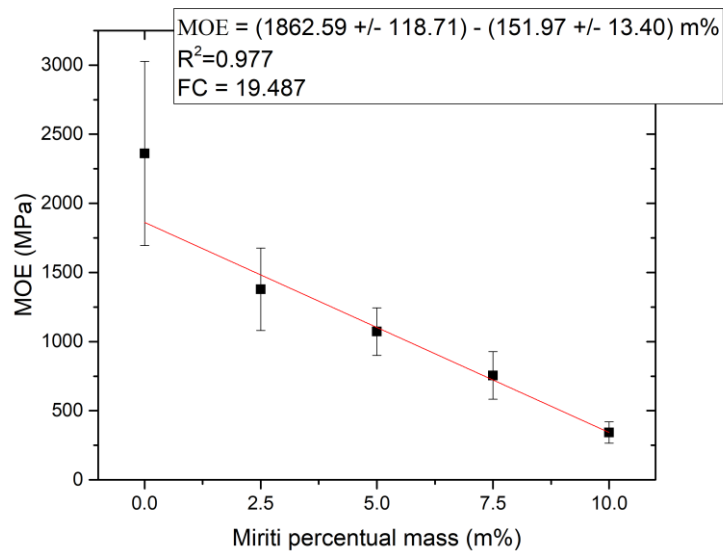
Figura 5- Módulo de ruptura à flexão de gessos acartonados reforçados com diferentes concentrações de partículas de miriti.



Fonte: da autora (2023).

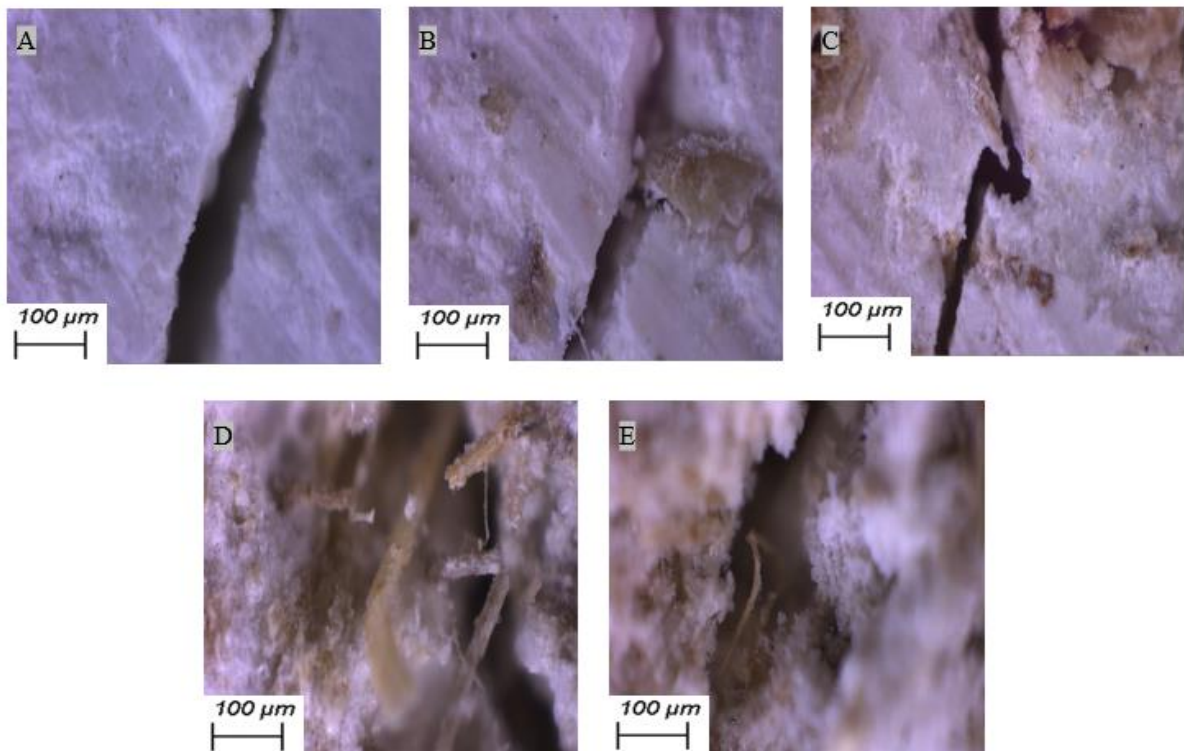
Comportamento semelhante foi verificado para o MOE à flexão (Figura 6), não sendo observada melhoria nos valores de MOE com a adição de miriti. Essa redução nos valores de MOE pode ser explicada pela menor densidade aparente apresentada pelos mesmos. Nas Figuras 7B, C, D e E pode-se visualizar que não houve aderência das partículas de miriti na matriz de gesso, o que justifica os menores valores de MOE e MOR à flexão devido à falta de interação entre reforço e matriz.

Figura 6- Módulo de elasticidade de gessos acartonados reforçados com diferentes concentrações de partículas de miriti.



Fonte: da autora (2023).

Figura 7- Microscopia óptica dos gessos acartonados: A) Sem partícula de miriti; B) 2,5% de partícula de miriti; C) 5% de partícula de miriti; D) 7,5% de partícula de miriti; E) 10% de partícula de miriti.

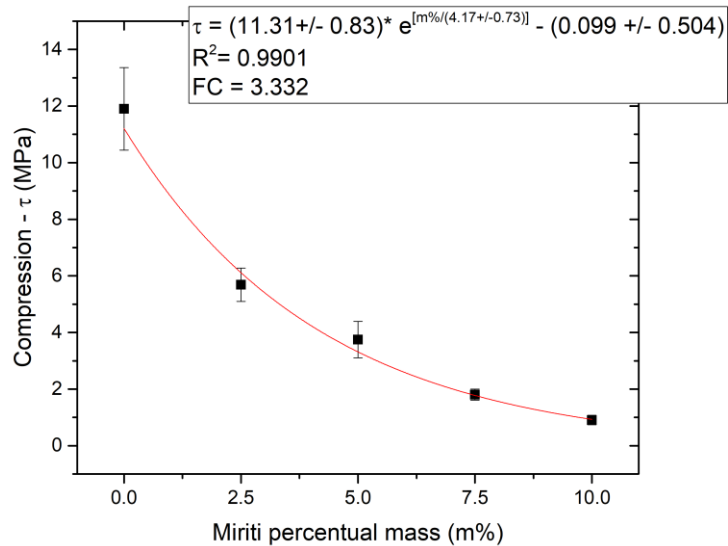


Fonte: da autora (2023).

Os resultados mostram diferença significativa entre os tratamentos para resistência à compressão (Figura 8), com diminuição progressiva das resistências dos compósitos com o acréscimo de miriti, que pode ser justificado pela menor densidade desses compósitos. Com

base nas diretrizes da EN 13279-1 (2008), o valor mínimo exigido para a resistência à compressão é de 2 MPa para materiais a base de gesso para construção. Sendo assim, apenas os compósitos com 2,5 e 5% de miriti atenderam ao exigido pela norma.

Figura 8- Resistência à compressão de gessos acartonados reforçados com diferentes concentrações de partículas de miriti.



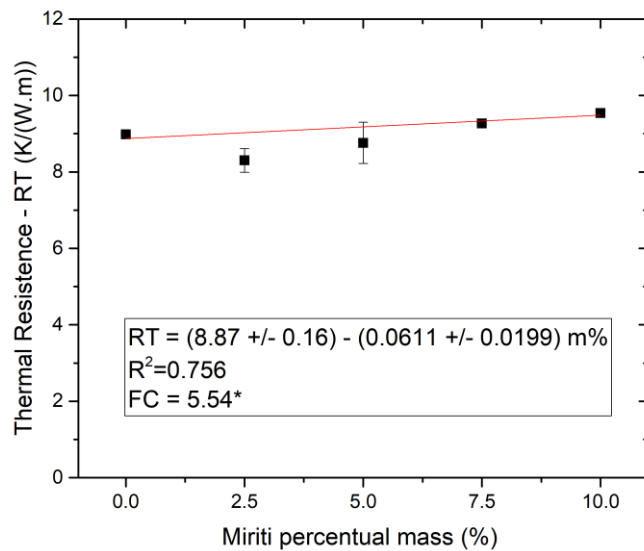
Fonte: da autora (2023).

Na literatura são encontrados trabalhos com a mesma tendência analisada nesse estudo, onde há diminuição das propriedades mecânicas ao inserir materiais lignocelulósicos como reforço em matrizes de gesso, podendo citar como exemplos os trabalhos de Iucolano et al. (2015) estudando compósitos de gesso com fibras de abacá, Antunes et al. (2019) utilizando reforços com casca de arroz, e Vilella et al. (2020) utilizando embalagens multicamadas de papelão trituradas como reforço. Pode-se observar também a mesma tendência para resistência á compressão, onde, essa redução de valores já é esperada tendo em vista que, de modo geral, quanto maior a quantidade de materiais lignocelulósicos inseridos na matriz de gesso, menor tende a ser a resistência à compressão (MORALES et al., 2016). Apesar das propriedades mecânicas encontradas nesse estudo terem sido baixas, os mesmo podem ser utilizados na construção civil como elementos não estruturais, podendo também serem aplicados em conjunto com outros materiais em divisórias e paredes.

3.4 Resistência térmica dos compósitos

Os compósitos com 7,5 e 10% de miriti apresentaram os maiores valores de resistência térmica (Figura 9). Maiores valores de resistência térmica é crucial para o material ser considerado como isolante térmico, pois quanto maior a resistência térmica, menor será a transmissão de calor (ARANTES et al., 2023). Os maiores valores de resistência térmica encontrados para os compósitos com 7,5 e 10% de miriti são influência da menor densidade apresentada pelos mesmos. Materiais com baixa densidade geralmente apresentam maior resistência térmica (STEINHAGEN, 1977).

Figura 9- Resistência térmica de gessos acartonados reforçados com diferentes concentrações de partículas de miriti.



Fonte: da autora (2023).

Os compósitos com 2,5 e 5% também apresentaram baixa densidade, porém apresentaram menor resistência térmica em relação ao controle. Nesses tratamentos pode ter ocorrido delaminação da polpa de celulose nas faces dos compósitos, fazendo com o que calor se dissipe entre os espaços causados pela delaminação, ocasionando um maior registro de temperatura pelo termopar na parte superior.

Uma menor densidade, ou seja, maior número de vazios, faz com que os compósitos tendam a ter condutividades térmicas mais baixas, devido á baixa pressão do calor no espaço (ANTUNES et al., 2019). Segundo Costa (2003), a condutividade térmica tem ligação direta com a resistência térmica, logo, quanto menor for a condutividade térmica, maior será a resistência térmica. Quintaliani et al. (2022) investigaram o desempenho térmico de argamassas de cal hidráulica natural reforçadas com 10% de fibras vegetais. Com base nos

resultados, a condutividade térmica dos compósitos de cal foi reduzida em 10% e 20% em relação ao controle (sem reforço). E Mahpour et al. (2023) estudou drywall a base de cal reforçado com tecido de linho, onde os resultados de condutividade térmica foram a redução da mesma, de forma similar a esse estudo.

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho foram produzidas placas de gesso acartonado substituindo parcialmente a matriz mineral por de fibras da palmeira amazônica conhecida como miriti, para aplicação em sistema drywall. Os gessos acartonados com miriti apresentaram menor densidade aparente, gerando materiais leves. Os gessos acartonados reforçados ou não com miriti atenderam as exigências da norma EN 13279-1 (2008) para MOR à flexão, que estabelece valor de 1 MPa para MOR à flexão para materiais a base de gesso para construção.

Os compósitos com 2,5 e 5% de miriti atenderam ao exigido pela norma EN 13279-1 (2008) para resistência a compressão, que estabelece um valor mínimo de 2 MPa para materiais a base de gesso para construção. Os compósitos com 7,5 e 10% de miriti apresentaram os maiores valores de resistência térmica.

A utilização de coprodutos de miriti como reforço em gesso acartonado se mostrou promissora para algumas utilizações na construção civil, e em sistemas drywall, possibilitando a agregação de valor e destinação final adequada do material lignocelulósico.

REFERÊNCIAS

ARANTES, L. D. S. et al. Avaliação de painéis sanduíche produzidos com núcleo de caixas de ovos e lâminas de paricá. **Ambiente Construído**, v. 23, n. 2, p. 121-130, 2023.

ARDANUY M.; Claramunt, J.; TOLEDO FILHO, R. Cellulosic fiber reinforced cement-based composites: a review of recent research. **Constr. Build. Mater.**, v. 79, p. 115–128, 2015.

ARIKAN, M.; SOBOLEV, K. The optimization of a gypsum-based composite material. **Cement. Concr. Res.**, v. 32, p. 1725-1728, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001**, Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos. 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-2**: painéis de partículas de média densidade: parte 2: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **Madeira** – Determinação do material solúvel em etanol-tolueno, em diclorometano e em acetona. NBR 14853, Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **Pasta celulósica e madeira** – Determinação de lignina insolúvel em ácido. NBR 7989, Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira** – Determinação do resíduo (cinzas) após a incineração a 525 °C. NBR 13999, Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, “NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios”, Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, “**Dossiê Técnico Drywall** – Chapas de Gesso, Convênio Sebrae ABNT - Chapas de gesso para drywall - Parte 2: Métodos de ensaio”, 2010.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **Standard methods of evaluating properties of wood-base fiber and particles**. D-1037. Materials Philadelphia, 2012.

ANTUNES, A., FARIA, P., SILVA, V. et al. **Compósitos à base de casca de arroz**: um novo painel de base biológica para remodelação de edifícios. *Construção e Materiais de Construção*, v. 221, p. 108, 2019.

ALVARENGA, B. L., MESQUITA JÚNIOR, L., FARIA, D. L., DIAS, M. C., ALVARENGA, V. L., MENDES, L. M., GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Avaliação física e mecânica de compósitos de gesso reforçados com fibra de Bambusa tuldoides. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 27, n. 2, 2022.

AHMAD, S., ZHU, X., WEI, X., & ZHANG, S. Influence of process parameters on hydrothermal modification of soybean residue: Insight into the nutrient, solid biofuel, and thermal properties of hydrochars. **Journal of Environmental Management**, 283 (December 2020), p. 111981, 2021.

BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. New York: J. Wiley, 689 p. 1963.

CONDEIXA, K.; QUALHARINI, E.; BOER, D.; HADDAD, A. An inquiry into the life cycle of systems of Inner walls: comparison of masonry and drywall. **Sustainability**, v. 7, p. 87-93, 2015.

COSTA, E. C. **Física aplicada à construção**: conforto térmico. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2003.

DA FONSECA, R. P., ROCHA, J. C., & CHERIAF, M. Mechanical properties of mortars

reinforced with Amazon rainforest natural fibers. **Materials**, v. 14, n. 1, p. 1–19, 2021.

DE NOVAIS MIRANDA, EDUARDO HÉLIO ; CORREA GOMES, DIOGO ANTONIO ; MONTEIRO COSTA SBAMPATO RESENDE, GUSTAVO ; CAETANO GUIMARÃES, TÚLIO ; MARIN MENDES, LOURIVAL ; Guimarães Júnior, José Benedito . Evaluation of the influence of the addition of bean residue in gypsum matrices. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 1, p. 1, 2022.

EUROPEAN STANDARDS – EN. **Gypsum binders and gypsum plasters - Part 2: test methods**. DIN 13279-2. Pilsen, 2006.

EUROPEAN STANDARDS – EN. **Gypsum plasterboards – Definitions, requirements and test methods**. BS 520. London, 2004.

EUROPEAN STANDARDS, “**EN 13279-2: Gypsum binders and gypsum plasters, part 2: test methods**”, Pilsen, 2006.

FERREIRA, M. et al. **Mauritia flexuosa buriti**. Available: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1103403>. Acesso em: 22 nov. 2021.

FURTINI, A. C. C.; SANTOS, C. A.; MIRANDA, E. H. N.; VILLARRUEL, D. C. V.; GOMES, D. A. C.; FERREIRA, G. C.; SILVA, M. G.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Using miriti petiole to produce particleboards. **Ambiente Construído**, v. 23, n. 2, p. 149-162, 2023.

GOMES, DIOGO ANTONIO CORREA ; DE NOVAIS MIRANDA, EDUARDO HÉLIO ; RESENDE, FERNANDA CAROLINA ; VILLARRUEL, DENISSE CONCEPCIÓN VEGA ; MENDES, Lourival Marin ; JÚNIOR, JOSÉ BENEDITO GUIMARÃES . Analysis of the influence of wheat residues on gypsum composites. **Innovative Infrastructure Solutions**, v. 8, p. 1, 2023.

INSTITUTO SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA. **Cerratinga: produção sustentável e consumo consciente - buriti**. Available: <https://www.cerratinga.org.br/especies/buriti/> Access: 29 nov. 2021.

IUCOLANO, F. et al. **Mechanical behavior of plaster reinforced with abaca fibers**. Construction and Building Materials. Construction and Building Materials, Italy, 2015.

IUCOLANO, F., LIGUORI, B., APREA, P., & CAPUTO, D. (2018). **Evaluation of bio-degummed hemp fibers as reinforcement in gypsum plaster**. **Composites Part B: Engineering**, 138(June 2017), 149–156, 2018.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247 p. Iwakiri, S.; Trianoski, R. 2020. Painéis de madeira reconstituída. Ajir Gráfica e Editora Ltda.

KNAUF DO BRASIL (Brazil). **Produção nacional bate record** em <http://www.knauf.com.br/>. 2019.

KENNEDY, F.; PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, E. P. A. **Wood and cellulose**: industrial utilization, biotechnology, structure and properties, ellishor wood. Chichester: E. Horwood, 1130 p. 1987.

MENDES, R. F. et al. Study of new reinforcing materials for cementitious panel production. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 37217-37230, 2021.

NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. DIN 52362. **Testing of wood chipboards bending test, determination of bending strength.**Berlin, p. 39- 40. 1982.

ONUAGULUCHI, O.; BANTHIA, N. Plant-based natural fibre reinforced cement composites: a review. **Cement. Concr. Compos.**, v. 68, p. 96–108, 2016.

OLIVEIRA, A. S., VILLELA, L. S., VELOSO, M. C. R. A., SILVA, D. W., MENDES, L. M., & GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Compósitos com matriz de gesso reforçada com fibras de madeira de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 127, p. 1-11, 2020.

PROTÁSIO, T. P., MENDES, R. F., SCATOLINO, M. V., et al., “Thermal stability of particleboards of sugar cane bagasse and Pinus spp,” **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 107, pp. 683-691, 2015.

SHIROMA, L., CAMARINI, G., & BERALDO, A. L. Effect of wood particle treatment on the properties of gypsum plaster pastes and composites. **Revista Materia**, v. 21, n. 4, p. 1032–1044, 2016.

SELAMAT, M.E., HASHIM, R., SULAIMAN, O. et al., Comparative study of oil palm trunk and rice husk as fillers in gypsum composite for building material. **Construction and Building Materials**, v. 197, pp. 526-532, 2019.

SILVA, D.W. et al. MDP com partículas de eucalipto e palha de milho. **Scientia Forestalis**, v.43, n.108, p. 853-862, 2015.

STEINHAGEN, H. P. **Thermal conductive properties of wood, green or dry, from-40 degrees to+ 100 degrees Celsius**: a literature review. Madison: United States Department of Agriculture Forest Service General Technical Report FPL, 1977.

SHIROMA, L., CAMARINI, G., BERALDO, A. L. Efeito do tratamento de partículas de madeira nas propriedades de pastas e compósitos de gesso. **Revista Matéria** , v. 21, n. 4, pp. 1032-1044, outubro de 2016.

VELOSO, M. C. R. A., VILLELA, L. S., MESQUITA JÚNIOR, L., VALLE, M. L. A., MENDES, L. M., & GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Produção e caracterização de compósitos à base de gesso reforçado com partículas de resíduo da agroindústria do cacau. **Revista Matéria** (Rio de Janeiro), v. 26, n. 1, 2021.

VILLELA, L.S., CASTRO, E.D., MESQUITA JÚNIOR, L., VELOSO, M.C.R.A., MENDES, R.F., MENDES, L.M, GUIMARÃES JÚNIOR, J.B. Desempenho físico-mecânico de compósitos à base de gesso reforçados com embalagens multicamadas trituradas. **Revista Matéria**, v. 25, n. 3, 2020.