

# A PEGADA ECOLÓGICA DAS FIBRAS TÊXTEIS LIGNOCELULÓSICAS PRODUZIDAS NA REGIÃO AMAZÔNICA – JUTA E MALVA

## LA HUELLA ECOLÓGICA DE LAS FIBRAS TEXTILES LIGNOCELULÓSICAS PRODUCIDAS EN LA AMAZONÍA - YUTE Y MALVA

## THE ECOLOGICAL FOOTPRINT OF LIGNOCELLULOSIC TEXTILE FIBERS PRODUCED IN THE AMAZON REGION – JUTE AND MALLOW

Igor Roberto Cabral Oliveira<sup>1</sup>; Andressa Mikhaella dos Santos Brito Oliveira<sup>2</sup>; João de Almeida Melo Filho<sup>1</sup>; Berenice Martins Toralles<sup>2</sup>.

1. Universidade Federal do Amazonas – UFAM
2. Universidade Estadual de Londrina – UEL

### **PALAVRAS-CHAVE**

Fibras; Naturais; Pegada Ecológica; Sustentabilidade

### **PALABRAS CLAVE**

*Fibras; natural; Huella ecológica; Sustentabilidad*

### **KEY WORDS**

*Fibers; Natural; Ecological footprint; Sustainability*

### **RESUMO**

Tecnologias verdes vem sendo aplicadas devido a questões ambientais e de sustentabilidade. Neste contexto, as fibras naturais são uma excelente alternativa ecológica às fibras sintéticas. Entre as fibras naturais cultivadas no Brasil, a produção de fibras de juta (*Corchorus capsularis L.*) e malva (*Urena lobata L.*) recebem destaque nos estados do Amazonas e Pará. O objetivo deste estudo é identificar de forma qualitativamente a emissão de dióxido de carbono emitido pelos processos utilizados na produção das fibras de juta e malva produzidas no Brasil em 2020, em comparação com os processos adotados na Ásia. De acordo com os dados obtidos, verificou que os processos brasileiros emitem menos dióxido de carbono, do que os processos adotados na Ásia. Pois no Brasil não inclui fatores relacionados ao uso de subprodutos como fertilizantes e pesticidas, os principais subprodutos responsáveis pela emissão de dióxido de carbono. Dessa forma, acredita-se que a produção brasileira de fibras de juta e malva tem menor pegada ecológica, em comparação as fibras produzidas na Ásia.

## RESUMEN

*Los temas verdes se han aplicado debido a cuestiones ambientales y de sostenibilidad. En este contexto, las fibras naturales son una excelente alternativa ecológica a las fibras sintéticas. Entre las fibras naturales cultivadas en Brasil, la producción de fibras de yute (*Corchorus capsularis* L.) y malva (*Urena lobata* L.) se recibe en los estados de Amazonas y Pará. El presente estudio identifica cualitativamente la emisión de carbono de los materiales utilizados por los procesos de producción de carbono y malva guía en Brasil en 2020, en comparación con los procesos de aplicación en Asia. Según los datos obtenidos, los brasileños emiten menos carbono que los procesos adoptados en Asia. Porque en Brasil no incluye factores relacionados con el uso de subproductos como fertilizantes y pesticidas, los principales subproductos responsables de la emisión de dióxido de carbono. De esta manera, se cree que la tecnología de fibra de malva de yute brasileño, en comparación con la producción de energía en Asia.*

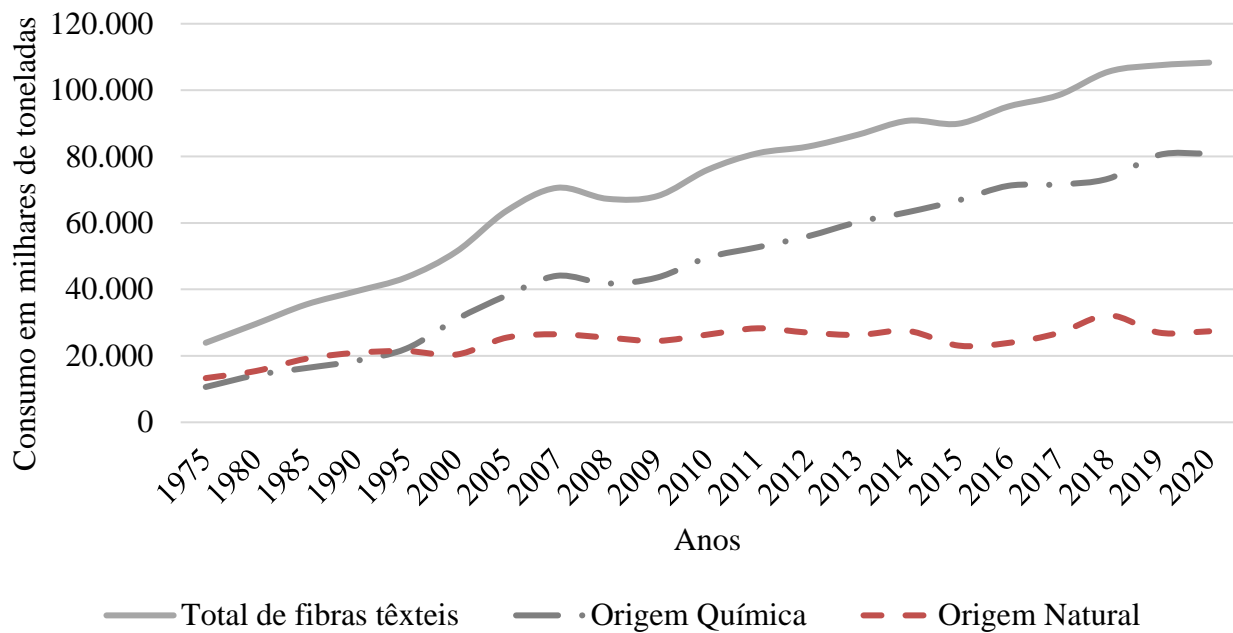
## ABSTRACT

*Green technologies have been applied due to environmental and sustainability issues. In this context, natural fibers are an excellent ecological alternative to synthetic fibers. Among the natural fibers are grown in Brazil, the production of jute (*Corchorus capsularis* L.) and mallow (*Urena lobata* L.) fibers are highlighted in the states of Amazonas and Pará. The objective of this study is to qualitatively identify the emission of carbon dioxide emitted by the processes used in the production of jute and mallow fibers produced in Brazil in 2020, compared to the processes adopted in Asia. According to the data obtained, he verified that the Brazilian processes emit less carbon dioxide than the processes adopted in Asia. In Brazil, it does not include factors related to the use of by-products such as fertilizers and pesticides, the main by-products responsible for the emission of carbon dioxide. Thus, it is believed that the Brazilian production of jute and mallow fibers has a smaller ecological footprint compared to fibers produced in Asia.*

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma sociedade está diretamente relacionado com a disponibilidade dos recursos naturais e a forma com que esses recursos são utilizados ao longo do tempo. Admitindo que os recursos não são inesgotáveis e as prioridades para a sobrevivência da humanidade dependem da gestão da biodiversidade do planeta, no cenário das fibras têxteis, a produção de fibras naturais apresentam emissões de gases de efeito estufa menores do que as fibras sintéticas ou artificiais (BEUS; BARTH; CARUS, 2019). Entretanto, a maior parte do mercado mundial global consome mais fibras sintéticas ou artificiais (fibras de origem químicas) do que fibras naturais, conforme mostrado na Figura 1.

**Figura 1: Consumo mundial de fibras têxteis de origem natural e química, em 2020.**



Fonte: Statista (2020).

No ano de 2020, as fibras de origem natural representaram 25% do total de fibras têxteis consumidas, considerando somente as fibras de algodão ou lã o volume de produção foi de 27,4 milhões de toneladas (STATISTA, 2020). No ano de 2018 a produção fibras têxteis alcançou 110 milhões de toneladas, e as fibras lignocelulósicas representaram somente 6% de toda a produção (FAO, 2019). Mesmo que seja uma pequena representação no panorama global do consumo das fibras têxteis, na visão da sustentabilidade, há demanda para o desenvolvimento de novos processos e materiais relacionados as fibras lignocelulósicas.

Para auxiliar no desenvolvimento sustentável desses e de outros processos, foram criados indicadores para medir de forma direta ou indireta o fluxo de entrada e saída dos recursos naturais de produtos. Permitindo tomadas de decisão conscientes em relação ao uso dos recursos naturais no desenvolvimento de novos produtos, evitando o mínimo de problemas ambientais.

Um indicador que acompanha a demanda dos recursos naturais para elaboração de bens de consumo e serviços é a Pegada Ecológica (PE) ou Ecological Footprint (EF). Introduzida no início dos anos 90 por Mathis Wackernagel e William Rees (WACKERNAGEL *et al.*, 1999). A princípio este indicador mede em hectares (ha), a quantidade de área produtiva (terra e mar) necessária para produzir um produto, bem ou serviço. Ou seja, a área necessária que uma pessoa, cidade ou país

adota, em média, para sustentar o seu sistema de vida. Dentre os componentes inseridos neste índice está a pegada de áreas que sequestram o dióxido de carbono e a pegada de áreas usadas para produção de alimentos e fibras para o consumo humano. (WORLD WIDE FUND FOR NATURE, 2022).

De acordo com o banco de dados da avaliação do ciclo de vida da Ecoinvest (2022), ao comparar a produção de 1 kg de plástico moldado através da injeção reforçado com fibra de carbono é lançado no meio ambiente 3,14 kg de dióxido de carbono. Na produção de 1 kg de fibra de vidro é lançado 0,155 kg de dióxido de carbono no ar. Enquanto, a produção de 1 kg de fibra natural tipo juta e outras fibras têxteis lignocelulósicas obtidas no caule, estima que o carbono absorvido é completamente liberado como CO<sub>2</sub> no final da vida.

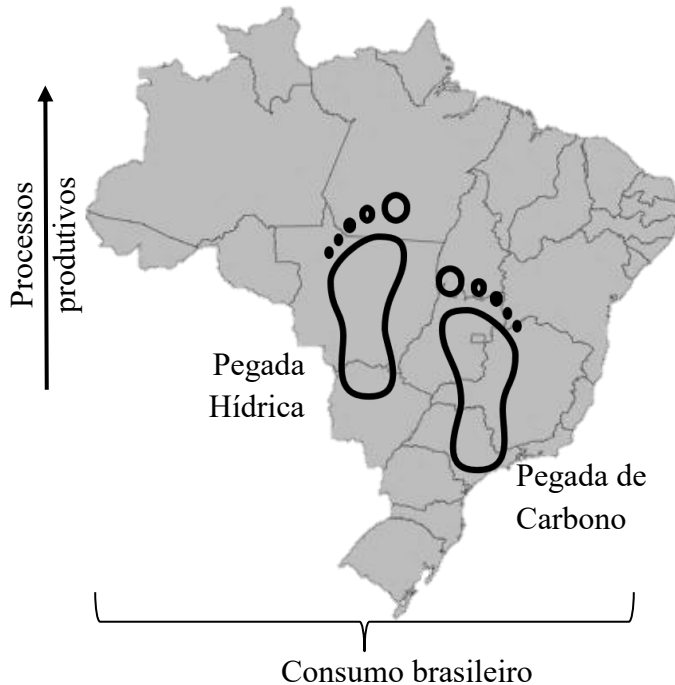
Nesse contexto, a pesquisa visa identificar de forma qualitativa a pegada ecológica de carbono e áreas de cultivo das fibras de juta e malva produzidas no Estado do Amazonas, com base nos registros da produção do ano de 2020, apontados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, visando promover futuros estudos sobre o impacto ambiental dessa fibra em produtos já comercializados e em novos materiais, como por exemplo os biocompósitos que utilizam estas fibras como reforços.

A próxima etapa do trabalho, foi verificar através do método narrativo, pesquisas relacionadas a Pegada Ecológica de Carbono, referentes à fibra de juta, a fim de identificar o método da ação humana na produção dessa fibra. No entanto, a Pegada Hídrica não foi analisada neste estudo. Posteriormente foi realizado um levantamento da produção de fibras de juta e malva no banco de dados do IBGE para o ano de 2020 e em seguida pesquisou uma metodologia simplificada de mensuração de emissão de dióxido de carbono e suas respectivas áreas representativas, a fim de adaptar para a produção das fibras de juta e malva.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Fundo Mundial para a Natureza (World Wildlife Fund, 2022) informa que a pegada brasileira é de 2,9 hectares globais por habitante, indicando um consumo médio de recursos ecológicos brasileiro próximo a média mundial da Pegada Ecológica por habitante mundial, equivalente a 2,7 hectares. Significando que cada brasileiro precisa de 2,9 hectares por habitante para produzir tudo aquilo que ele consome em um ano. Pesquisas relacionadas a pegada de carbono envolve todo o processo de produção desde os recursos naturais utilizados, como os produtos químicos e equipamentos mecânicos que afetam a biosfera. Na Figura 2 é ilustrado de forma geral a pegada ecológica brasileira.

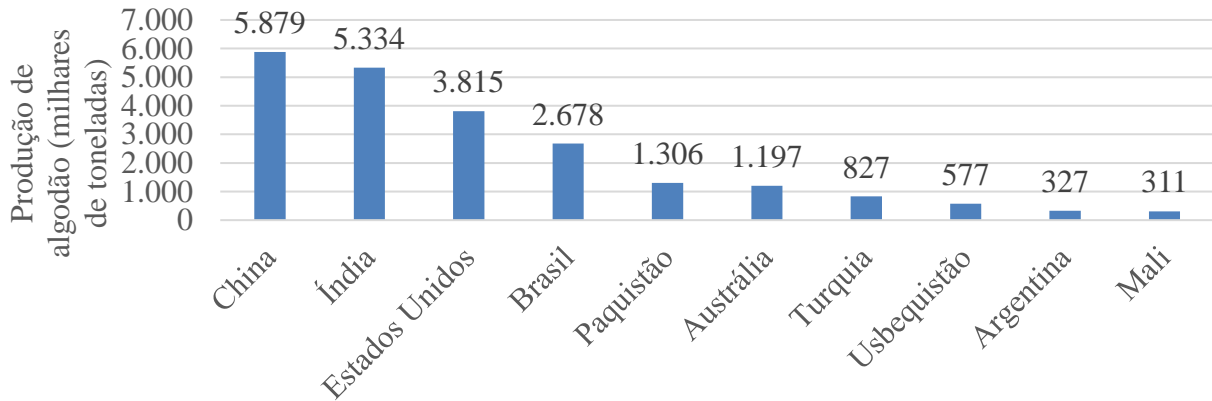
**Figura 2: Ilustração da pegada ecológica brasileira.**



Fonte: A pesquisa.

Uma das áreas que influencia na pegada ecológica é a produção de fibras de origem animal e lignocelulósicas. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (2019), a produção de fibras naturais têxteis vem aumentando ano a ano. Com destaque para a fibra de algodão que domina a produção mundial. Na Figura 3 estão indicados os principais países produtores de algodão em todo o mundo entre 2021/2022 (em milhares de toneladas).

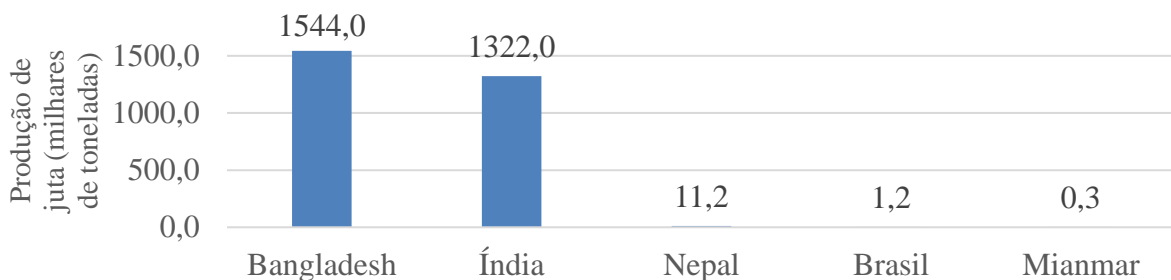
**Figura 3: Principais países produtores de algodão em todo o mundo entre 2021/2022 (em milhares de toneladas).**



Fonte: (STATISTA, 2022).

Na sequência da produção de fibras naturais têxteis, a fibra de juta se destaca, principalmente em países como Bangladesh e a Índia com produção de 1.544 e 1.322 milhares de toneladas, respectivamente, seguido por Nepal, Brasil e Mianmar. Na Figura 4 estão indicados os principais países produtores de juta em todo o mundo entre 2019/2020 (em 1.000 toneladas).

**Figura 4: Produção mundial de juta entre 2019/2020 (em milhares de toneladas)**



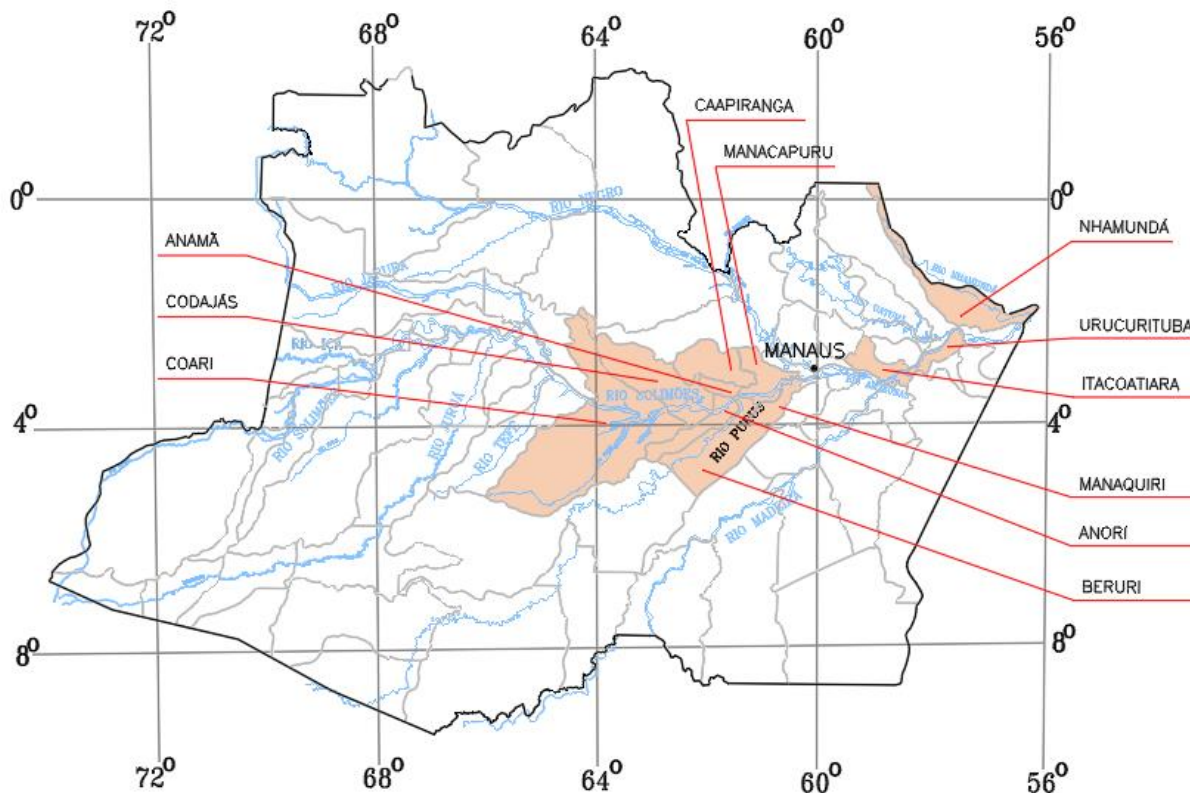
Fonte: (FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2022).

No ano de 2020, o Brasil produziu 5513 toneladas de fibras de juta e malva (IBGE, 2021). Deste número, 4822 toneladas foram produzidas no estado do Amazonas. Segundo um dos principais desafios do processo de desenvolvimento nacional dessas fibras é promover a conciliação entre a proteção do meio ambiente e o uso sustentável dos recursos naturais, de modo a adotar um modelo de desenvolvimento que priorize o desenvolvimento econômico e social.

Araújo (2012) identifica que em razão da crescente demanda mundial e por seu forte apelo ecológico como grande alternativa socioeconômica, o desenvolvimento de produção de fibras naturais de a juta e malva é considerada uma das principais estratégias de fortalecimento da agricultura familiar (produtores). Segundo a pesquisadora os principais fatores limitantes à expansão do sistema produtivo de juta e malva, a partir da percepção dos grupos de interesses (produtores, agentes financeiros, gestores públicos e indústrias) são alguns deles: a política estadual de distribuição de sementes (atualmente produzida no estado do Pará), a ausência de investimentos nas áreas de pesquisa e infraestrutura e financiamento insuficiente.

A Figura 5 é mostrado o mapeamento dos municípios produtores das fibras no ano de 2020. Observa-se que a maior parte dos municípios se concentram nas regiões próximas as calhas do rio Solimões ao rio Amazonas, principalmente em áreas de várzeas.

**Figura 5: Mapeamento dos municípios produtores da fibra de juta e malva no ano de 2020.**

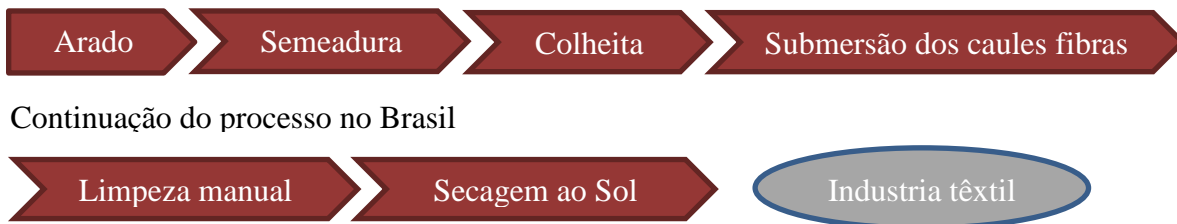


Fonte: Adaptado dos dados levantados do IBGE (2021).

As etapas para produção destas fibras nas regiões amazônicas são: semeadura, corte, primeiro transporte do campo para a instalação de beneficiamento da fibra e transporte das fibras para as

indústrias regionais, conforme fluxograma mostrado na Figura 6. Atualmente a produção dessas fibras na região amazônica é praticamente absorvido pela demanda do comércio brasileiro, sendo uma grande parte da fibra importada da Ásia.

**Figura 6: Processo da produção das fibras de juta e malva no Brasil do caule até os feixes das fibras.**



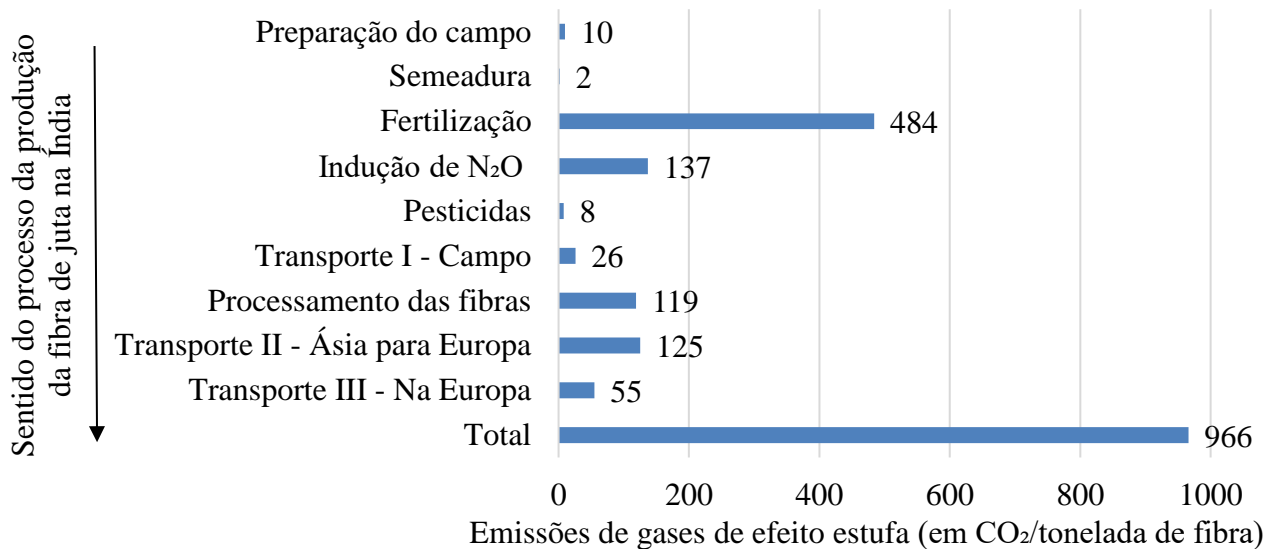
Fonte: A pesquisa.

Segundo Beus, Barth e Carus (2019) o tipo do processo de produção escolhido, o beneficiamento das fibras lignocelulósicas pela indústria e o transporte dos produtos para outras localidades impactam o meio ambiente de forma significativa. A pegada de carbono equivalente da fibra de juta foi mapeada pelos pesquisadores, considerando que as fibras foram produzidas na Ásia e até a Europa.

As etapas para produção identificadas por Beus, Barth e Carus (2019), consistiram: preparo do solo, plantio, aplicação de fertilizantes e pesticidas, corte, pré-transporte do campo para a instalação de beneficiamento da fibra ou de armazenamento de água até o "processo de abertura de fibra fina", finalizando com o seu transporte da Ásia para a Europa e outros continentes. Resultando desta forma, em uma pegada de carbono quanto ao aspecto econômico no valor chega a 966 kg de  $CO_2$  por tonelada de fibra, principalmente influenciados pelos fertilizantes. Na Figura 7 são apresentadas as emissões do dióxido de carbono equivalente gerado na produção de fibras de juta originadas na Ásia e distribuídas na Europa.



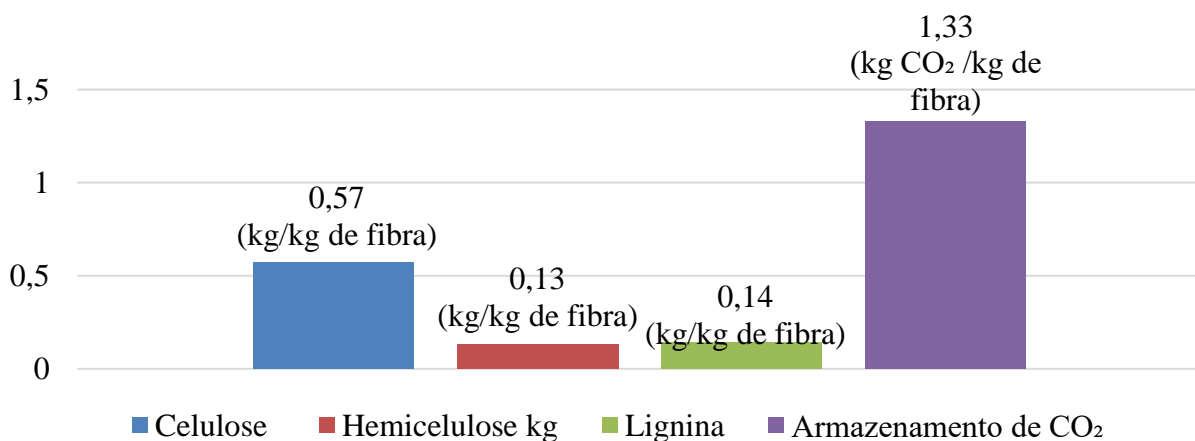
**Figura 7: Produção de emissões de gases de efeito estufa de 1 tonelada de fibra de juta desde o cultivo na Índia até a distribuição interna na Alemanha.**



Fonte: Adaptado de Beus, Barth e Carus (2019).

Na pesquisa Beus, Barth e Carus (2019) afirmam que as fibras absorvem uma determinada quantidade de  $CO_2$ , variando de acordo com a sua composição química, sendo calculada pelo teor de celulose, hemicelulose e lignina chegando até a absorver 1,33 kg de  $CO_2$ /kg de fibra, sendo este valor liberado posteriormente no final da sua vida. Na Figura 8 está apresentado os valores típicos dos componentes químicos e dióxido de carbono armazenado para 1 kg de fibra de juta.

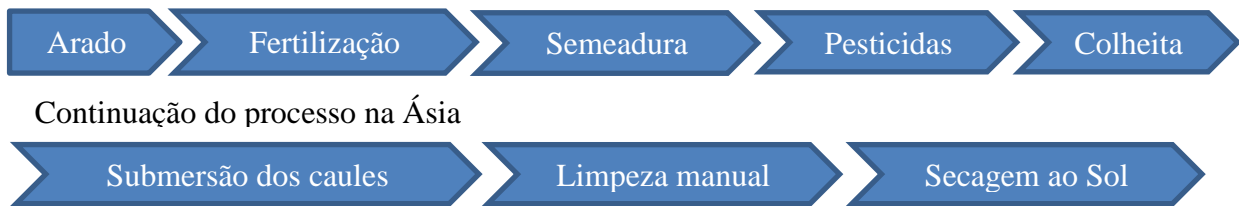
**Figura 8: Valores dos principais componentes químicos e armazenamento de 1 kg de dióxido de carbono para 1 kg de fibra de juta.**



Fonte: Adaptado de Beus, Barth e Carus (2019).

As etapas de produção brasileira diferem-se da Ásia na questão da fertilização, no uso de pesticidas e na logística, conforme apresentado Figura 9. A maior parte da produção das fibras de juta produzidas na Ásia são exportadas para os demais continentes.

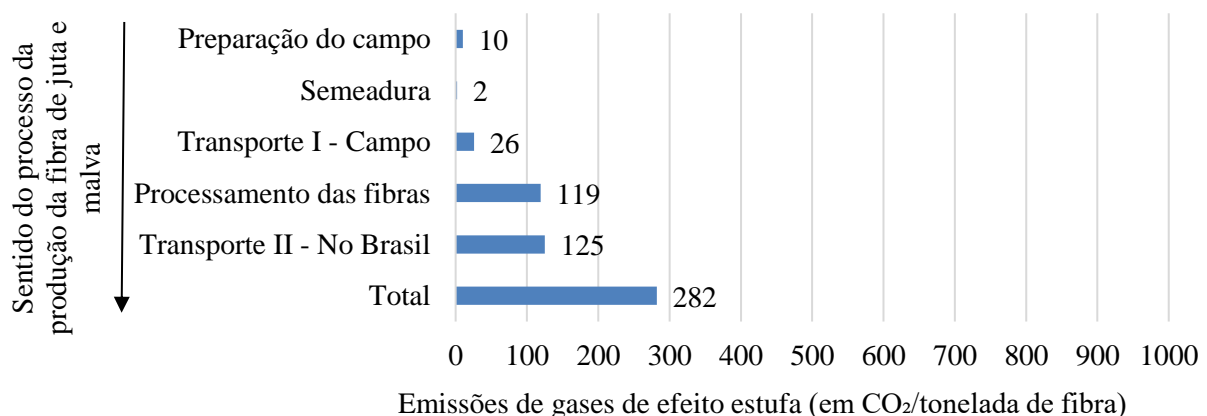
**Figura 9: Processo da produção das fibras de juta na Ásia do caule até os feixes das fibras.**



Fonte: Adaptado de Beus, Barth e Carus (2019).

Se desconsiderar algumas etapas do processo desde a produção até a distribuição final, levantados na pesquisa de Beus, Barth e Carus (2019) para o cenário brasileiro, o processo é mais simplificado, resultando em um valor estimado de 282 kg de  $CO_2$  por tonelada de fibra, conforme mostrado na Figura 10.

**Figura 10: Processo da produção das fibras de juta na Ásia do caule até os feixes das fibras.**



Fonte: Adaptada de Beus, Barth e Carus (2019).

Amaral (2010) aplicou o indicador de Pegada Ecológica como ferramenta para mensurar o impacto ambiental do consumo de água, construções de edifícios, energia elétrica, uso de papel na parte

administrativa e meios de transporte do Campus de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP) no ano de 2008, adaptando um cálculo empregado pela Universidade de Santiago de Compostela, na Espanha. No caso, os dados levantados pelo pesquisador foram fatores relacionados a emissão e taxas de absorção de dióxido de carbono.

Soares (2015) afirma que as fibras de juta e malva podem ser consideradas fibras do futuro desde que mais pesquisas apliquem em novos materiais, como por exemplo, para fins geofísicos na inclusão de taludes e elevações de estradas, evitando a erosão (WU *et al.*, 2020), ou em misturas com resinas sintéticas (NASCIMENTO *et al.*, 2019), com características de resistência (ALVES FIDELIS *et al.*, 2013; FONSECA; ROCHA; CHERIAF, 2021; OLIVEIRA, 2013) e isolamento térmico, para fins de construções residenciais de caixas d'água, telhas, painéis cimentícios e calhas de drenagem (LIMA *et al.*, 2018; SAVASTANO JR.; WARDEN; COUTTS, 2000; ZUKOWSKI *et al.*, 2018).

A próxima etapa do trabalho foi descrever os procedimentos da metodologia da Pegada Ecológica de dióxido de carbono gerado pela produção das fibras de juta e malva, utilizando os dados levantados por Beus, Barth e Carus (2019) e a adaptação da formulação de Amaral (2010) para a obtenção da emissão de  $CO_2$  da produção de fibra de juta e malva. Na Figura 11 está apresentado o esquema do procedimento metodológico aplicado.

**Figura 11: Esquema do procedimento metodológico aplicado na pesquisa.**



Fonte: A pesquisa.

É importante destacar que nem todos esses recursos podem ser capturados por esses indicadores. É possível mapear apenas o uso direto dos recursos naturais. Por outro lado, recursos indiretos

fornecidos pela natureza, como serviços ecossistêmicos ou valores de opções para uso futuro de recursos naturais, não podem ser mapeados (BEUS; BARTH; CARUS, 2019).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a quantificação estimada do consumo do dióxido de carbono do sistema da produção da fibra de juta e malva utilizou a equação (1) adaptada de Amaral (2010).

$$Emissão(kgCO_2) = Produção\ de\ fibra\ (t) \times Fator\ de\ Emissão\ \left(\frac{kgCO_2}{Fibra\ t}\right) \quad (1)$$

Considerou a produção nacional de fibras de juta e malva no ano de 2020 de 5513 toneladas. Estimou no primeiro momento (Simulação 1 – S1) que o fator de emissão de carbono na produção das fibras foi de 0,282 kg de  $CO_2$  por tonelada de fibra, correspondendo a operações em áreas rurais, preparação do campo, distribuição das sementes e semeadura, transporte no campo, processamento das fibras e transporte nas regiões do Brasil.

No segundo momento (Simulação 2 - S2), simulou as fibras sendo originadas na Ásia, distribuídas na Europa até a comercialização na Alemanha conforme estudo Beus, Barth e Carus (2019), como isso adotou o mesmo valor de emissão de carbono do sistema de 0,966 kg de  $CO_2$  por tonelada de fibra.

### 4 RESULTADOS E DICUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas as emissões de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) estimadas no ano de 2020 das fibras de juta e malva no Brasil e na Ásia.

**Tabela 1 – Emissão estimada de  $CO_2$  da produção de fibra de juta e malva.**

Simulação	Local da produção	Produção das fibras no ano 2020 (t)	Fator de Emissão $\left(\frac{kgCO_2}{t}\right)$	Emissão ( $kgCO_2$ )
S1	Brasil	5513	+ 282	+ 1.554.666
S2	Ásia	5513	+ 966	+ 5.325.558

Fonte: A pesquisa

Observa-se que para a mesma quantidade de fibras produzidas no Brasil e na Ásia, a segunda simulação produziu mais de três vezes a quantidade de dióxido de carbono, uma vez que utilizam no

processo de obtenção dos feixes, produtos e serviços relacionados diretamente a emissão de  $CO_2$  como por exemplo fertilizantes e pesticidas.

O Brasil por sua vez utiliza os próprios recursos naturais existentes no meio ambiente para o processo de fertilização e não aplica pesticidas, com isso acredita-se que o sistema brasileiro apresenta de forma indireta uma menor pegada de carbono.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise da estimativa de emissão de carbono das etapas de produção das fibras de juta e malva, a pesquisa apresenta as seguintes constatações:

- (a) Apesar da utilização de dados de emissões do cultivo de fibras na Índia e Bangladesh, que inclui o transporte da Ásia para a Europa, é possível estimar de forma indireta (preliminar) os índices da pegada ecológica da produção das fibras de juta e malva produzidas no Brasil;
- (b) Acredita-se que no Brasil, os processos utilizados na produção das fibras de juta e malva emitem menos dióxido de carbono em comparação processos adotados pelos países da Ásia, principalmente na etapa de cultivo, colheita e maceração manual;
- (c) Subprodutos como fertilizantes, pesticidas, maquinários que emitem o dióxido de carbono aumentam indiretamente a pegada ecológica;
- (d) O método brasileiro de produção das fibras de juta e malva, apesar de ser simplificado, acredita-se que é mais sustentável do que as fibras produzidas em países asiáticos;
- (e) Observou que a diminuição de subprodutos econômicos na produtividade das fibras de juta e malva, resultará indiretamente em uma pegada ecológica menor;
- (f) As fibras de juta e malva produzidas na região amazônica, possibilita futuros investimentos públicos e privados na região.

No entanto, mais pesquisas sobre o impacto ambiental dessas fibras em novos materiais, devem ser avançadas a fim de entender seu ciclo de vida e seus respectivos indicadores de controle ecológicos, conforme recomendado pela NBR ISO 14001 de 2015 quando se pretende utilizar sistemas de gestão ambiental.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Universidade Federal do Amazonas e da Universidade Estadual de Londrina, e seus respectivos programas de pós-graduação em engenharia civil.

### Contribuições dos autores

Segue de forma objetiva a participação de cada um dos autores no desenvolvimento deste artigo:

- a) Conceituação, metodologia, validação dos resultados, redação da minuta, redação complementar, revisão e edição realizado por Igor Roberto Cabral Oliveira;
- b) Análise formal e revisão executado pela Andressa Mikhaella dos Santos Brito Oliveira;
- c) Supervisão e revisão realizados por João de Almeida Melo Filho e Berenice Martins Toralles;

### Declaração de conflito de interesses

Declaramos que o presente estudo não tem conflito de interesse existentes entre os autores e instituições parceiras.

### REFERÊNCIAS

ALVES FIDELIS, Maria Ernestina *et al.* The effect of fiber morphology on the tensile strength of natural fibers. **Journal of Materials Research and Technology**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 149–157, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmrt.2013.02.003>.

ARAÚJO, KARINE DA SILVA. **AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS SETORIAIS PARA A CADEIA PRODUTIVA DE JUTA E MALVA NO ESTADO DO AMAZONAS**. 2012. - INPA, [s. l.], 2012.

BEUS, Niels de; BARTH, Martha; CARUS, Michael. **Carbon Footprint and Sustainability of Different Natural Fibres for Biocomposites and Insulation Material - Study providing data for the automotive and insulation industry**. Hürth (Germany): [s. n.], 2019.

ECOINVENT. **Ecoinvent Database version 3**. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://ecoinvent.org/>.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Jute, Kenaf, Sisal, Abaca, Coir and Allied Fibers Statistical Bulletin 2020. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, [s. l.], p. 1–43, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb7927en/cb7927en.pdf>.

FONSECA, Régis Pamponet da; ROCHA, Janaíde Cavalcante; CHERIAF, Malik. Influence of Different Types of Treatments on Amazonian Vegetable Fibers on the Performance of Mortars Based on Portland Cement, Metakaolin and Fly Ash. **Materials Research**, [s. l.], v. 24, n. suppl 2, 2021. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-14392021000800210&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392021000800210&tlng=en).

IBGE. . INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola -

Lavoura Temporária: [s. n.], 2021. Disponível em:  
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10193>. .

LIMA, Paulo R.L. *et al.* Short sisal fiber reinforced recycled concrete block for one-way precast concrete slabs. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 187, p. 620–634, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.184>.

NASCIMENTO, L F C *et al.* Evaluation of the Absorbed Energy and Velocity Limits of Reinforced Epoxy Composites with Mallow Natural Fibers Used in Ballistic Protection. **Minerals, Metals and Materials Series**, [s. l.], p. 185–192, 2019. Disponível em:  
[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85064752679&doi=10.1007%2F978-3-030-10383-5\\_21&partnerID=40&md5=15ecc62f73ff484a36eada9c710d7119](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85064752679&doi=10.1007%2F978-3-030-10383-5_21&partnerID=40&md5=15ecc62f73ff484a36eada9c710d7119).

OLIVEIRA, Igor Roberto Cabral. **Propriedades mecânicas, físicas e químicas de compósitos cimentícios reforçados com fibras longas de juta e de malva**. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas, [s. l.], 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. **Natural Fibres and the World Economy July 2019 Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <https://renewable-carbon.eu/news/natural-fibres-and-the-world-economy-july-2019/>. .

RENATA CLASTIGLIONI AMARAL. **Análise da aplicabilidade da pegada ecológica em contextos universitários: Estudo de caso no campus de São Carlos da Universidade de São Paulo**. 2010. - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2010.

SAVASTANO JR., H; WARDEN, P G; COUTTS, R S P. Brazilian waste fibres as reinforcement for cement-based composites. **Cement and Concrete Composites**, [s. l.], v. 22, n. 5, p. 379–384, 2000. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0034299823&doi=10.1016%2FS0958-9465%2800%2900034-2&partnerID=40&md5=9d888dec038ac540def8e6ec34e7800b>.

SOARES, Geisiane Tavares. **Sustentabilidade socioambiental: um estudo de caso na cooperativa de fibras vegetais, malva e juta, de manacapuru no Amazonas**. 2015. [s. l.], 2015.

STATISTA. **Leading cotton producing countries worldwide in 2021/2022**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/263055/cotton-production-worldwide-by-top-countries/>. .

STATISTA. **Worldwide production volume of chemical and textile fibers from 1975 to 2020**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.statist.com>. .

WACKERNAGEL, M.; *et al.* **National natural capital accounting with the ecological footprint concept Ecological Economics**. [S. l.: s. n.], 1999.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **WWF**. [S. l.], 2022. Disponível em:  
<https://www.wwf.org.br/>. .

WU, Hao *et al.* Review of Application and Innovation of Geotextiles in Geotechnical Engineering. **Materials**, [s. l.], v. 13, n. 7, p. 1774, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/7/1774>.

ZUKOWSKI, Bartosz *et al.* The durability of SHCC with alkali treated curaua fiber exposed to natural weathering. **Cement and Concrete Composites**, [s. l.], v. 94, n. September, p. 116–125, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.09.002>.