

# AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DE REJEITOS DO COCO VERDE NA FORMULAÇÃO DE UM COMPÓSITO À BASE DE GESSO

*PERFORMANCE EVALUATION OF GREEN COCONUT HUSK RESIDUES IN FORMULATING  
A GYPSUM-BASED COMPOSITE*

RODRIGUES, Gabriela; Especialista; Universidade Federal do Maranhão;

[gabriela.rf@discente.ufma.br](mailto:gabriela.rf@discente.ufma.br)

SILVA, Matheus; Universidade Federal do Maranhão;

[ms.pinho@discente.ufma.br](mailto:ms.pinho@discente.ufma.br)

GEISTEIRA, Fernando; Universidade Federal do Maranhão;

[fernando.geisteira@discente.ufma.br](mailto:fernando.geisteira@discente.ufma.br)

SANTOS, Denilson; Doutor; Universidade Federal do Maranhão;

[denilson.santos@ufma.br](mailto:denilson.santos@ufma.br)

SANTOS, Marcelo Cássio; Especialista; Universidade Federal do Maranhão;

[marcelo.cassio@discente.ufma.br](mailto:marcelo.cassio@discente.ufma.br)

ZANDOMENEGHI, Ana Lúcia; Doutora; Universidade Federal do Maranhão;

[ana.zandomeneghi@ufma.br](mailto:ana.zandomeneghi@ufma.br)

## Resumo

O destino do coco verde é um problema para muitas cidades litorâneas do Brasil, em São Luís, no Maranhão, tem causado imensos prejuízos. O objetivo deste artigo é utilizar o resíduo de coco verde após o seu consumo para criação de compósitos à base de gesso e avaliar a sua performance. Os corpos de prova, com diferentes gradações de fibra e tanino, foram submetidos à ensaios laboratoriais para avaliação e comparação dos seus resultados. Conclui-se que os corpos de prova com fibras do coco verde tiveram a sua resistência mecânica ampliada e o tanino falhou em impermeabilizar o gesso, porém aumentou a impenetrabilidade da água nas fibras respostas na superfície dos blocos testados.

**Palavras Chave:** sustentabilidade; coco verde, compósito.

## Abstract

*The destination of green coconut husks is a problem for many coastal cities in Brazil. In São Luís, located in Maranhão, it has caused immense damage. The objective of this article is to utilize green coconut husk residue after consumption to create gypsum-based composites and evaluate their performance. Specimens with different fiber and tannin gradations underwent laboratory tests for evaluation and comparison of their results. It is concluded that specimens with green coconut*

*fibers had their mechanical resistance increased, and the tannin failed to waterproof the gypsum but increased the water impenetrability in the fiber responses on the surface of the tested blocks.*

Keywords: *sustainability; green coconut; composite.*

## 1. Introdução

Na cidade de São Luís, no Maranhão, o resíduo orgânico do coco verde é atualmente um problema para os administradores do município, pois 85% do fruto se torna rejeito após o consumo de seu líquido (VELOSO *et al*, 2013; ROSA *et al*, 2008; SANTOS *et al*, 2008). No entanto, tais rejeitos já são utilizados como componente auxiliar na criação de diversos materiais, inclusive para a construção civil como explorado por Silva *et al* (2015) e Souza (2020), porém esta aplicação ainda não é aplicada em larga escala de forma a reduzir o acúmulo destes resíduos nas cidades brasileiras com características similares.

No contexto global muitas empresas têm desenvolvido produtos ecológicos, os quais têm como finalidade minimizar os danos que as atividades industriais transferem para a biosfera. No ramo da construção civil, as técnicas e materiais utilizados são responsáveis por 40% das emissões globais de gases geradores do efeito estufa (Muller; Krick; Blohmke, 2020) e os índices de uso de materiais sustentáveis nas construções no Brasil ainda são muito baixos (Silva *et al*, 2023).

Dada a emergência climática vigente e seu impacto no meio ambiente, assim como na perpetuação da existência humana, se faz necessária a produção, uso e implementação de práticas e materiais que associam métodos sustentáveis à resolução de problemas reais, sejam eles locais ou globais. Atualmente, produtos deste nicho não possuem preços acessíveis, o que torna esse fator um impeditivo ao seu público consumidor (Agência EY, 2023), ou se aproveitam da crescente necessidade de soluções verdes para se mostrarem “ambientalmente responsável em seus materiais de divulgação, mas, na verdade, não adotam atitudes sustentáveis na prática” (Meio & Mensagem, 2023).

Com isto, surge o interesse em criar um compósito sustentável formado pelos resíduos dos cocos verdes descartados na cidade de São Luís, utilizando a sua fibra, além de uma componente químico presentes na casca do fruto, o Tanino. Em que, compósitos são definidos como materiais ou produtos os quais se mesclam diferentes constituintes e com a sua ação combinada busca-se a melhoria de propriedades mecânicas, tais como tração, flexão, dureza, impacto, resistência térmica e ao meio ambiente (Callister e Rethwisch, 2002).

Tendo ciência das características e benefícios das fibras e o Tanino presentes no fruto em questão, o presente artigo pretende analisar a performance destes componentes na criação de um compósito à base de gesso. Desta maneira será verificada a resistência física das placas de gesso e se há uma melhora no fator de impermeabilização dos corpos de prova.

## 2. Fundamentação Teórica

Na obra de Santos (2018; 2019), busca-se apontar equívocos e acertos que determinadas atitudes desempenham na utilização das noções de sustentabilidade, além de trazer definições relativas a essa temática. Para ele, a sustentabilidade pode ser dividida nas seguintes dimensões: ambiental, econômica e social, que deve ser analisado em suas diferentes facetas para uma análise aprofundada de um determinado panorama local. Assim, uma tomada de ação sustentável deve satisfazer as dimensões anteriormente citadas, para que o produto, serviço ou ação individual tenha um baixo impacto ambiental, com ampla comercialização, devido a seus custos, e baixa rejeição social.

O pensamento de Santos (2018; 2019) converge com métodos que buscam reaproveitar resíduos. Logo, tal prática cria uma relação de troca benéfica entre o meio ambiente e a sociedade, onde tanto a gestão quanto o reuso de resíduos contribui para um cenário ambiental, econômico e social sustentáveis. De modo que agregue qualidade de vida no desenvolvimento real de grupos humanos.

Com isso, a sustentabilidade aplicada ao desenvolvimento de novos materiais possui um importante papel no equilíbrio entre a extração de recursos e o desenvolvimento de novas tecnologias. Logo, tal experimento permite ampliar os conhecimentos sobre os limites de um determinado material, o coco verde, documentando os resultados dos testes de resistência mecânica e o comportamento quando misturado a um material de liga, o gesso.

Dentro do contexto do reuso de resíduos na fabricação de novos materiais, tal prática auxilia na redução da dependência da extração de recursos naturais, aproveitando rejeitos como matéria-prima, e contribuindo para a preservação do meio ambiente. Já que até 30% dos materiais utilizados em um canteiro de obras comum podem acabar o seu ciclo de vida como resíduos (Letcher e Vallero, 2011), é de extrema urgência a discussão sobre o desperdício excessivo na prática construtiva, bem como a redução da extração de recursos primários na manufatura destes itens.

Com essas ideias, é possível perceber como o desenvolvimento de materiais não está atrelado apenas ao campo técnico, mas também possui uma relação com o ambiente e com as sociedades que o ocupa. Que oferecendo diversos benefícios para além do ramo da construção civil. Logo, para se alcançar o estado desejado na criação de novos materiais, é necessário compreender o cenário onde o projeto está inserido, além de seus problemas, potenciais, entre outros fatores.

Na cidade de São Luís se encontra um panorama onde o resíduo orgânico do coco verde atualmente é visto como lixo. Que na definição de Cardoso (2012), tal adjetivo compreende um artigo desprovido de função para a pessoa que o descarta. Dessa forma, pelo coco verde se ajustar a tal característica, a administração municipal compreende que este resíduo representa um problema para a cidade. Já que, os rejeitos do fruto descartados como lixo em diversos pontos da orla da cidade, local onde há ampla comercialização e consumo da água de coco, representam uma ameaça para meio ambiente. Além de sua casca resistente às intempéries, o fruto possui em sua composição uma substância química denominada Tanino, que provoca problemas quando descartado de maneira inadequada, tanto por seu elevado tempo de decomposição, quanto por oferecer risco ao solo que tem contato.

Este elemento apresenta PH entre 5,5 e 6, sendo caracterizado como ácido. Assim, quando o Tanino entrar em contato com o solo ocorre a queima de raízes, ocasionando a morte de espécies vegetais, gerando um terreno infértil que impossibilita o surgimento de novas plantas. (Chini *et al*, 2013). Entretanto, o Tanino apresenta características que merecem ser testadas, como suas propriedades antibacterianas (Silveira *et al*, 2017), antioxidantes e impermeabilizantes (Couto *et al*, 2021). Logo, o coco verde apresenta características mecânicas, quanto mencionado a resistência de sua casca, e químicas, relativas à presença do Tanino, que contribuem para a maior concentração da substância quando comparado com outras espécies vegetais (Peroni *et al*. 2019). Por isso, encontrar uma utilidade após descarte vai de encontro a práticas sustentáveis, por:

- Reintroduzir um produto descartado como elemento útil em outras cadeias produtivas, permitindo a redução de lixo correspondente ao fruto, além de atribuir valor monetário ao rejeito do coco verde. Assim, interferindo positivamente nas dimensões ambiental e econômica;

- Reduzir a quantidade de resíduo que está relacionado diretamente com os problemas ligados a descarte indevido, irregular, e, também, a ausência de coleta, contribuindo para a melhoria das dimensões sociais e ambientais. Uma vez que esse rejeito pode servir, nas circunstâncias descritas, como: (1) Local para a proliferação de diversos vetores de doenças; (2) Representar um obstáculo quando conduzido por acidente as redes de drenagem pluvial; (3) Fonte de contaminação da água e do solo, devido ao Tanino liberado pelo fruto; (4) Fator de redução da expectativa de vida para aterros sanitários. Pois apresenta um volume que contribui para a lotação previa do local.

Dessa forma, o cenário local pode ser beneficiado pela investigação ao redor do coco verde e do Tanino. Já que, ao analisar os resultados da interação entre o gesso e os componentes do coco verde, fibras vegetais e tanino, é possível observar potenciais contribuições para o campo de design de materiais, além de apresentar benefícios para a economia e preservação do meio ambiente em escala local ou mesmo em locais que compartilham características com a cidade de São Luís.

Por fim, a escolha do gesso como material matriz para o compósito se dá pelo seu crescente uso na construção civil. Devido ao impacto ambiental negativo das indústrias de artefatos e ligas com base em cimentos (Maury e Blumenschein, 2012), além dos altos custos associados à fabricação e transporte, o gesso aparece como uma alternativa viável e de menor impacto. Porém, ele possui certas limitações em seu uso dada a alta permeabilidade para água, alta porosidade, pouca força de compressão, baixa resistência à tração e compressão, (Sophia *et al*, 2016). Que são pontos analisados nos resultados, após a interação do gesso com a fibra do coco e o Tanino.

### 3. Metodologia

O trajeto percorrido para o desenvolvimento dos corpos de prova envolveu a pesquisa de normas e similares que pudessem prover padrões de qualidade e caminhos para produzir o compósito para futuros testes. No quadro a seguir temos a relação dessas normas e similares, com uma breve descrição, organizada de acordo com a execução das etapas que serão descritas no decorrer desse trabalho.

Quadro 1- Conjunto de normas e descrições organizadas de acordo com o percurso do artigo

Etapa	Norma	Descrição
#01	-	Preparo dos componentes para confecção dos corpos de prova
#02	-	Confecção dos corpos de prova
#03	NBR 9778/2005	Ensaio de Absorção de Água e Porosidade
#04	ASTM C1161	Ensaio de Ruptura à Flexão

Fonte: os autores

#### 3.1. Materiais

Os corpos de prova buscavam estabelecer relações entre 3 componentes: o gesso, a fibra do coco e o tanino extraído dessa fibra. Dessa maneira, os grupos foram organizados de maneira a testar as combinações entre si, levando em conta diferentes gradações dos elementos de mistura já citados.

Dessa forma, o gesso foi recolhido em um laboratório da Universidade Federal do Maranhão, onde os procedimentos para os testes foram realizados. Onde o exemplar da matéria-prima utilizada para o experimento foi da marca Yeso, próprio para argamassa de revestimentos.

Por outro lado, a fibra do coco foi coletada por meio de doação. Em que, os pesquisadores foram a diferentes depósitos, que comercializam esse fruto, para recolher os rejeitos desses estabelecimentos. Por essa razão, a descrição da fibra do coco verde coletada se resume a simples coleta de material tratado como rejeito nesses armazéns. O que, para esta investigação, simula as condições de coleta do rejeito que pretende ser articulada caso existam agentes interessados em produzir o material desenvolvido nesse artigo.

Quanto ao tanino, ele foi extraído diretamente das fibras de uma parcela dos cocos utilizados no experimento. É importante detalhar que a parcela de fibra que teve seu tanino retirado não foi a mesma utilizada para a confecção dos corpos de prova.

Para a extração do Tanino da casca do coco verde, foi utilizado o método de separação em água quente, sendo um procedimento encontrado repetidamente em artigos científicos, tais como Peroni *et al* (2019), Alves *et al* (2016) e Brígida; Morsyleide (2003). Por ser uma técnica de fácil execução, ela utiliza materiais e equipamentos acessíveis, esta foi a forma adotada pelos autores para a obtenção do Tanino necessário para os experimentos.

### 3.2. Ferramentas

Os instrumentos utilizados na manipulação e confecção dos corpos de prova foram:

- Espátula metálica: utilizada para separar o endocarpo, e tudo que está dentro dele das fibras utilizadas.
- Facas Tramontina de uso Doméstico: sua finalidade foi dividir a fibra do coco seguimentos longitudinais, com o corte paralelo ao sentido das fibras
- Serra de bancada Cortag Zapp-500: No primeiro momento tinha como alvo reduzir o tamanho dos seguimentos longitudinais em pedaços de tamanho similar, dessa vez com o sentido do corte perpendicular as fibras. Após a confecção dos corpos de prova, ela serviu para dividir o bloco em pedaços menores que seriam utilizados nos testes.
- Liquidificador Mondial Power 2: utilizado como desagregador dos pedaços resultantes dos cortes das facas e da serra de bancada.
- Bacia: local de mistura dos materiais que compuseram os corpos de prova.
- Bandejas de isopor (usadas em supermercado para acomodar frios como presunto e queijo): item utilizado para deixar a mistura dos diferentes compósitos descansando enquanto a cura do gesso não era finalizada.
- Lixas Nº 60 e 400: usadas para corrigir a superfície de corpos de prova irregularidades em alguma de suas fases.
- Balança Digital Shimadzu BL3200H: foi utilizada para medir o peso inicial, da massa imersa (30 segundos) e da massa úmida (24 horas).
- Paquímetro digital Digimess: teve como objetivo medir as dimensões iniciais e pós massa úmida (24 horas).
- Recipiente descartável de Polipropileno livre de BPA: usado para separar, catalogar e realizar o teste de massa úmida (24 horas) nos corpos de prova.

- Fragmento de tecido em fibra de poliéster: usada para retirar o excesso de água para a medição de peso e dimensões pós massa úmida (24horas)
- Estufa digital para secagem: após a realização dos testes onde os corpos de prova tiveram contato com água. A estufa foi útil para acelerar a secagem dos corpos de prova, proporcionando a eles o peso constante para o teste de flexão 3 pontos.
- Máquina Universal de Ensaio Biopdi MBIO-II: utilizada para a realização do teste de flexão 3 pontos.

### 3.3. Procedimentos de confecção dos corpos de prova

A confecção dos corpos de prova foi realizada em um dos laboratórios da Universidade Federal do Maranhão. As etapas desde o desenvolvimento dos corpos de prova até os ensaios finais seguiram a sequência listada abaixo:

1. Separação dos componentes utilizáveis da fibra do coco;
2. Padronização do tamanho das fibras;
3. Retirada do tanino;
4. Confecção dos corpos de prova;
5. Realização dos testes.

Na primeira etapa era essencial retirar o endocarpo, assim como os elementos contidos dentro dele. Por isso, a sua separação das fibras, contidas no mesocarpo, eram necessárias para a sua utilização correta nos corpos de prova. Sendo assim, foi necessário primeiramente abrir os cocos. Para isso, o coco foi aberto através de impacto com o piso do laboratório, usando da força humana para que o fruto tivesse seu endocarpo exposto, facilitando a separação entre sua fibra e a parcela não utilizada nos ensaios, tendo a separação entre esses elementos com o auxílio de espátulas.

Com as fibras do mesocarpo devidamente separadas, prosseguiu-se para o dimensionamento e corte delas em tamanhos aproximadamente uniformes. Nessa segunda etapa os instrumentos utilizados para auxiliar nesse processo foram facas convencionais e uma serra de bancada Cortag Zapp-500. As facas realizavam cortes na fibra no sentido paralelo a elas e a serra de bancada foi utilizada para cortar as fibras no sentido perpendicular, gerando uma medida de uniformidade entre as fibras. Os pedaços resultantes desse processo de corte, foram levados a um liquidificador que realizou o processo de desagregação das fibras. Sendo assim, as porções de coco foram transformadas em algo similar a um emaranhado de cabelos juntamente com um conjunto de grãos resultantes do corte das lâminas do liquidificador. Tais fibras foram separadas em sacolas plásticas e levadas para a residência de um dos pesquisadores para realizar a retirada do Tanino.

Com isso, as fibras do coco verde passaram por um processo de secagem ao ar livre por 24 horas, antes de seguir para a etapa subsequente. Tanto a secagem, quanto o procedimento de retirada do Tanino por separação em água quente, foram realizados fora do ambiente laboratorial. Dada a necessidade de uma fonte contínua de calor, o procedimento foi executado em uma cozinha residencial, a qual é equipada com um fogão de 4 bocas. Em que nesse ambiente também havia de todos os utensílios auxiliares necessários para tal experimento como panela em aço inoxidável, balança eletrônica, papel alumínio, peneiras, medidor de volumes líquidos e recipientes herméticos em vidro.



Primeiramente, seguindo o processo feito por Peroni *et al* (2019), foram pesados um total de 250 gramas da fibra de coco verde seca e medidos 2,75 litros de água filtrada. Tais partes foram combinadas em uma panela de aço inoxidável e levadas ao fogo alto (200°C) sem tampa para vedação por um período de 2 horas ininterruptas. Após a finalização do tempo apontado, o recipiente ficou exposto a temperatura ambiente para o seu resfriamento total, de forma a permitir a manipulação dos elementos resultantes deste processo.

Após 2 horas em processo de resfriamento, com o auxílio de uma peneira com tela em nylon, foram filtradas as fibras e pequenos pedaços restantes do coco verde. Com o auxílio um funil de polipropileno, o líquido restante contendo o Tanino foi transferido para recipientes herméticos em vidro, onde foram armazenados antes de serem transportados ao laboratório, a fim de dar continuidade à confecção dos corpos de prova. O aspecto final desse procedimento foi um líquido com tonalidade âmbar, de baixa viscosidade e levemente turvo.

A mistura dos ingredientes foi realizada em uma bacia alternando o uso das mãos e espátulas de silicone como forma de combinação entre os elementos (gesso, tanino e fibra de coco). Com as instruções do fabricante do gesso, a proporção adequada para uso do componente matriz é de duas medidas desse material para uma medida de líquido, sendo alternada entre água e tanino extraído do coco verde, dependendo do corpo de prova confeccionado.

O movimento realizado pelas mãos era circular de modo a perceber pedaços de fibra de coco unidos. Os dedos tinham a função de realizar mais uma etapa de desagregação da fibra, tornando a mistura o mais homogênea possível dentro dos padrões de mistura e dos equipamentos disponíveis para a realização do experimento (Figura 1).

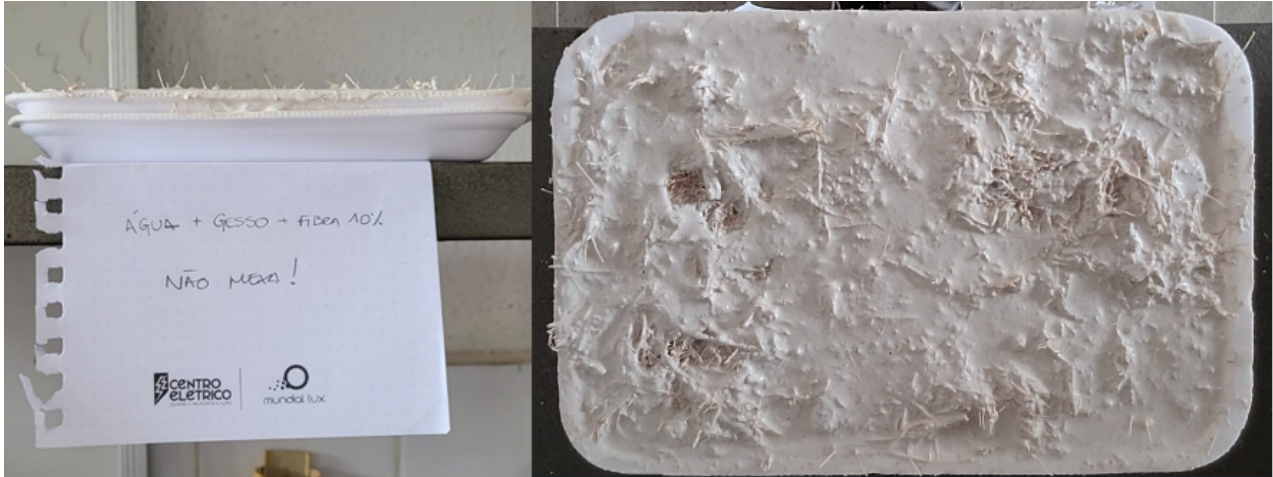
Figura 1 - Processo de mistura manual com o apoio de bacia



Fonte: Os autores (2024)

Após as ligas estarem devidamente combinadas, a mistura alocada na bacia era depositada em uma bandeja de isopor (Figura 2). Usada apenas para que o processo de cura do gesso pudesse acontecer enquanto os pesquisadores realizavam pesquisas bibliográficas e/ou desenvolviam outras misturas.

Figura 2 - Mistura repousando em bandeja de isopor



Fonte: Os autores (2024)

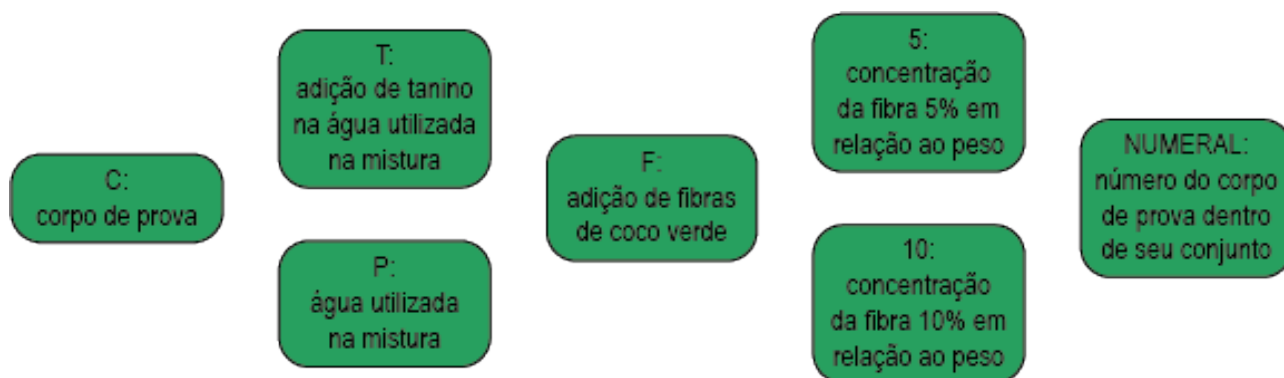
Foram desenvolvidos 6 conjuntos com componentes diferentes. Com o auxílio da serra de bancada os corpos de prova que repousavam na bandeja de isopor foram divididos em 4, totalizando 24 blocos que foram submetidos aos testes. Para confeccioná-los foram necessárias proporções e combinações de componentes distintas entre si.

O corpo de prova padrão (CP), teve sua mistura simples entre gesso e água. Já o corpo de prova gesso e tanino (CT) teve como adaptação a mistura anterior, com a adição do tanino a água na qual seria confeccionado o corpo de prova. Dessa forma, sempre que o código de um corpo de prova apresentar as iniciais CP significa que a água utilizada para na composição não apresenta a adição de tanino. Já os códigos que apresentam as iniciais CT possuem a substância presente na água.

Os corpos de prova gesso e fibra de coco (CPF) apresentam a inclusão das fibras de coco resultantes das etapas anteriores em duas proporções diferentes, 5 e 10 por cento, relacionadas ao peso total da mistura. Dessa forma, o grupo CPF apresenta uma divisão baseado na concentração de fibra existente na combinação, gerando CPF5 e CPF10. A lógica de nomenclatura do grupo anterior é válida para os corpos de prova gesso, tanino e fibra (CTF), tendo seus subgrupos nomeados CTF5 e CTF10. A imagem a seguir busca sintetizar os significados que cada dígito do código indica (Figura 3):



Figura 3 - Códigos e descrição dos conjuntos de corpos de prova



Fonte: Os autores (2024)

Os códigos dos conjuntos de corpos de prova, assim como os seus ingredientes e suas medidas, foram organizados no Quadro 2 para melhor entendimento dos leitores:

Quadro 2 – Descrição e proporção dos componentes de cada conjunto de corpos de prova

Cód.	Descrição	Composição do corpo de prova (em gramas)			
		G	T	F	A
CP	Corpo de prova padrão	400	-	-	200
CT	Corpo de prova gesso e tanino	400	200	-	-
CPF5	Corpo de prova gesso e fibra de coco 5%	380	-	20	200
CPF10	Corpo de prova gesso e fibra de coco 10%	360	-	40	200
CTF5	Corpo de prova gesso, tanino e fibra de coco 5%	365	182,5	19	-
CTF10	Corpo de prova gesso, tanino e fibra de coco 10%	360	200	40	-

**Legenda: CÓDIGO – ESCLARECIMENTO**

G – Gesso em gramas

T – Tanino em gramas

F – Fibra de coco em gramas

A – Água em gramas

(-) – Não está presente na mistura

Fonte: Os autores (2024)

### 3.4. Testes realizados

Os testes realizados nos corpos de prova podem ser separados em destrutivos (Flexão em 3 Pontos) e não destrutivos (Massa Imersa e Massa Úmida). Logo, para que não fosse necessário a confecção do dobro de corpos de prova a sequência de testes realizados começou pelos não destrutivos seguidos pelos destrutivos.

Dessa forma, com o auxílio de uma balança e um paquímetro, foram tiradas as seguintes medidas: peso e dimensões peso constante pós-imersão. O teste de massa imersa busca observar a diferença de peso entre o corpo de prova seco e em contato com a água durante 30 segundos. Para isso foi feita uma adaptação na balança. Em que, a base em madeira serve como plataforma para o recipiente que acomodará água durante o experimento. Já a armação em aço, é posicionada de maneira perpendicular a plataforma, onde nela é acomodado uma espécie de gancho que irá segurar os corpos de prova enquanto o teste está sendo realizado. Essa armação com gancho está em contato direto com a balança, já que o peso do corpo de prova, apoiado pelo gancho, é transferido para a armação em aço, que indica o peso do bloco testado. Tal adaptação do instrumento foi possível pela balança apresentar o recurso de tara, zerando o peso da armação de aço, computando assim o peso apenas do corpo de prova imerso (Figura 4).

Figura 4 - Adaptação da balança para a realização do teste de massa imersa



Fonte: Os autores (2024)

Após a realização do teste de massa imersa os corpos de prova foram separados em recipientes descartáveis de Polipropileno livre de BPA e colocados para repousar durante 24 horas para a realização da medição de peso e dimensões pós massa úmida (Figura 5).

Figura 5 - Corpos de prova em repouso por 24 horas



Fonte: Os autores (2024)

Com o auxílio das mesmas ferramentas utilizadas no ensaio de massa imersa, com a adição de um tecido em fibra de poliéster (utilizada para retirar o excesso de água dos corpos de prova), foram coletadas as informações de peso e dimensões (Figura 6).

Figura 6 - Estação de trabalho para coleta de dimensões e pesos pós massa úmida

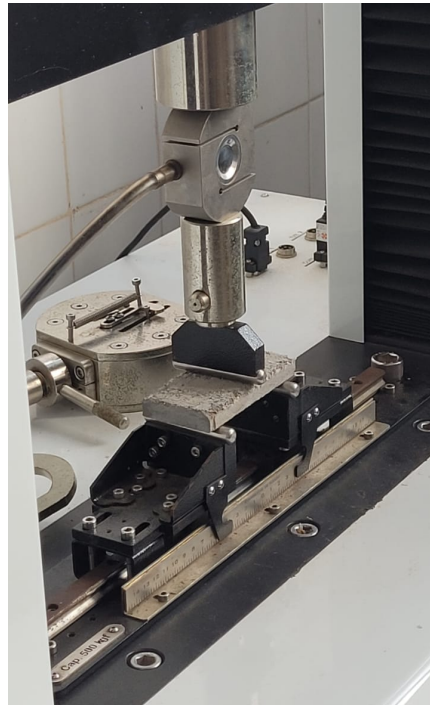


Fonte: Os autores (2024)

Com o término dos testes não destrutivos, os blocos testados foram colocados em uma estufa digital para secagem de forma a atingir peso constante devido a perda de água. Por isso, depois de três dias, foi iniciada a bateria destrutiva de testes.

Usando uma Máquina Universal de Ensaio Biopdi MBIO-II, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de flexão 3 pontos. Que tem como objetivo do teste comparar o desempenho com relação a resiliência do corpo de prova padrão, CP, com os outros grupos (Figura 7).

Figura 7 - Realização do ensaio de flexão 3 pontos



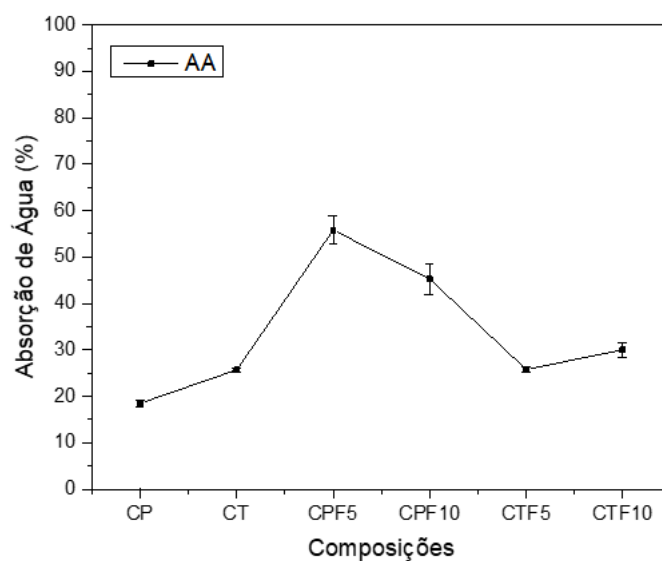
Fonte: Os autores (2024)

Seguindo a norma ASTM C1161, os testes foram realizados até a fratura total do bloco ou até a peça suportar a metade da carga máxima aplicada sobre o corpo de prova sem apresentar o rompimento total da peça.

#### 4. Resultados

Os gráficos 1 e 2 a seguir apresentam a absorção de água (AA) e a porosidade aparente (PA) em percentual, respectivamente, para as amostras: gesso puro (CP), gesso com tanino (CT), gesso com 5% de fibra de coco (CPF5), gesso com 10% de fibra de coco (CPF10), gesso com tanino e 5% de fibra de coco (CTF5), e gesso com tanino e 10% de fibra de coco (CTF10).

Gráfico 1- Absorção de Água AA versus composições CP, CT, CPF5, CPF10, CTF5 e CTF10.

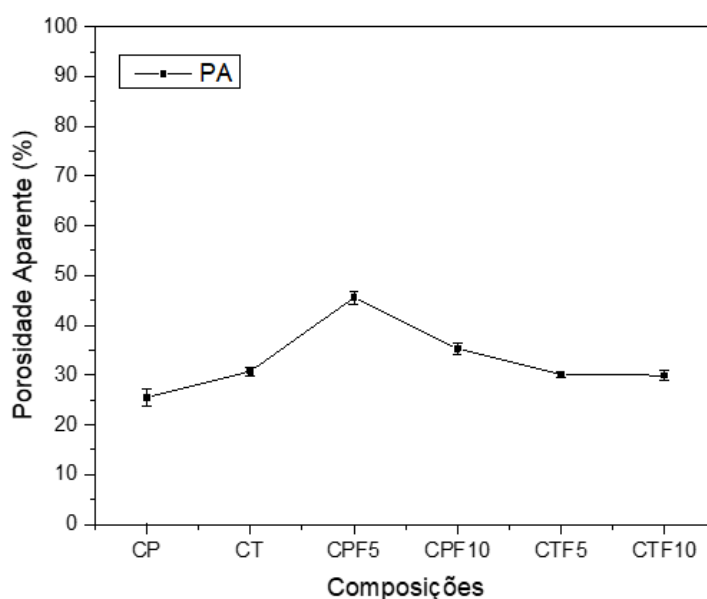


Fonte: Os autores (2024)



No que diz respeito à AA, percebemos que o CP apresenta a menor AA (18%) e que ela tende a subir para a amostra com tanino CT (25%), demonstrando que a ação do tanino, ao contrário do que se esperava, não torna o gesso puro mais impermeável. Mas, quando observamos as amostras que contêm fibra, percebemos a ação de impermeabilidade do tanino, pois verificamos uma AA menor para as amostras que contêm tanino e fibra (CTF5 e CTF10), em relação às amostras que contêm apenas fibra (CPF5 e CPF10). Considerando a ação da fibra na elevação da AA em relação ao CP, podemos justificá-la pela condição da fibra também absorver água devido ao seu mais elevado caráter hidrofílico em relação à matriz de gesso. As composições contendo apenas fibra (CPF5 e CPF10) tiveram uma grande elevação na AA, possivelmente devido à ação hidrofílica da fibra. A diminuição da AA da composição CPF10 em comparação com a CPF5 se deve à queda na porosidade da amostra com a maior quantidade de fibra, como mostrado no Gráfico 1.

Gráfico 2- Porosidade Aparente PA versus composições CP, CT, CPF5, CPF10, CTF5 e CTF10.



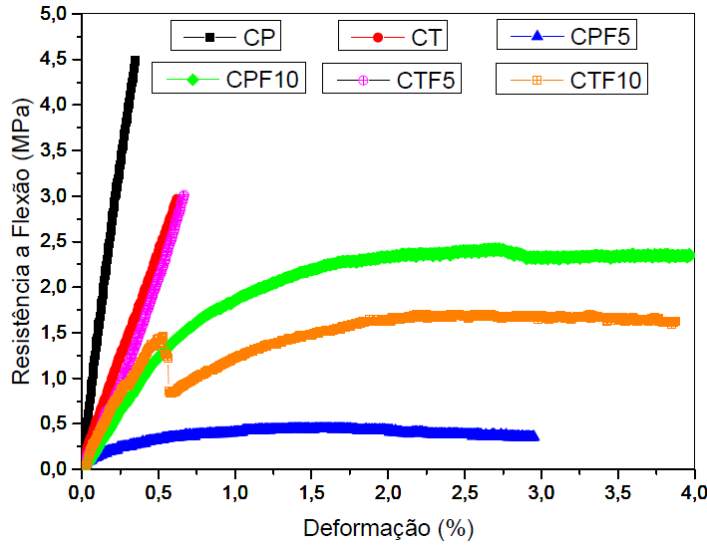
Fonte: Os autores (2024)

Ao analisarmos o gráfico da porosidade aparente, verificamos que o comportamento corrobora com o gráfico de AA. A PA para a amostra de gesso puro (CP) ficou em 26%, e a ação do tanino permitiu que a PA se mantivesse em torno de 30% para todas as composições que o contêm. As composições contendo apenas gesso e fibra tiveram a porosidade elevada, e, mais uma vez, a composição com CPF5 apresentou valor maior que a composição CPF10, demonstrando que quanto mais fibra, menor porosidade e, conseqüentemente, menor AA.

O Gráfico 3 a seguir apresenta as curvas mais representativas de um conjunto de 4 amostras de cada composição, onde a resistência à flexão RF é plotada em função da deformação relativa. As composições são: gesso puro (CP), gesso com tanino (CT), gesso com 5% de fibra de coco (CPF5), gesso com 10% de fibra de coco (CPF10), gesso com tanino e 5% de fibra de coco (CTF5) e gesso com tanino e 10% de fibra de coco (CTF10).



Gráfico 3- Curvas representativas da Resistência a Flexão versus deformação relativa para as composições CP, CT, CPF5, CPF10, CTF5 e CTF10.

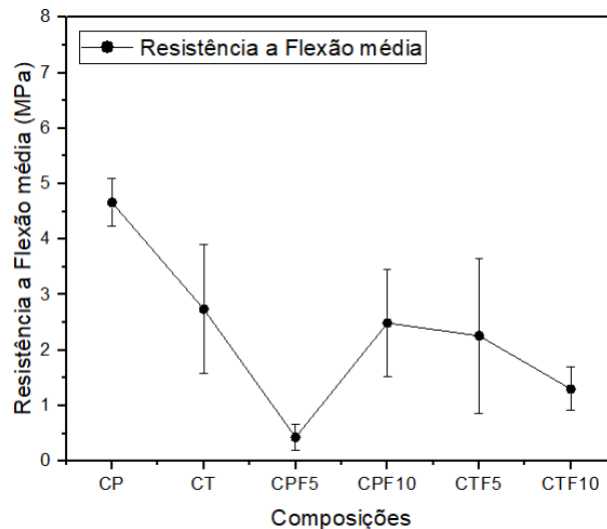


Fonte: Os autores (2024)

A amostra CP apresenta um comportamento de material frágil; apesar de ter uma elevada resistência, tem pouca deformação, vindo a romper bruscamente. As composições CT e CTF5, que contêm tanino, também apresentaram comportamento frágil, rompendo com pouca deformação, mesmo deformando mais que o gesso puro. A composição CTF10 também apresenta comportamento frágil, uma vez que rompeu com uma deformação de 0,5% (vide pico na curva), mas manteve-se resistindo devido à ação das fibras. A ação da fibra favorece a tenacificação do material, visto que o material tende a deformar-se bastante antes de romper, mesmo não tendo muita resistência à flexão. A composição CPF10 apresenta um material tenaz, mostrando relativa resistência à flexão e elevada deformação. Isso é de relevância para aplicações que envolvam risco de queda da peça, pois, após a fratura, ela se manterá deformada, porém sem se esfacelar, provocando danos, até que seja substituída.

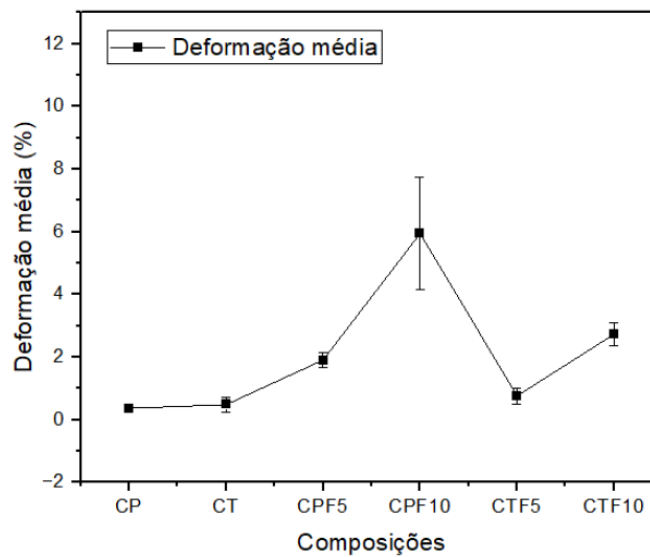
Os Gráficos 4 e 5 a seguir apresentam, respectivamente, as médias da resistência à flexão e as médias das deformações relativas para todas as composições.

Gráfico 4- Resistência a Flexão média versus composições CP, CT, CPF5, CPF10, CTF5 e CTF10.



Fonte: Os autores (2024)

Gráfico 5- Deformações médias versus composições CP, CT, CPF5, CPF10, CTF5 e CTF10.



Fonte: Os autores (2024)

O maior valor de resistência foi obtido na composição CP, seguido pela composição contendo tanino CT, porém, com menores deformações, o que confirma o caráter de material frágil. A composição CPF5 apresentou o menor valor de resistência à flexão, apesar de ter uma deformação um pouco superior às composições CP e CT, o que se deve à sua maior porosidade, refletindo diretamente sobre a resistência. Já a composição CPF10 mostra-se mais tenaz entre todas, apresentando uma resistência à flexão próxima a 3 MPa com a maior deformação, mostrando-se mais promissora para aplicações que requerem deformação sem rompimento. Essa resposta se deve à ação das fibras, cujo entrelaçamento amarra o material como um todo. A ação do tanino pouco favoreceu a resistência à flexão, mantendo a deformação muito próxima para todas as composições que o contêm, propiciando respostas frágeis dessas composições.

## 5. Análise de resultados

Com a conclusão de todos os testes, foi possível constatar que o tanino, ao contrário do que se esperava, não proporcionou o aumento da impermeabilidade do gesso nos corpos de prova mesmo sendo uma propriedade inerente à substância. Dada a sua natureza, como pode ser observado nos resultados, a mesma possui uma melhor aderência às matérias orgânicas do que em matérias minerais, vide a impermeabilização das fibras de coco ilustradas nos gráficos 1 e 2. Com isso, fica constatado que para fins de impermeabilização de blocos e peças utilizados na construção civil constituídas por componentes minerais, o Tanino não traz uma melhora de sua performance de repelir líquidos quando adicionado em sua composição.

Em relação às fibras de coco, como já era esperado, nos corpos de prova onde não houve a adição do Tanino, as fibras localizadas nas faces externas dos blocos de gesso possibilitaram a entrada de água por absorção. Porém, como já foi mencionado, nas peças onde as fibras tiveram contato com o tanino, essas foram impermeabilizadas e assim a penetração de água na peça foi bem menor em relação às peças sem o tanino. Entretanto, a absorção dos corpos de prova sem fibra ou tanino foi a menor entre todos os tipos de amostras.

No que se refere à resistência mecânica, notou-se que os corpos de prova com a presença do tanino deformaram menos e apresentaram uma maior resistência mecânica. Todas as peças com a adição desta substância se tornaram frágeis, rompendo com pouca deformação, mas a carga

suportada em relação às peças sem o tanino foi maior. Quanto às peças com fibras de coco em sua composição, houve uma maior deformação antes da ruptura total da peça.

## 6. Conclusão

Mesmo com certa dificuldade na correção e preservação da homogeneidade das fibras nos corpos de prova, dado o processo artesanal de confecção das peças, com os resultados atingidos foi possível constatar que os resíduos do coco verde têm um grande potencial de contribuição no design de novos materiais sustentáveis.

Os benefícios proporcionados pela liga entre os elementos do compósito trazem benesses não apenas para o material em si ou para o campo de estudo, mas também para a conservação do meio ambiente, à economia local e para a população da cidade de São Luís. Desta forma, considerando que esse artigo trata de uma temática que exige soluções urgentes, os achados dos ensaios apontam que novos materiais podem surgir desta investigação. Já que existe a possibilidade de ser uma opção alternativa sustentável para os produtos existentes no mercado e, com estudos futuros, podem vir a substituir as atuais opções disponíveis na indústria.

## 7. Agradecimentos

Agradecemos ao Laboratório de Materiais da Universidade Federal do Maranhão pelo suporte na realização dos experimentos e na análise dos dados. Também agradecemos às agências de fomento que financiam este laboratório: Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## 8. Referências

ALVES, G. B.; SILVA, P. L. R.; OLIVEIRA, M. G.; OLIVEIRA, C. C.; GONÇALVES, G. T. Casca do coco verde: fonte de tanino para controle de coliformes. **Revista Educação Ambiental em Ação**. [S. l.], v. XV, n. 58, 2016. ISSN 1678-0701. Disponível em: <https://revistaea.org/pf.php?idartigo=2581>. Acesso em: 5 dez. 2023

BRÍGIDA, A. I. S.; MORSYLEIDE, F. R. Determinação do Teor de Taninos na Casca de Coco Verde (*Cocos nucifera* L). Embrapa Agroindústria Tropical, Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 47:25-27. **Ornamentals/Ornamentales**- October 2003.

CALLISTER, W.D.; RETHWISCH, D.G. (2002) **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Tradução Sergio Murilo Stamile Soares.- 9. ed.- Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2012. 264p.

CHINI, S. O.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; BERTOL, C. D.; SOBOTTKA, A. M. O pH do solo e a sua relação com a concentração de caninos condensados em *Lotus* spp. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2013, Florianópolis. **Anais**. [...] Florianópolis, Santa Catarina, 2013. Disponível em: <https://www.eventossilos.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/718.pdf>

COUTO, L. C.; SCÁRDUA, F.; CORDEIRO, S.; RODRIGUES, C. **Taninos vegetais ou polifenóis**. Diamantina: UFVJM, 2021. 73 p. Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/2665>.

LETCHER, T.; VALLERO, D. **Waste: A Handbook for Management**. 1a Ed. Massachusetts: Academic Press, 2011.

MAURY, M. B.; BLUMENSCHNEIN, R. N. Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente. **Sustentabilidade em Debate** - Brasília, v. 3, n. 1, p. 75-96, jan/jun 2012. Disponível em: [http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/12110/1/ARTIGO\\_ProducaoCimentoImpacto.pdf](http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/12110/1/ARTIGO_ProducaoCimentoImpacto.pdf)

MEIO & MENSAGEM. O que é greenwashing e como a prática pode prejudicar as empresas. **Meio & Mensagem**, São Paulo, 24 maio 2023. Disponível em: <https://www.meioemensagem.com.br/marketing/greenwashing>. Acesso em: Acesso em 5 jun. 2024.

MULLER, M.; Krick, T.; BLOHMKE, J. Putting the construction sector at the core of the climate change debate. **Deloitte**, 2020. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/ce/en/pages/real-estate/articles/putting-the-construction-sector-at-the-core-of-the-climate-change-debate.html> Acesso em: 25 jan. 2023.

PERONI, B. L.; CAMPOS, L.; FILHO, P. R. A. S.; ALMEIDA, J. B. dos S. M. de; GOMES, M. S. da R. Extração do tanino a partir da casca de coco verde (cocos nucifera) e síntese do poliestireno sulfonado de copos plásticos / Tannins extraction from coco verde bark (cocos nucifera) and synthesis of sulfonated polystyrene plastic cups. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 10, p. 21316–21330, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n10-289. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/4032>. Acesso em: 5 jun. 2024.

ROSA, M.; MATTOS, A.; CRISÓSTOMO, L.; BEZERRA, F.; VERAS, L.; CORREIA, D. Aproveitamento da casca de coco verde. In CARVALHO, José Maria Marques de (Org.) **Apoio do BNB à Pesquisa e Desenvolvimento da Fruticultura Regional**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/574399>. Acesso em: 4 jun. 2024.

SANTOS, A. (Org.). **Design para sustentabilidade: dimensão ambiental**. Curitiba: Insight, 2018.

SANTOS, A. (Org.). **Design para sustentabilidade: dimensão econômica**. Curitiba: Insight, 2018.

SANTOS, A. (Org.). **Design para sustentabilidade: dimensão social**. Curitiba: Insight, 2019.

SANTOS, D.; SANTANA, S.; BEZERRA, C.; FILHO, J. Remoção de corantes têxteis por mesocarpo de coco verde. **MensAgitat**, [s. l.], v. III, n. 2, p. 9–16, 2008. Disponível em: <http://mensagitat.org/data/documents/V3-N2-2008.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2021.

SILVA, D.; ALVES R.; PINHEIRO, E. Engenharia civil e sustentabilidade: alternativas de materiais sustentáveis para edificação- estudo de caso. **Revista FT**. Ed. 122, Maio 2023. DOI: 10.5281/zenodo.7922421. Disponível em: <https://revistaft.com.br/engenharia-civil-e-sustentabilidade-alternativas-de-materiais-sustentaveis-para-edificacao-estudo-de-caso/>. Acesso em: 3 dez. 2023.

SILVA, E.; MARQUES, M; FORNARI, C.; VELASCO, F. Análise técnica para o reaproveitamento da fibra de coco na construção civil. **Revista Ambientia**. Guarapuava- Paraná, v. 11 n. 3 p. 669- 683 Set. / Dez. 2015 ISSN 1808- 0251. DOI:10.5935/ambiencia.2015.03.11

SILVEIRA, A. G.; SANTINI, E. J.; KULCZYNSKI, S. M.; TREVISAN, R.; WASTOWSKI, A. D.; GATTO, D. A. Tannic extract potential as natural wood preservative of *Acacia mearnsii*. **Annals of the Brazilian Academy of Science**, v. 89, n. 4, p. 3031-3038, 2017.

SOPHIA, M., SAKTHIESWARAN, N., BABU G. O. Gypsum as a construction material - a review of recent developments. **International journal for innovative research in science & technology**, v. 2, n.12, p. 1-9, 2016.

SOUZA, M. **Uso da casca do coco para produção de painéis constituídos**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2020.

VELOSO, Y. M.; SOUZA, I.; SANTOS, J.; LEITE, M. Reutilização da fibra da casca do coco verde para a produção de matéria prima industrial. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT**, Sergipe, v. 1, n. 3, p. 91–98, 2013. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/579>. Acesso em: 9 jun. de 2024.