

FIBRA DE COCO NA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO CIVIL: Potencialidades e usos

Gabriela Domingues Rocha (IC) e Karen Niccoli Ramirez (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackenzie

RESUMO

Esta pesquisa refere-se às possibilidades de utilização da fibra de coco na área da construção civil e arquitetura. A fibra de coco é um material proveniente do fruto do coqueiro, sendo a sua utilização uma oportunidade para reduzir os impactos ambientais causados pelo seu descarte na natureza. A partir das suas características físicas, químicas e mecânicas evidencia-se as possibilidades de aplicação da fibra, sendo que substâncias como a lignina e a celulose são determinantes no comportamento deste material, assim como a quantidade que é adicionada em cada uso. Compreender brevemente o mercado do coqueiro também contribuiu para o entendimento do tema, considerando que é necessário ter uma visão sistêmica das consequências geradas pela sua utilização na área da construção. A pesquisa foi organizada para explorar três casos em que a fibra de coco já está sendo utilizada no mercado e três potencialidades de aplicação. Mostra-se que a fibra de coco pode trazer benefícios técnicos para materiais construtivos, como painéis termoacústicos, concreto e tijolos, por exemplo. A partir da revisão da literatura, pode-se concluir que a utilização desse material é muito vantajosa no sentido ambiental, econômico e social, tornando-se assim uma alternativa sustentável com grande potencial na construção civil e arquitetura.

Palavras-chave: Fibra de coco. Material sustentável. Arquitetura eficiente.

ABSTRACT

This research refers to the possibilities of using coconut fiber in civil construction and architecture. Coconut fiber is a material derived from the fruit of coconut palm, and its use is an opportunity to reduce the environmental impacts caused by its disposal in nature. From its physical, chemical and mechanical characteristics, the possibilities of application of the fiber are evidenced, and substances such as lignin and cellulose are decisive in the material behavior, as well as the amount added in each use. Briefly understanding the coconut market also contributed to the theme understanding, seeking a systemic view of the consequences generated by its use in construction. The research was organized to explore cases in which coconut fiber is already being used in the market and application potentials. It is shown that coconut fiber can bring technical benefits to building materials, such as thermoacoustic panels, concrete, bricks, for instance. From the literature review, it can be concluded that the use of coconut fiber is advantageous in the environment, economic and social sense, becoming a sustainable alternative with great potential in civil construction and architecture.

Keywords: Coconut fiber. Sustainable material. Efficient architecture.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o 5º país do mundo produtor de coco, de acordo com Brainer (2018), e representa 3,8% da produção mundial. Possui um alto índice de produtividade, o qual está diretamente ligado às tecnologias utilizadas durante o cultivo, com um valor de 10.863 kg/ha, maior valor quando comparado com países em maior posição, sendo esses em ordem: Indonésia, Filipinas, Índia e Sri Lanka. Por conta dessa grande produção, o volume de resíduos descartados é extremamente alto, cerca de 7 milhões de toneladas por ano no Brasil, de acordo com Santos (2016). Segundo Castilhos (2011), o meio ambiente demora entre 8 e 12 anos para decompor o coco por completo, sendo a preocupação com sustentabilidade um dos principais motivos para a busca por alternativas de aproveitamento das cascas do fruto.

O coco pode ser aproveitado de diversos modos, um deles é a produção de fibras, fabricadas a partir da casca, que representa 80% do fruto, e por não ser comestível é a parcela descartada no meio ambiente. Cada coco possibilita a produção de 70 a 80 gramas de fibra, com grande potencial de utilização em diversas áreas, como biotecnologia, reforços estruturais de construções, materiais de revestimento e isolamento térmico e acústico. A partir dessas informações, observa-se a importância da busca por alternativas de aproveitamento desse material. (CASTILHOS, 2011).

Ademais, segundo Da Silva Júnior (2022), os resíduos descartados na área de construção civil são significativos, representando em torno de 50% dos resíduos no geral. Portanto, o aproveitamento das fibras de coco substituindo materiais sintéticos utilizados nas mesmas funções, contribui para a redução de impactos ambientais gerados na construção de um projeto de arquitetura.

Incorporar a fibra de coco nos materiais de construção também pode trazer benefícios técnicos e minimizar impactos deste setor, associados aos potenciais para sua aplicabilidade na arquitetura. Entretanto, para que a fibra possa ser utilizada, é necessário entender suas propriedades e como estas interferem, de forma positiva ou negativa, no desempenho dos materiais aos quais ela será aplicada.

Este artigo tem como objetivo apresentar algumas das principais características físicas, químicas e mecânicas da fibra de coco, tratamentos necessários para sua utilização, assim como evidenciar aspectos sobre os usos e potencialidades do material na arquitetura e construção civil. Para isso, foi realizada uma revisão de literatura sobre o tema e foram estudadas aplicações da fibra de coco no mercado, sendo estes: placas termoacústicas associadas a paredes, coberturas e pisos e telhas. Ademais, o artigo explora três potencialidades de aplicação da fibra de coco em materiais construtivos, sendo estas:

incorporação da fibra no concreto, em placas cimentícias e em tijolos, analisando seu custo-benefício em cada uma das situações.

2. DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO

2.1 Aproveitamento do coco para produção de fibras

O coqueiro é uma árvore muito comum que pode ser encontrada em cerca de 200 países, contudo, apenas 90 deles exploram os frutos de forma comercial, sendo estes aqueles com as melhores condições para seu cultivo, ou seja, solos arenosos, radiação solar intensa e chuvas acima de 1.5mm. Além disso, tanto o coco seco quanto o coco verde podem ser obtidos durante todos os meses do ano, fator positivo para geração de empregos e movimentação do mercado. É importante ressaltar que, no Brasil, cerca de 70% da exploração do coco é feita por pequenos e médios agricultores, sendo assim de extrema importância para esse comércio. (MARTINS, 2011).

Segundo Brainer (2018), cerca de 80% da produção brasileira está concentrada na região do Nordeste, seguido das regiões Norte, Sudeste, Centro-Oeste e Sul. Atualmente, de acordo com Nunes *et al.* (2022), o Brasil possui cerca de 287 mil hectares cultivados com coqueiro, com uma produção anual de aproximadamente 2 bilhões de cocos.

Segundo Castilhos (2011), o coco, com nome científico de *Cocos nucíferas L.*, é composto por um epicarpo (1), camada externa fina e lisa; um mesocarpo (2), camada intermediária e fibrosa; um endocarpo (3), camada dura e lenhosa; o endosperma (4), parte comestível onde fica a água do coco; além do embrião (5), como mostra a Figura 1. Segundo o autor, o fruto chega a alcançar de 3 a 4 kg em média.

Figura 1: Ilustração com coqueiro e partes do coco.



Fonte adaptada de: De Oliveira (2018), Nunes (2022)

A partir do mesocarpo (2), o qual representa cerca de 80% da composição do coco, podem ser extraídas as fibras, compostas por lignina, celulose e hemicelulose. Segundo Vale

(2007), na área do comércio são chamadas de coiro ou cairo. De acordo com Kimberly (2016), elas também possuem uma pequena quantidade de extrativos, proteínas, amido, materiais inorgânicos, pectinas, carboidratos simples, terpenos, alcaloides, saponinas, poli fenólicos, gomas, minerais, resinas, gorduras e graxas, sendo solúvel em água e algumas ceras.

Como explica Nunes *et al.* (2022), a partir do peso médio da casca de 0,9 kg e do seu rendimento após o tratamento, é produzido aproximadamente 30% de fibra e 70% de pó, estima-se que pode ser produzido anualmente cerca de 482.530 e 1.125.906 toneladas de fibra e de pó, respectivamente. A importância deste aproveitamento é ainda maior quando se considera que, geralmente, a casca é descartada e até incinerada, desperdiçando seu potencial na agricultura e na indústria de modo geral.

Como cita Veloso *et al.* (2013), os resíduos do coco exigem uma grande área destinada a esse descarte, além de gerar poluição visual, proliferação de vetores e emissão de gases poluentes, como o gás metano liberado no seu processo de decomposição, contaminação do solo, entre outras consequências prejudiciais. Em cidades litorâneas do Brasil, essa preocupação é ainda maior, sabendo que, ainda de acordo com Veloso *et al.* (2013), os resíduos dos frutos representam cerca de 70% do lixo das orlas das praias (Figura 2).

Figura 2: Cascas de coco descartadas no meio ambiente.

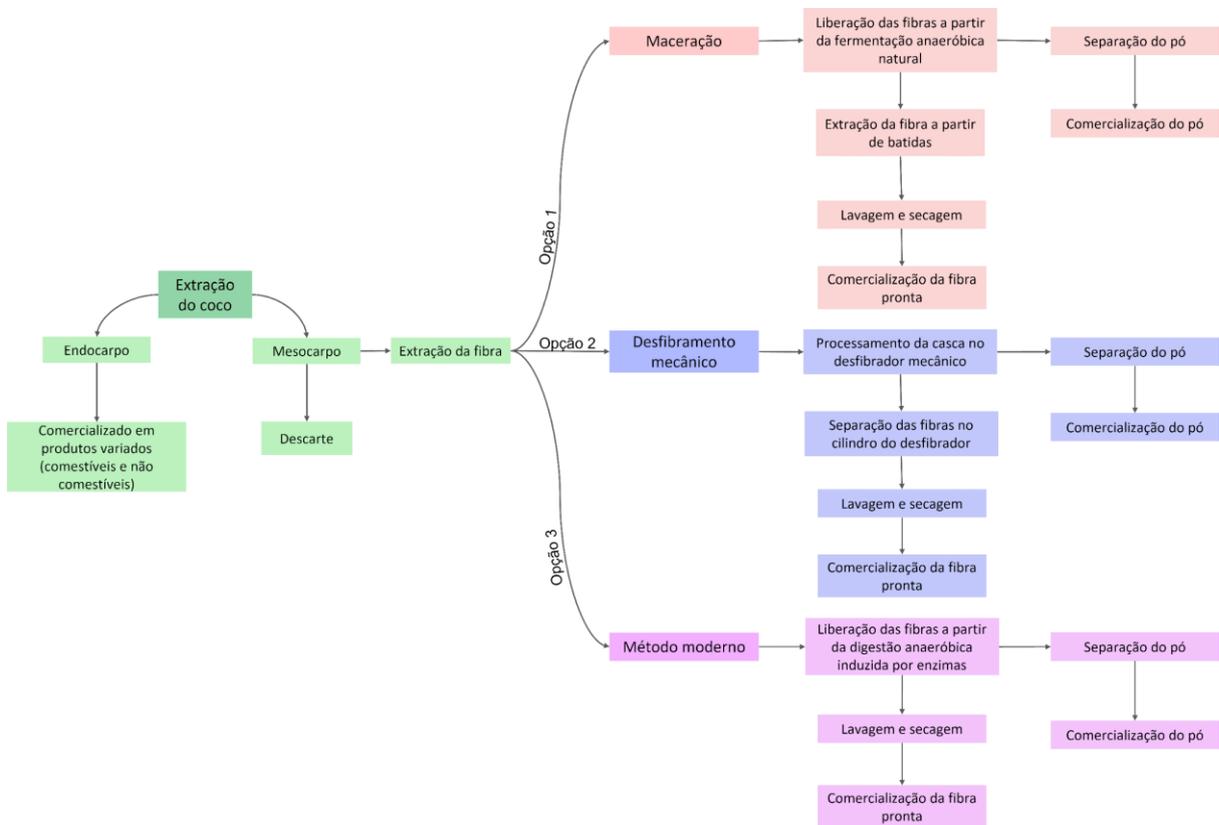


Fonte: Nunes (2021)

2.2 Processo para obtenção da fibra de coco para uso na construção civil

A fim de viabilizar sua comercialização e utilização da forma correta, evitando seu descarte, Pannirselvam *et al.* (2005) explica que há três formas convencionais de extração das fibras de coco, a maceração, utilizada nas fibras de coco verde; o desfibramento mecânico, realizado em fibras de coco seco; e o método moderno. O processo de obtenção da fibra de coco para aplicação em materiais da construção civil pode ser observado no fluxograma a seguir (Figura 3).

Figura 3: Fluxograma com os possíveis processos de tratamento da fibra de coco, a partir da extração do fruto.



Autoria própria (2022).

A maceração é quando as cascas do coco são colocadas na água durante 4 a 12 semanas, permitindo a fermentação anaeróbica, a qual acontece de maneira espontânea, que ajuda na liberação das fibras. A duração do processo mencionado depende das características da água onde a casca foi inserida, como sua temperatura, pH e fatores químicos e físicos. Logo depois, os cocos são amaciados e a extração das fibras é feita por batidas, podendo ser feitas à mão ou não. (PANNIRSELVAM *et al.*, 2005).

Já, no desfibramento, é feita a separação dos filamentos das fibras a partir do desfibrador mecânico, que processa a casca durante cinco dias na água, amaciando e abrindo as fibras. Estas são separadas por tamanho pelos cilindros do desfibrador, aquelas mais fortes passam por uma lavagem, são secas e amaciadas. Contudo, esse processo pode afetar o desempenho da fibra. (PANNIRSELVAM *et al.*, 2005).

Ademais, existe uma terceira forma de extrair e tratar as fibras, através do método moderno, como é denominado, feito com biotecnologia, o que reduz o tempo do processo e mantém a qualidade da fibra. Este funciona a partir da aproximação específica de enzimas microbianas, induzindo a digestão anaeróbica. Para que o processo funcione adequadamente e não altere as propriedades das fibras de forma negativa, ele precisa ser realizado em

temperaturas entre 20°C e 65°C; com pH entre 6,6 e 7,6, sendo o pH = 7 a melhor condição; relação de carbono/nitrogênio (C/N) com valor de 30 a 35; e a presença obrigatória de fósforo, sabendo que sua ausência interrompe a digestão. (PANNIRSELVAM *et al.*, 2005).

Segundo Senhoras (2003), após passarem pelo processo de tratamento, tanto o pó quanto a fibra podem ser muito benéficos em diversas áreas, ambos têm sido utilizados no artesanato, manufatura de tapeçarias e estofamentos, na indústria do papel, como combustível em fábricas, entre outros. Como cita Senhoras (2004), esse material também pode ser um destaque na área de agricultura e biotecnologia, funcionando como proteção do solo contra erosão e substrato de cultivo. Este produto já está presente em telhados verdes, com resultados superiores ao substrato de cana de açúcar, segundo Rosa (2019).

Para ser utilizada na confecção de materiais de construção civil, a fibra de coco não passa necessariamente por processos adicionais. Entretanto, cada aplicação exige algumas características desejáveis para que o material alcance sua máxima eficácia, tais como o tamanho dos filamentos de fibra utilizados, capacidade de absorção de água e sua concentração de lignina e celulose. Por este motivo, algumas empresas que trabalham com esse material podem optar por realizar o processo de tratamento, garantindo assim as propriedades necessárias. Outra forma de atingir tais características é através de algum tratamento específico a partir das fibras que são comercializadas, por meio da saturação por exemplo, é possível reduzir a capacidade de absorção de água da fibra de coco.

2.3 Características da fibra de coco

A fibra de coco pertence à família das fibras duras, tal como o "sisal". É uma fibra multicelular que tem como principais componentes, a celulose e o lenho, o que confere elevados índices de rigidez e dureza. A baixa condutividade ao calor, a resistência ao impacto, às bactérias e a água, são algumas de suas características. (SENHORAS, 2003).

A partir dos dados da tabela 1, nota-se que as fibras feitas da casca de coco contêm um teor mais alto de lignina, fazendo com que esta se destaque das demais fibras, pois essa substância é responsável pela resistência à compressão do tecido celular, além de proporcionar uma maior proteção da fibra contra danos físicos e químicos, ou seja, sua durabilidade. A lignina nas fibras também é responsável pela sua flexibilidade e sua taxa de hidrólise, aumentando conforme sua concentração aumenta também. (PASSOS, 2005).

Na tabela 1, observa-se a comparação da composição de algumas fibras, segundo Passos (2005).

Tabela 1: Composição de fibras naturais oriundas do cultivo e subprodutos da agricultura

Fonte de fibra	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)	Pectina (%)	Cinza (%)	Água (%)
Casca de coco	36-43	0,15-0,25	20-45	3,0	2,7-10,2	10-12
Algodão	82,7	5,7	–	5,7	NA	10,0
Juta	64,4	12,0	11,8	0,2	NA	10,0
Linho	64,1	16,7	2,0	1,8	NA	10,0
Rami	68,6	13,1	0,6	1,9	NA	10,0
Sisal	65,8	12,0	9,9	0,8	NA	10,0
Forragem de milho	38-40	28	7-21	NA	3,6-7,0	9
Folha de abacaxi	70-82	18	5-12	NA	0,7-0,9	10-13
Bagaco de cana	32-48	19-24	23-32	NA	1,5-5	8,8
Folha da bananeira	60-65	6-8	5-10	NA	4,7	10-15
Palha de trigo	33-38	26-32	17-19	NA	6-8	10
Palha de arroz	28-36	23-28	12-14	NA	14-20	6,5
Talo de sorgo	27	25	11	NA	–	8-12
Palha de cevada	31-45	27-38	14-19	NA	2-7	8-12

Fonte: Passos (2005)

A quantidade de celulose, responsável pela estabilidade e resistência das fibras, é uma das mais baixas quando comparada às demais. A hemicelulose é um polissacarídeo que atua como ligante entre a celulose e a lignina, com função estrutural nas células, contudo, não possui uma relação direta com as propriedades mecânicas estudadas. A pectina, um polissacarídeo com função aglutinante, é um dos constituintes da parede celular. Os componentes minerais são os responsáveis pela formação das cinzas após a incineração das fibras. (PASSOS, 2005). Nas tabelas 2 e 3, observa-se os valores das propriedades da fibra de coco e a comparação de algumas propriedades mecânicas em relação a outras fibras.

Tabela 2: Propriedades da fibra de coco

Propriedades da fibra de coco	
Propriedades Físicas	
Densidade	0,12 g/cm ³
pH médio	5,4
Condutividade elétrica	1,8 dS/m
Propriedades Químicas	
Higroscopicidade	tolerância de 13%
Propriedades Mecânicas	
Resistência à tração	175 MPa
Módulo de elasticidade	4,0-6,0 GPa
Alongamento	30%

Fonte: adaptado de Corradini (2019), Vale (2007), Castilhos (2011), Passos (2005)

Tabela 3: Propriedades mecânicas de fibras naturais e fibras sintéticas utilizadas como reforço

Fibra	Densidade (g/cm³)	Alongamento (%)	Resistência à tração (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
Coco	1,2	30,0	175	4,0-6,0
Algodão	1,5-1,6	7,0-8,0	287-597	5,5-12,6
Juta	1,3	1,5-1,8	393-773	26,5
Linho	1,5	2,7-3,2	345-1035	27,6
Cânhamo	-	1,6	690	-
Rami	-	3,6-3,8	400-938	61,4-128
Sisal	1,5	2,0-2,5	511-635	9,4-22,0
Kraft ^a	1,5	-	1000	40,0
E-vidro ^b	2,5	2,5	2000-3500	70,0
Carbono (padrão)	1,4	3,3-3,7	3000-3150	63,0-67,0

Fonte: Passos (2005)

A partir das tabelas 2 e 3, conclui-se que as fibras sintéticas são muito mais resistentes à tração que as fibras naturais. Porém, quando se comparam os valores de alongamento, a fibra de coco é um grande destaque, dentre as fibras sintéticas e naturais. Pensando na sua utilização na área de construção, segundo Vale (2007), sua baixa densidade traz benefícios para materiais estruturais, placas termoacústicas e revestimentos. Senhoras (2003) cita alguns outros benefícios da fibra de coco, como o fato de não atrair roedores, não produzir fungos e seu comportamento em caso de fogo é da classe B2, ou seja, é pouco combustível e tem uma contribuição para o fogo muito baixa, porém pode causar *flashover*.

A fibra de coco possui um elevado módulo de elasticidade, facilitando seu manuseio. Além disso, a fibra de coco é muito eficiente em regiões litorâneas, por conta de sua alta resistência à umidade, à água do mar e condições climáticas diversificadas. Sua resistência quando exposta a locais com alta umidade, totaliza-se em 93% da resistência a seco, porcentagem alta em relação a outras fibras naturais. (KIMBERLY, 2016).

2.4 Aplicação da fibra de coco em placas termoacústicas

Castilhos (2011) cita que os painéis confeccionados com a fibra de coco atendem às normas técnicas, além de possuir baixo custo e elevada quantidade de lignina, substância que proporciona mais rigidez às placas, absorvendo as baixas frequências e reduzindo os níveis sonoros consideravelmente. Segundo Bastos (2019), os materiais isolantes mais comuns atualmente são a lã de rocha, a lã de vidro e a lã de PET.

A sustentabilidade também é um fator positivo na escolha deste material, De Oliveira (2018) aponta que para cada metro quadrado de placas termoacústicas de fibra de coco produzido, 80 cocos são retirados das ruas ou aterros. Por ser um material natural, Bastos

(2019) explica que não é necessário utilizar equipamentos de proteção durante sua confecção e aplicação, como luvas e máscaras, ao contrário das lãs de rocha e de vidro, o qual pode causar irritações respiratórias e na pele, caso seja manuseado sem proteção.

Outro benefício apontado por De Oliveira (2018) é a maior qualidade da fibra de coco quando comparada às espumas de poliuretano, material derivado do petróleo que também é utilizado na fabricação de placas termoacústicas no mercado, além das fibras de coco não serem prejudiciais ao meio ambiente. Adicionalmente, o autor cita que esta absorve baixas frequências que outros materiais não conseguem, permite uma melhor circulação do ar e não possui ácaros ou fungos, devido ao tanino, substância presente na fibra de coco. Atualmente, este material já está sendo utilizado no mercado, inclusive com fornecedores brasileiros, aplicada principalmente nos forros de alvenaria e enchimento de paredes (Figura 4).

Figura 4: Placa de isolamento termoacústico



Fonte: De Oliveira (2018)

Assim, percebe-se o grande potencial da fibra de coco quando aplicada nesta função; a tabela 4 demonstra esta afirmação a partir de uma comparação entre os desempenhos dos painéis mais utilizados e o de fibra de coco.

Tabela 4: Comparativo do Coeficiente de Absorção dos painéis acústicos

	Coeficiente Frequência (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	NCR
Painel Acústico Lã de Vidro ISOVER ECORSOUND	0,04	0,40	0,86	0,97	0,93	0,98	0,80
Painel Acústico Lã de Rocha THERMAX	0,16	0,66	1,00	1,05	1,02	1,04	0,93
Fibra de Coco COQUIM	0,26	0,25	0,53	0,68	0,67	0,71	0,53

Fonte: De Oliveira (2018)

Como isolante térmico, os painéis de fibra de coco não se destacam tanto quanto no isolamento acústico, possuem baixa condutividade térmica e resistência térmica intermediária, contudo, é importante ressaltar que ambos esses fatores dependem da espessura da placa. (DE OLIVEIRA, 2018).

A figura 5 mostra os painéis de fibra de coco durante a etapa de aplicação em uma cobertura no Brasil.

Figura 5: Placas de fibra de coco do projeto coco verde sendo aplicadas em uma cobertura de um prédio, em substituição do isopor.



Fonte: Coco Verde RJ (2022)

Outra possibilidade de utilização dos painéis é com a finalidade estética, como os painéis da Figura 6, com diferenças de formas, tamanhos e cores, permitindo arranjos variados, ainda com a capacidade de atenuação sonora em ambientes internos.

Figura 6: Murais produzidos a partir dos painéis de fibra de coco



Fonte: Vasconcelos, 2020.

2.5 Aplicação de placas termoacústicas com fibra de coco em pisos

Segundo VASCONCELOS (2020), a fibra de coco pode ser utilizada em pisos de duas formas. A primeira refere-se aos painéis de isolamento termoacústico aplicados entre lajes, localizado abaixo do contrapiso, e a segunda à manta aplicada abaixo do piso laminado dos ambientes. Ambas possuem função semelhante, que seria a de evitar a transmissão mecânica de ondas sonoras produzidas pela fonte emissora por meio de impacto direto com o piso.

Ainda de acordo com VASCONCELOS (2020), esse tipo de isolamento mostra-se de grande importância principalmente quando aplicado em habitações multifamiliares e prédios comerciais, pois as reverberações produzidas pelo impacto direto tendem a se alastrar pelas demais unidades habitacionais adjacentes, não se limitando apenas à unidade diretamente abaixo da fonte emissora.

Para a aplicação de pisos, as placas são aglomeradas com látex natural e resina acrílica, funcionando como antirruído, junta de dilatação e isolante térmico. Suas principais características são redução de ruído e isolamento térmico de 20%, fácil aplicação e a variedade de densidades e espessuras. (HOMERO, 2012).

2.6 Aplicação de fibra de coco em concretos

A utilização das fibras vegetais para reforços estruturais é comum desde a antiguidade, contudo, sua aplicação no concreto ainda é recente e tem sido objeto de pesquisa, visando substituir fibras sintéticas e materiais poliméricos, alcançando um desenvolvimento mais sustentável. (MENCHISE, 2021).

Segundo Silva *et al.* (2015), em 2013, foram fabricadas cerca de 70 milhões de toneladas de cimento Portland, o qual implica na extração de argila e calcário, além da fabricação de clínquer, sua matéria prima que lança aproximadamente uma tonelada de gás carbônico na atmosfera para cada tonelada produzida. Como observou Menchise (2021), os materiais compósitos que foram reforçados com fibras naturais, em substituição das fibras sintéticas, apresentam melhor desempenho na resistência elétrica, alta resistência à ruptura e ótimas propriedades térmicas e mecânicas. De acordo com o autor, as fibras de coco têm um grande potencial para serem utilizadas em reforços estruturais, a grande quantidade de lignina é responsável pela sua alta durabilidade, fazendo com que esse seja um diferencial da fibra de coco em relação a outras fibras vegetais.

Daldegan (2016), aponta outras funções onde a adição de fibra de coco traz melhorias, como o aumento de sua trabalhabilidade, aumento da resistência estrutural, além da resistência ao fogo, aumento do tempo de vida útil e redução dos efeitos negativos da retração. Silva *et al.* (2015) aponta que a fibra de coco também contribui com o módulo de elasticidade e isolamento térmico do concreto.

Um fator determinante na eficácia do concreto é o traço utilizado. Silva *et al.* (2015) explica que o concreto possui um maior desempenho em traços onde a porcentagem de fibra de coco adicionada é baixa, pois com maior quantidade dessa fibra, o desempenho do concreto em algumas de suas propriedades mecânicas pode diminuir, principalmente por conta da capacidade de absorção de água da fibra de coco. Sendo assim, concretos com alta porcentagem de fibra de coco não são indicados para a aplicação estrutural.

A pesquisa feita por Menchise (2021) estudou o desempenho de alguns corpos de prova com diferentes traços de concreto com adição de fibra de coco. Os resultados obtidos por essa pesquisa mostraram que o traço de concreto com melhor desempenho foi o de 25% de fibra de coco. Os valores médios obtidos a partir dos ensaios para dureza, tração e flexão foram de 79,26 Shore D; 27,43 MPa; 35,91 MPa, respectivamente. Sua pesquisa conclui que a fibra de coco pode ser utilizada na produção de compósitos com base polimérica de resina poliéster, sendo este o objetivo de sua pesquisa.

Antonio *et al.* (2019) fez uma comparação entre alguns traços de concreto sem e com adição da fibra de coco. Em relação à composição de cada traço utilizado, o volume em cm³

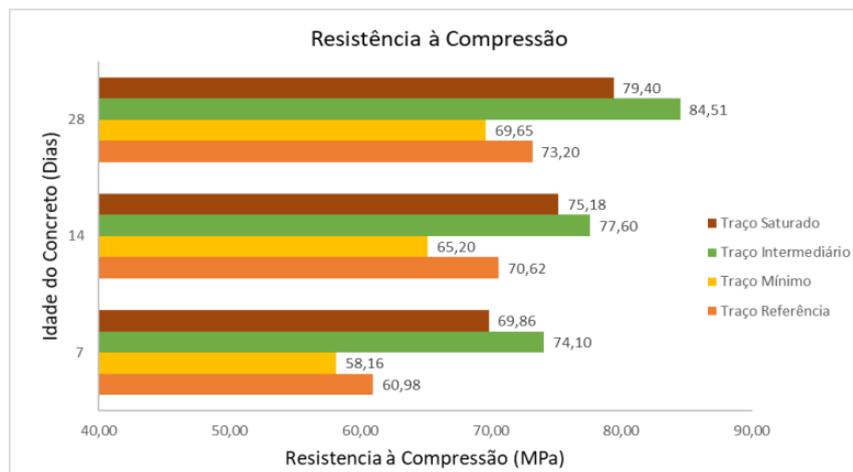
de cimento, água, superplastificante, sílica e areia fina foi mantido o mesmo em todos eles, a única alteração feita nos traços estudados foi o volume de fibra de coco adicionado, indicados na tabela abaixo:

Tabela 5: Volume de fibra de coco dos traços utilizados

Volume de fibra de coco dos traços utilizados (em porcentagem %)	
Traço Referência	0,00%
Traço Mínimo	1,55%
Traço Intermediário	3,78%
Traço Saturado	5,93%

Fonte: adaptada de Antonio *et al.* (2019)

Gráfico 1: Resistência à compressão dos traços desenvolvidos, em MPa



Fonte: Antonio *et al.* (2019)

A partir dos resultados obtidos por Antonio *et al.* (2019), conclui-se que os traços Saturado e Intermediário possuem os melhores resultados em relação à resistência à compressão, como indica o Gráfico 1. O traço Intermediário obteve o melhor desempenho, aumentando em 15,4% a resistência à compressão em relação ao traço de referência.

Ademais, Silva *et al.* (2014) aponta que o comprimento da fibra de coco utilizado é outro fator responsável pelo seu desempenho estrutural do compósito. O autor cita que as argamassas com fibras de comprimentos com valores de 1 a 6 cm, valores estudados na referente pesquisa, tiveram um desempenho superior às argamassas com fibras de coco com valores de comprimentos maiores. A pesquisa de Silva *et al.* (2015) possui resultados parecidos, mostrando que a argamassa com fibras de coco com comprimentos de 2,5 cm apresentou uma resistência à compressão 7,10% maior quando comparada à argamassa de referência, a qual não foi adicionada fibra de coco.

Isso acontece porque os mecanismos de transferência das tensões em um compósito são influenciados pelo comprimento crítico das fibras, caracterizado pelo menor comprimento necessário para seu desenvolvimento de tensões máximas. Caso o comprimento da fibra seja menor ou muito superior que o comprimento crítico, sua resistência diminuirá e não será suficiente para realizar sua função estrutural. (SILVA *et al.*, 2014).

Silva *et al.* (2014) observou o comportamento após a ruptura do compósito, mostrando um aumento da ductilidade do concreto com adição de fibra de coco, quando comparado ao concreto de referência, o qual não possui nenhuma adição. A tensão de cisalhamento entre a matriz e a fibra de coco evita a ruptura brusca do material após a fissura, como aconteceu no compósito sem reforço. Como mostra Bonato *et al.* (2014), a utilização das fibras de coco em um compósito tende a diminuir a densidade e a condutividade térmica do material, e o autor observou um aumento 16% de resistência mecânica acima da norma exigida. Ademais, o consumo de cimento utilizado na mistura diminuiu em 5%, contribuindo para a redução dos custos de construção e dos impactos ambientais.

Assim, Silva *et al.* (2015) fala sobre a possibilidade da contribuição da fibra de coco na distribuição da energia que é descarregada no concreto. Os autores também mencionam que a capacidade de absorção de água, a higroscopicidade da fibra, pode contribuir nas reações de hidratação do concreto. Outro fator que pode contribuir para o aumento da resistência mecânica do compósito é a rugosidade da superfície das fibras de coco, melhorando a adesão da matriz durante o processo de cura. Uma preocupação frequente da utilização das fibras de coco no concreto é sua rápida degradação, diminuindo sua capacidade estrutural. Por isso, Vale (2007) mostra que existem algumas possíveis alternativas para evitar que esse problema aconteça. Algumas das soluções apresentadas foram a mercerização, tratamentos com ácidos, pirólise, revestimento com silano, modificação da superfície das fibras, entre outras.

2.7 Aplicação de fibras de coco em telhas

As telhas utilizadas em coberturas podem ser fabricadas a partir do fibrocimento, o qual de acordo com Rodrigues *et al.* (2015), é um material constituído de cimento, com adições minerais e com fibras de reforço. Devido aos problemas causados pelo amianto, a construção civil vem buscando substituir o material por fibras naturais.

Rodrigues *et al.* (2015) estabeleceu uma comparação entre telhas com fibras naturais e a telha comercial Eternit, utilizada como uma referência em sua pesquisa. Ao analisar os resultados, nota-se que a telha fabricada com o fibrocimento que contém fibra de coco atingiu uma resistência cerca de 3 vezes maior que a referência, com um crescimento de 4% da absorção de água, atendendo às especificações exigidas para sua utilização.

Contudo, há outros materiais que podem se beneficiar da adição de fibra de coco como elemento de reforço para a fabricação de telhas. Passos (2005) apresenta uma telha feita de papel reciclado com adição de fibra de coco, chamada de “telha ecológica”. Para esta finalidade, o autor afirma que o percentual máximo de fibra utilizado deve ser de 30%, mas a telha com 25% de fibra incorporada obteve os melhores resultados operacionais.

Com esse método, é possível produzir tanto telhas lisas quanto onduladas, se adaptando a cada projeto. Para a fabricação das telhas em sua pesquisa, foram utilizadas fibras de coco com comprimento médio de quatro centímetros. Outro fator importante é o processo de impermeabilização das telhas após a produção, etapa importante pois impede a fibra de absorver água, ação que normalmente faz com que o seu desempenho mecânico diminua consideravelmente. Ademais, nas telhas impermeabilizadas, observou-se um aumento de aproximadamente 58% no módulo de elasticidade, com uma tração quase 5 vezes maior que a telha sem impermeabilização, ambas na Figura 7. (PASSOS, 2005).

Figura 7: “Telha ecológica” impermeabilizada (esquerda) e sem impermeabilização (direita).



Fonte: Passos (2005)

A pesquisa de Passos (2005) também realizou testes com a telha no ambiente externo, não encontrando rachaduras ou permeabilidade à água no material durante o período observado. O autor menciona que, além da aplicação durante a pesquisa, ela também foi instalada na cobertura de um galpão de pesquisas de biodiesel, que faz parte do IVIG/COPPE/UFRJ, como mostra a Figura 8.

Figura 8: Telhado do galpão de pesquisas de biodiesel, que faz parte do IVIG/COPPE/UFRJ, feito com as “telhas ecológicas”.



Fonte: Passos (2005)

A partir dos resultados encontrados por estas e outras pesquisas sobre o tema, conclui-se que a aplicabilidade da fibra de coco em telhas para sistemas de cobertura possui

um grande potencial, sabendo que sua utilização é sustentável e, a princípio, possui as propriedades mecânicas necessárias para seu uso adequado.

2.8 Aplicação de fibras de coco em placas cimentícias

Os painéis de cimento com madeira estão sendo muito utilizados na construção civil, o que se pode considerar um fator positivo devido ao seu baixo custo e fácil produção, pois estes aproveitam resíduos da indústria madeireira, material muito desperdiçado. Além disso, possui ótimas propriedades por combinar a madeira e o cimento. Atualmente, existem algumas pesquisas sobre a adição de fibras naturais nessas placas, apresentando boa trabalhabilidade, boa resistência a mudanças de clima, fungos e insetos, além do ótimo isolamento térmico e acústico. (FERRAZ, 2011).

Entretanto, segundo Ferraz (2001), o desempenho no painel com fibras de coco depende da compatibilidade de ambos os materiais, sendo a capacidade de transferência de tensão da matriz para a fibra um dos fatores mais importantes, responsável por determinar as propriedades mecânicas do compósito. Segundo a autora, caso essa compatibilidade não seja boa, podem ocorrer microfissuras no composto, prejudicando sua eficiência mecânica.

Para que a fibra de coco se torne compatível com o painel, ela pode passar por alguns tratamentos, sendo estes um pré-tratamento com produtos químicos, adição de aditivos aceleradores da pega, entre outros. Assim, a quantidade de extrativos da fibra é reduzida, melhorando as suas ligações com o cimento e, conseqüentemente, as propriedades do painel. Os resultados encontrados em sua pesquisa também incluem módulos de elasticidade e ruptura satisfatórios para painéis estruturais de cimento-madeira. (FERRAZ, 2011).

Outros benefícios da adição de fibra de coco em painéis cimentícios, citados por Unghare (2020) são a resistência a atividades sísmicas, conforto térmico, ductilidade maior que os painéis sem adição de fibra e a diminuição da condutividade térmica, com uma redução de 5°C no interior dos ambientes quando os dois painéis foram comparados. Dessa forma, conclui-se que a adição de fibras de coco em painéis cimentícios pode trazer muitos benefícios, podendo ser utilizados como revestimentos, pisos, coberturas, como vedação em fachadas, e até como painéis estruturais.

2.9 Incorporação de fibras de coco em tijolos

A utilização de tijolos modulares de solo-cimento na construção possui diversos benefícios, como o simples processo de cura; a regularidade da sua forma, diminuindo a quantidade de argamassa necessária para o assentamento; ótimo acabamento, simples execução; baixo custo; entre outros citados por Fernandes (2022).

A adição de fibra de coco em tijolos também está sendo estudada recentemente, visando melhorar seu desempenho, mantendo suas propriedades físicas e mecânicas de acordo com as normas. Sua utilização melhora o conforto térmico do ambiente, dificulta a formação de fissuras, mantém a resistência à compressão satisfatória, aumenta a capacidade de absorção de água, além do fator da sustentabilidade. Ademais, a capacidade do tijolo reforçado com fibra de coco de evitar as fissuras, ajuda na percepção de pequenos sinais de ruptura antes do rompimento total acontecer, característica muito positiva principalmente para regiões que passam por abalos sísmicos com frequência. (FERNANDES, 2022).

A pesquisa feita por Fernandes (2022) obteve resultados positivos, ressaltando que para atingir um aumento da resistência do tijolo é necessária a adição de, ao menos, 1% de fibra de coco. Neste caso, o aumento da resistência registrado foi de 15,53% quando comparada ao tijolo de referência, o qual não possui fibra. A autora resalta que quanto maior a porcentagem de fibra presente nos tijolos, maior será sua capacidade de absorção da água.

Os testes realizados por Nascimento (2011) mostram o ótimo desempenho mecânico e físico dos tijolos de solo-cimento com fibras de coco, alcançando aproximadamente o dobro da resistência à compressão que o tijolo de referência, além do aumento de absorção de água e maior variação de temperatura, melhorando o isolamento térmico. Segundo o autor, a ruptura dos tijolos acontece a partir do desenvolvimento de fissuras, quando o material é submetido à compressão uniforme. Sabendo que a adição das fibras de coco diminui, ou ao menos atrasa, a formação dessas fissuras, sua combinação com o tijolo de solo-cimento pode ser muito positiva e possui muitas potencialidades a serem exploradas na construção.

2.10 Aplicações práticas da fibra de coco em projetos de arquitetura

Como exemplo de aplicação da fibra de coco, pode-se verificar a sua aplicação em diversos projetos, como no caso desta casa de 12 m² localizada no terraço de um edifício no popular bairro de San Juan, em Quito, Equador (Figura 9). Trata-se de um objeto de design minimalista, focado em resolver as necessidades básicas de habitabilidade de um jovem ou casal, considerando banheiro, cozinha, cama, espaço de armazenamento e espaço de estar (comer, trabalhar, socializar), garantindo o conforto de uma casa. Os painéis de compensado *Oriented Strand Board* (OSB) são utilizados para acabamento de pisos, paredes e painéis externos. A estrutura de madeira e a subestrutura de fixação dos painéis metálicos criam uma camada de isolamento de 12cm preenchida com fibra de coco, a qual não está aparente no projeto. (OTT, 2020).

Figura 9: Casa Tipo A com aplicação de revestimento termoacústico de fibra de coco



Fonte: Ott (2020)

Outro projeto que utilizou fibras de coco em sua construção é o Teatro em Biobío (Figura 10), no Chile, projetado por Smiljan Radic, Eduardo Castillo e Gabriela Medrano. Este teatro foi produto de um concurso, propondo uma solução adequada às condições climáticas da região. Assim como no projeto anterior, a fibra de coco foi utilizada como isolante e revestimento, contudo, neste caso optou-se por deixar o material aparente.

Figura 10: Teatro em Biobío, Chile com aplicação de revestimento de fibra de coco



Fonte: Mora (2018)

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como verificado ao decorrer do artigo, a fibra de coco possui um grande potencial para ser utilizada em materiais de construção civil e arquitetura. Conclui-se que em todas as aplicações estudadas - painel termoacústico em paredes, pisos e coberturas, concreto, tijolos, telhas para coberturas e placas cimentícias - a adição de fibra de coco traz benefícios técnicos.

Verificou-se também que sua utilização traz benefícios econômicos e ambientais, já que as cascas do coco são altamente descartadas no Brasil, e portanto, a fibra é facilmente encontrada a baixo custo no mercado. Ademais, mostrou-se que a fibra de coco pode substituir alguns materiais sintéticos utilizados no mercado da construção, como as fibras de rocha e vidro, o calcário do concreto, o que é positivo pois estes materiais geram impactos ambientais durante sua produção.

Percebe-se que a indústria brasileira está aumentando a incorporação de fibra de coco na construção, principalmente na produção de painéis termoacústicos. Este crescimento é devido ao seu desempenho como isolante térmico e acústico, podendo superar materiais sintéticos nesta função. Contudo, as demais aplicações estudadas evidenciam o potencial que a fibra de coco possui de ser muito mais utilizada no futuro.

Sendo assim, acredita-se que seria interessante explorar mais a fundo em futuras pesquisas a aplicação de fibra de coco em tijolos, placas cimentícias e telhas, a fim de determinar a melhor maneira de aproveitar a fibra nesses materiais. Pode-se ressaltar a importância de estudar as variações das propriedades dos materiais citados acima em relação a quantidade de fibra adicionada, pois acredita-se que pode haver variações, assim como no caso do concreto estudado. Vale ressaltar que a maioria dos produtores de coco no Brasil são pequenos e médios agricultores, sendo assim, seria interessante explorar os benefícios sociais gerados pela comercialização da fibra de coco. Outra consideração importante para próximos estudos é o fator econômico, buscando analisar mais precisamente os valores de cada aplicação da fibra de coco, em comparação com materiais utilizados.

4. REFERÊNCIAS

ANTONIO, Julia Bonin; *et al.* LARA, Fábio Alexandre Rodrigues de; SOUZA, Julia de Paula; CAPPELLETTI, Tathiane Tomaiolo; AMARAL, Patrícia Tolaine do. **Análise técnica do comportamento da fibra de coco como adição no concreto**. FUMEP – EEP, eduCAPES, out. 2019.

BASTOS, Jessica Rocha; CRUZ, Ruanita Marcela da; NASCIMENTO, Thiago Henrique do; CRUZ, Mauro Vieira. **Reciclagem da fibra de coco para fabricação de placas acústicas**. Universidade de Mogi das Cruzes – UMC. 2019.

BRAINER, Maria S. de C. P. Produção de coco: o Nordeste é destaque NACIONAL. **Cadernos Setorial ETENE**. ano 3, nº 61, dez. 2018.

CASTILHOS, LFF de. Aproveitamento da fibra de coco. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (BRT)-Dossiê técnico**. Instituto de Tecnologia do Paraná–TECPAR. Curitiba, 2011.

COCO VERDE RJ. **Tratamento Térmico**. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://cocoverderj.com.br/tratamento-termico.htm>. Acesso em: 06 jan. 2022.

CORRADINI, Elisângela et al. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 837-846, 2009.

DA SILVA JUNIOR, Edson Barbosa; DOS SANTOS, Thiago Nascimento; DOS SANTOS ARAÚJO, Áureo. A sustentabilidade na construção civil. **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 15, n. 1, p. 51-58, 2022.

DE OLIVEIRA, Jefferson Costa et al. **Análise do impacto ambiental da casca do coco nas praias do Cabo Branco, Manaíra e Tambau e a futura geração das placas de isolamento**

termoacústico como solução, no Município de João Pessoa/Pb. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, vol. 6: Congestas, 2018.

FERNANDES, A. B.; MENDONÇA, M. V. T. R. **Fabricação e caracterização mecânica de tijolos solo-cimento com adição de fibras de coco.** Trabalho de Conclusão de Curso, Publicação 04 2022/1 Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, Goianésia, GO, 76p. 2022.

FERRAZ, J. M. **Produção e propriedades de painéis de fibra de coco verde (Cocos nucifera L.) em mistura com cimento Portland.** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-159/2011. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 89 p. 2011.

HOMERO, Vilma. Reciclagem transforma fibra de coco em piso. **FAPERJ.** Rio de Janeiro. 13 set. 2012. Disponível em: <https://siteantigo.faperj.br/?id=2272.2.6>. Acesso em: 15 jan. 2022.

KIMBERLY, Isabela. **A utilização da fibra de coco na construção civil.** Prezi.com, 2016. Disponível em: <https://prezi.com/k9im7bx_39ym/a-utilizacao-da-fibra-do-coco-na-construcao-civil/> Acesso em: 28 out. 2021.

MARTINS, Carlos Roberto; DE JESUS JÚNIOR, L. A. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documents (INFOTECA-E)**, 2011.

MENCHISE, C. A. **Desenvolvimento e Caracterização de Material Compósito com Matriz Polimérica Reforçado com Fibra de Coco.** 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Fundação Oswaldo Aranha. Centro Universitário de Volta Redonda, 2021.

MORA, Pola. A narrativa por trás do teatro projetado por Smiljan Radic, Eduardo Castillo e Gabriela Medrano para a região de Biobío, no Chile. **ArchDaily Brasil.** 22 mar. 2018. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/891207/a-narrativa-por-tras-do-teatro-projetado-por-smiljan-radic-eduardo-castillo-e-gabriela-medrano-para-a-regiao-de-biobio-no-chile?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all. Acessado em 2 ago. 2022.

NASCIMENTO, Cláudio Mario. **Estudo da fibra de coco como reforço em tijolo de solocimento.** 2022. 87 p. Engenharia mecânica – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

NUNES, M. U. C.; CUENCA, M. A. G.; MARTINS, C. R.; JUNIOR, L. A. de J. Coco. **EMBRAPA.BR**, Aracaju, dez. 2021. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/coco>>. Acesso em: 22 abr. 2022.

OTT, Clara. Casa Parasita / El Sindicato Arquitectura. **ArchDaily Brasil.** 13 fev. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/933686/casa-parasita-el-sindicato-arquitectura>. Acessado 11 jun. 2022.

PANNIRSELVAM, Pangadai *et al* (ed.). Desenvolvimento de projeto para produção de fibra de coco com inovação de tecnologia limpa e geração de energia. **Revista Analytica**, Rio Grande do Norte, n. 15, p. 56-62, mar. 2005.

PASSOS, Paulo Roberto de Assis. **Destinação sustentável de cascas de coco (Cocos nucifera) verde:** obtenção de telhas e chapas de partículas. 2005. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2005.

RODRIGUES, Ana Paula dos Santos; *et al.* **Produção De Telha Sem Amianto Usando Fibras De Coco Verde E Cinzas De Cana-De-Açúcar.** In: ENTEC – Encontro de Tecnologia, 9º, 2015, Uberaba. UNIUBE. 2015.

ROSA, Mayra. Bióloga cria substrato para telhado verde com fibra de coco e bagaço de cana. **CicloVivo.** 18 de abril de 2019. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/mao-na-massa/horta/biologa-cria-substrato-para-telhado-verde-com-fibra-de-coco-e-bagaco-de-cana/>. Acesso em: 15 de julho de 2022.

SANTOS, Isabelle da S.; DANTAS, Isadora R.; AMARAL, Taylane B. do. Uma revisão de literatura sobre o aproveitamento da fibra de coco verde na região Nordeste do Brasil. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP).** out. 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_234_363_30720.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2021.

SENHORAS, Elói Martins. **Estratégias de uma agenda para a cadeia agroindustrial do coco:** transformando a ameaça dos resíduos em oportunidades eco eficientes. 2003. 38 f. Monografia (Economia) - Universidade Estadual de Campinas Instituto de Economia, Campinas, 2003.

SENHORAS, Elói Martins. Oportunidades da cadeia agroindustrial do coco verde: do coco verde nada se perde, tudo se desfruta. **Revista Urutágua,** Maringá, v. 5, p. 08-11, 2004.

SILVA, Everton et al. Análise técnica para o reaproveitamento da fibra de coco na construção civil Technical analysis for the reuse of coconut fiber in construction industry. **AMBIÊNCIA,** v. 11, n. 3, p. 669-683, 2015.

UNGHARE, Anirian Cristiane; MENEZES, Gabriela Rosa. **O beneficiamento de coco como alternativa de desenvolvimento local na região de Macaé – RJ.** In: Congresso Internacional de Administração, 2020, Ponta Grossa. Anais. 2020.

VALE, Aline Colares do. Estudo laboratorial da viabilidade do uso de fibras de coco em misturas asfálticas do tipo SMA. 2007.

VASCONCELOS, Paulo Fernando Lisboa de. **Estudo de viabilidade na utilização da fibra de coco para soluções de tratamento acústico em edificações.** 2020. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2020.

VELOSO, Y. M. da S. et al. Reutilização da fibra da casca do coco verde para a produção de matéria prima industrial. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - SERGIPE,** [S. l.], v. 1, n. 3, p. 91–98, 2013. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/579>. Acesso em: 10 fev. 2022.

Contatos: gabriela.rocha1607@gmail.com e karen.ramirez@mackenzie.br; knicolli@gmail.com