

## REVISÃO DE PARÂMETROS PARA A PRODUÇÃO DE VEDAÇÕES HORIZONTAIS MAIS SUSTENTÁVEIS A PARTIR DE FIBRAS NATURAIS

Christian Souza Barboza (\*), Matheus Rodrigues Pereira do Nascimento, Andressa Ponse Santos, Agleison Ramos Omido

\*Universidade Federal da Grande Dourados, christianbarboza@ufgd.edu.br

### RESUMO

As fibras naturais são materiais orgânicos utilizados desde a antiguidade. Nos últimos anos, em vista da promoção da sustentabilidade, estas vêm sendo aplicadas em vários setores, dentre eles, o da construção civil. O presente trabalho tem por objetivo propor, por meio da revisão bibliográfica, a produção de telhas a partir do desenvolvimento de compósitos em fibras naturais e aglomerantes. Sendo assim, foi realizada uma busca sistemática da literatura, com estudos direcionados as interações físicas entre aglomerantes cimentícios (cimento Portland), poliméricos (resina epóxi) e betuminosos, tendo como premissa o interesse na substituição das fibras sintéticas por fibras de origem vegetal comumente encontradas no Brasil, sendo elas: sapê (*Imperata brasiliensis*), sisal (*Agave sisalana*) e bagaço da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). Para tanto, foram selecionadas as palavras-chaves relacionadas com as fibras e os aglomerantes escolhidas previamente, sendo elas: “Natural Fiber Tiles” (Telhas de Fibras Naturais), “Compósitos com Fibras Naturais”, “Fibras de Sapê”, “Fibras de Sisal”, “Bagaço da Cana-de-Açúcar na Construção Civil”, “Cimento Portland”, “Materiais Cimentícios”, “Polímeros na Construção Civil”, “Compósitos com Resina Epóxi”, “Poliepóxido e Fibras Naturais” e “Materiais Betuminosos”. Da mesma forma, os trabalhos selecionados tiveram seus resultados de ensaios laboratoriais, referentes as caracterizações físicas e mecânicas de compósitos, comparados entre si e analisados, bem como a viabilidade teórica da utilização das fibras na produção de telhas mais sustentáveis. Os resultados demonstram que o sapê, uma planta perene no Brasil, apresenta fibras com estabilidade térmica até 256°C e início de degradação por volta de 359°C. Enquanto o sisal apresenta um dos maiores valores de módulo de elasticidade e de resistência mecânica entre as fibras naturais, com boa estabilidade térmica até cerca de 250°C. Outra opção de fibra vegetal com grande abundância no país, o bagaço de cana-de-açúcar é um dos subprodutos provenientes no processo de produção das indústrias sucroalcooleiras, que são descartadas no meio ambiente quando não utilizado para a cogeração de energia elétrica. Com a adição de fibras do bagaço da cana-de-açúcar e aglomerante cimentício, observou-se apenas pequenas fissuras, enquanto em corpos de prova sem adição destas fibras, houve trincas com aberturas superiores a 15mm. Além disso, o compósito produzido em resina epóxica reforçado com fibras naturais, obteve boa interação matriz-fibra e mesma média de resistência à flexão comparado ao corpo de prova sem adição. Contudo, conclui-se dentre as fibras naturais estudadas, o sisal apresenta um melhor comportamento físico mecânico e, para os aglomerantes estudados, a resina epóxica foi a que mais se mostrou eficiente e versátil na interação com fibras naturais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fibras Naturais, compósitos orgânicos, vedações horizontais, telhas em compósitos naturais.

### INTRODUÇÃO

A sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável são temáticas abordadas nas mais diversas áreas de pesquisas e trabalhos acadêmicos, propostos por diferentes abordagens e metodologias, com particularidades multidisciplinares sobre o mesmo referencial teórico, sendo estes conceitos construídos ao longo de 1940, até os dias atuais (BARBOZA, 2019).

A sustentabilidade, pode ser definida sob uma perspectiva atual, como: “a conjugação de fatores econômicos razoáveis que permitissem a subsistência das comunidades que não se sobrepujasse aos recursos naturais e não que explorasse a mão de obra humana, imputando a distribuição desigual de recursos entre diferentes classes sociais” (BARBOZA, 2019).

De acordo com o relatório “Our Common Future” desenvolvido em 1987 pela Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED<sup>1</sup>): “o desenvolvimento sustentável aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”.

Segundo Barboza (2019), os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), foram estabelecidos a partir da agenda 2030, criada por 150 representantes mundiais na sede da Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, diante dos impactos ambientais negativos gerados pela humanidade, estabelecendo 17 objetivos e metas para a nação a partir das dimensões sociais, econômicas e ambientais, bem como cinco categorias, sendo elas: pessoas, prosperidade, paz, parcerias e planeta.

<sup>1</sup> Acrônimo para a sigla em inglês *World Commission on Environment and Development*

Entre os setores econômicos que mais impactam o meio ambiente, a indústria da construção civil é responsável por aproximadamente 40% de todo recurso extraído da natureza, impactando diretamente sob o aquecimento global e a poluição de água potável (DIXON, 2010). Neste contexto, as decisões e previsões para a indústria da construção civil possuem impactos nas três dimensões dos ODS propostos, sendo a sustentabilidade nas edificações por meio de materiais, sistemas construtivos e edificações, amplamente reconhecidos em todo o mundo (BARBOZA, 2019).

O desenvolvimento de materiais construtivos mais sustentáveis representa um importante instrumento para a mitigação de impactos gerados pela humanidade no planeta. A utilização de materiais renováveis, por exemplo, é uma alternativa promissora. Neste sentido, a substituição de fibras sintéticas por estas fibras de origem vegetal em compósitos se tornam atrativas, pois além de serem obtidas a partir de fontes renováveis, biodegradáveis, com menor impacto ambiental, são facilmente modificadas por agentes químico-físico, sendo também um material de baixo custo (LOPES et al., 2011). Fibras naturais, denominadas também por fibras celulósicas, quando o principal componente químico é a celulose, ou fibras lignocelulósicas, quando formada principalmente por lignina, um polímero polifenólico natural, ocorrem espontaneamente na natureza, como também podem ser cultivadas a partir da atividade agrícola (MARINELLI et al., 2008).

A produção de compósitos utilizando cargas de origem vegetal está entre diversos avanços tecnológicos que visam minimizar os efeitos nocivos ao meio ambiente, e que contribuem na redução do consumo energético e dos níveis de poluição por destinação incorreta dos resíduos agroindustriais (SULLINS et al., 2017; VAISANEN et al., 2017).

Segundo Sales (2015), materiais compósitos são formados pela união de dois ou mais materiais, no qual após sua mistura, podem ser identificados macroscopicamente entre si, resultando na combinação de suas propriedades, e de acordo com Callister Jr. (2002), compósito consiste em um material feito a partir de dois ou mais constituintes heterogêneos, que devem estar separados por uma interface distinta. Os materiais que compõem um compósito são divididos entre uma fase contínua que envolve os demais constituintes chamada de “matriz”, proporcionando ductilidade ao material, e outra fase descontínua chamada de “reforço”, que suporta os esforços aplicados ao compósito (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Savastano (2003), fibras naturais como reforços para materiais cimentícios possuem grande destaque para países em desenvolvimento, devido ao seu baixo custo de produção e disponibilidade. Telhado de fibrocimento com compósitos orgânicos é a solução mais barata e acessível para habitações de interesse social em comparação com outros tipos de telhas disponíveis no país, também muito aplicados em instalações rurais e galpões industriais.

Neste sentido, a produção de trabalhos na temática de novas soluções construtivas por meio de fibras naturais vem crescendo em todo mundo, especialmente em países como o Brasil, Estados Unidos e Índia. Ainda, o Brasil se apresenta como um dos que mais fomenta a investigação, tanto por agências financiadoras, quanto pelos centros de pesquisa nesta temática. Este cenário, verificado nos últimos 20 anos, se apresenta como principal justificativa para o grande potencial de produção de materiais constituídos com fibras naturais nestas regiões (BARBOZA et al., 2020). Entretanto, verifica-se na literatura a falta de trabalhos que revisem parâmetros mecânicos e físicos para a aplicação em vedações horizontais, tendo em vista que atualmente não há prescrições normativas para a produção e execução destes materiais em âmbito nacional.

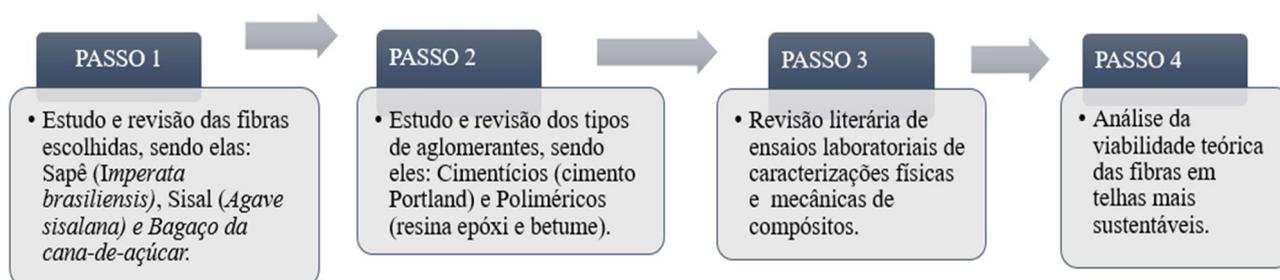
## OBJETIVOS

Revisar os parâmetros físicos e mecânicos mais relevantes relacionados a produção de coberturas mais sustentáveis a partir do desenvolvimento de compósitos em fibras naturais e aglomerantes.

## METODOLOGIA

A presente revisão se embasa por meio da busca sistemática da literatura. Os estudos são direcionados as interações físicas entre aglomerantes cimentícios (cimento Portland), poliméricos (resina epóxi) e betuminosos com fibras naturais, tendo como premissa o interesse na substituição das fibras sintéticas por fibras de origem vegetal comumente encontradas no Brasil, sendo elas: sapê (*Imperata brasiliensis*), sisal (*Agave sisalana*) e bagaço da cana-de-açúcar.

Em suma, o fluxograma esquemático das etapas metodológicas desta pesquisa está contido na Figura 1, sendo utilizada como fonte principal para consulta de publicações acadêmicas a base de dados e gerenciador de periódicos Web of Science, acessado por meio de rede virtual privada (VPN) disponibilizada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), também o mecanismo de busca virtual Google Scholar e bibliografias impressas.



**Figura 1: Fluxograma sintético das etapas metodológicas desta revisão de parâmetros. Fonte: Autores do trabalho.**

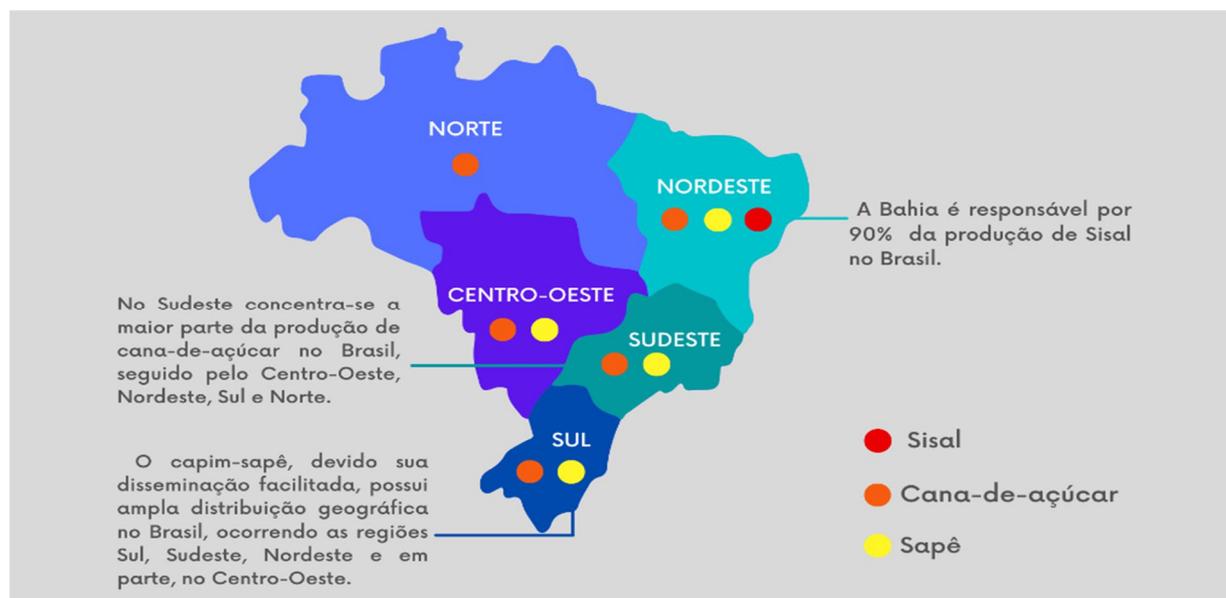
A primeira etapa consistiu na seleção de palavras-chaves relacionadas com as fibras escolhidas previamente, sendo elas: “Natural Fiber Tiles” (Telhas de Fibras Naturais), “Vegetable Fiber Tile” (Telha de Fibra Vegetal), “Compósitos com Fibras Naturais”, “Fibras de Sapê”, “Fibras de Sisal” e “Bagaço da cana-de-açúcar”, assim como também a busca e estudo de trabalhos relacionados entre as fibras. Da mesma forma, a segunda etapa foi dedicada na seleção de palavras-chaves, desta vez relacionadas à temática de aglomerantes. As palavras escolhidas foram: “Cimento Portland”, “Materiais Cimentícios”, “Polímeros na construção Civil”, “Compósitos com Resina Epóxi”, “Poliepóxido e Fibras Naturais” e “Materiais Betuminosos”. Após a seleção, foram pesquisados trabalhos com enfoque no cimento Portland e polímeros. No terceiro passo, foram utilizados os trabalhos selecionados nas etapas anteriores referentes às caracterizações físicas e mecânicas de compósitos, de forma a revisar os ensaios laboratoriais e analisar seus resultados. Por fim, a quarta etapa se direcionou a analisar a viabilidade da utilização das fibras naturais e revisar os demais parâmetros necessários para a produção de telhas de compósitos formados por fibras orgânicas e os aglomerantes estudados.

## RESULTADOS

Os resultados foram distribuídos em tópicos, sendo eles: a distribuição geográfica da produção das fibras naturais estudadas no Brasil, as características físicas destas fibras, os aglomerantes cimentícios, poliméricos e betuminosos e suas atribuições e, por fim, os compósitos.

### Distribuição geográfica da produção de fibras naturais no Brasil

O Brasil possui grande potencial no cultivo de vegetais fornecedores de fibras (FIORITI, 2002). Dentre as fibras naturais estudadas, nota-se a relevância de conhecer suas disponibilidades de uso nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Sul, Nordeste e Norte. Visto isso, na Figura 2 é dada a distribuição geográfica do cultivo de sapê, sisal e cana-de-açúcar.



**Figura 2: Distribuição geográfica no Brasil do cultivo de sapê, sisal e cana-de-açúcar. Fonte: Adaptado de (MACHADO, 2009); (MARTIN et al., 2009); (SOUSA, 2015); (CONAB, 2018).**

O capim-sapê (*Imperata brasiliensis*) (Figura 3) é uma planta perene, comumente encontrada no Brasil nas regiões Sul, Sudeste, Nordeste e parcialmente no Centro-Oeste. Nativo em toda a América Central e do Sul, produz sementes leves com a presença de rizomas, que contribuem com a disseminação e dificultam seu controle, geralmente ocorrem em pastagens degradadas e em áreas cultiváveis (MACHADO, 2009).



Figura 3: Capim-sapê (*Imperata brasiliensis*). Fonte: (CASTRO, 2014).

Com relação ao sisal (*Agave sisalana*) (Figura 4), o cultivo desta planta no país se concentra na região Nordeste (MARTIN et al., 2009), com mais de 90% da produção provindo do estado da Bahia (SOUSA, 2015). Originário da Península de Yucatan, foi introduzido no Brasil a partir do século XX na Bahia (MARTINS, 2001), tornando-se uma alternativa de movimentação econômica, e geração de emprego em grande parte da região (MIRANDA, 2011), o que explica a produção concentrada no nordeste do país.



Figura 4: Sisal (*Agave sisalana*) Fonte: (SILVA, 2005).

A fibra do bagaço de cana-de-açúcar (Figura 5), outra opção com grande abundância no país presente nas regiões Sudeste, seguido pelo Centro-Oeste, Nordeste, Sul e Norte (CONAB, 2018), é um dos subprodutos provenientes no processo de produção das indústrias sucroalcooleiras, sendo descartado no meio ambiente quando não utilizado para a cogeração de energia elétrica (ALMEIDA et al., 2005). O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sua ampla produção é justificada pelo aumento da área de cultivo e a industrialização da cana-de-açúcar proveniente de investimentos de iniciativas privadas e públicas (SILVA, 2006).



Figura 5: Cana-de-açúcar e seu bagaço *in-natura* Fonte: (LOH et al., 2013).

### Características físicas das fibras estudadas

De acordo com Machado (2009), experimentos relatam que as fibras de sapê apresentam estabilidade térmica até aproximadamente 256°C e início de degradação por volta de 359°C, sua altura chega até 95 cm e suas folhas variam de 20 a 52 cm de comprimento por 0,12 a 0,18 cm de. Por outro lado, é dado que para a melhora das propriedades mecânicas de compósitos com as fibras de capim-sapê, é importante que seja removido as ceras e graxas que envolvem a fibra, visto que assim aumenta a superfície de contato entre a matriz e as fibras.

Conforme Martin et al. (2009), a fibra de sisal é extraída das folhas, que possuem de 8 a 10 cm de largura e de 150 a 200 cm de comprimento. Esta fibra se mostra adequada para ser utilizada em materiais compósitos poliméricos, assim como em outras aplicações, bem como apresenta boa estabilidade térmica até cerca de 250°C e se destacar por alta resistência ao impacto e boas propriedades de resistência à tração e flexão. Isso é atribuído ao fato de que a fibra de sisal apresenta um dos maiores valores de módulo de elasticidade e de resistência mecânica entre as fibras naturais (MARTIN et al., 2009).

O bagaço de cana-de-açúcar, outra opção com grande abundância no país, é um dos subprodutos provenientes no processo de produção das indústrias sucroalcooleiras, sendo descartado no meio ambiente quando não utilizado para a cogeração de energia elétrica (ALMEIDA et al., 2005). As fibras do bagaço da cana-de-açúcar possuem temperatura de degradação a partir de 218°C (AQUINO, 2003 apud OLIVEIRA, 2018), assim como apresentam módulo de elasticidade igual 27,1 GPa e resistência à tração de 222 Mpa (FILHO e BAHR, 2004 apud OLIVEIRA, 2018). Em média, de acordo com a união das indústrias de cana-de-açúcar (ÚNICA), cada tonelada de cana-de-açúcar produz cerca de 140Kg de bagaço, dos quais 90% são utilizados para produção de energia elétrica e térmica, consumida pela própria usina durante seu processo de produção.

### Aglomerantes

O cimento Portland se torna um material aglomerante devido as reações que acontecem na pasta constituída por água e cimento, ou seja, na presença de água, dos silicatos e dos aluminatos, formando deste modo produtos hidratados que resultam, com o tempo, em uma composição firme e resistente (NEVILLE, 2016). Segundo Vilpert e Antunes (2018), o aglomerante cimentício mais adequado para confecção de telhas com bagaço da cana-de-açúcar é o cimento Portland de alta resistência inicial (CPV-ARI) por auxiliar na desforma das peças, sendo o agregado miúdo com classificação de areia fina, e aditivos plastificante e impermeabilizante próprios.

Dentre os aglomerantes poliméricos pode-se destacar também a resina epóxica, um dos mais versáteis polímeros utilizados na construção civil, podendo ser empregado em diversas finalidades, como: adesivos, selantes, revestimentos, pavimentação (NEVILLE, 2016). Por fim, a partir dos estudos realizados à respeito do Betume, este não é indicado como aglomerante na produção de telhas mais sustentáveis, devido sua toxicidade ao ser humano, de acordo com Sandaka et al. (2018), dentre trinta autores revisitados que desenvolveram estudos sobre a carcinogenicidade dos fumos e vapores do asfalto, hidrocarbonetos presentes também no betume, vinte e dois afirmam que a exposição a longo prazo a estes materiais são cancerígenos para o ser humano, além de três afirmarem grandes possibilidades no desenvolvimento de câncer. Estes Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), uma vez em contato com o corpo humano, são facilmente absorvidos por tecidos gordurosos como a pele ou podem até mesmo serem inalados ou ingerido, pois podem contaminar a água destinada ao consumo por meio do ciclo hidrológico ou da ação antrópica (SANDAKA et al., 2018). E, de acordo com o Ministério da Saúde (2001), a exposição a HPAs a longo prazo é associado ao câncer de bexiga em certos grupos,

mas também por serem potencialmente responsáveis por câncer de pulmão ou de pele, caso o contato com tais substâncias seja prolongado através das vias aéreas ou cutâneas. Portanto, deve-se ter cautela no manuseio e exposição a estes componentes, seja por pesquisadores, trabalhadores ou até mesmo o consumidor final em virtude de seu risco eminente à saúde.

### Compósitos

A partir da verificação de algumas das principais fibras naturais encontradas no Brasil, sendo elas, sapê, sisal e bagaço da cana-de-açúcar, e os aglomerantes Cimento Portland, resina epóxi e betuminosos, temos sintetizado no Quadro 1 a análise de trabalhos estudados, seus autores e as principais características dos compósitos produzidos.

**Quadro 1: Tipologia de compósitos com adição de fibras de origem vegetal e seus autores. Fonte: Adaptado de (VILPERT e ANTUNES, 2018); (OLIVEIRA, 2013); (MILANESE, 2012); (MELO et al., 2019).**

Autor	Fibra natural	Diâmetro nominal para a fibra (mm)	Comprimento (mm)	Aglomerante utilizado	Resistência à flexão (MPa)	Resistência à compressão (MPa)
Vilpert e Antunes (2018)	Bagaço da cana-de-açúcar	-	20 a 30	Cimento Portland de alta resistência inicial (CPV-ARI)	3,83 a 4,69	17,47 a 29,56
Oliveira (2013)	Sapê	-	-	Resina epóxica	70	-
Milanesse (2012)	Sisal	0,1 a 0,2	-	Resina epóxica	75	-
Melo et al. (2019)	Sisal	0,18	150 a 300	Resina epóxica	-	-

A partir do Quadro 1, é visto que o compósito produzido a partir de sapê e resina epóxi obteve uma resistência à flexão de 70 Mpa (OLIVEIRA, 2013), enquanto o composto por sisal e resina epóxica a resistência à flexão foi maior, de 75 Mpa (MILANESE, 2012). O compósito com a fibra do bagaço de cana-de-açúcar e cimento Portland apresentaram uma baixa resistência à flexão comparado aos outros, de 3,83 MPa a 4,69 Mpa (VILPERT; ANTUNES, 2018).

Quanto a utilização destas fibras em compósitos, de acordo com Vilpert e Antunes (2018), após a realização dos ensaios de ruptura nos compósitos com a adição de fibras do bagaço da cana-de-açúcar e aglomerante cimentício, observou-se apenas pequenas fissuras, enquanto no corpo de prova sem adição houve trincas com aberturas superiores a 15mm.

Em estudos realizados por Oliveira (2013), afim de processar compósitos utilizando o capim-sapê e a resina epóxica via compressão manual, foi notável que dentre as possíveis proporções entre fibra e matriz, a melhor distribuição se deu com 20% de fibra de sapê curta e 80% de resina. Ainda segundo Oliveira (2013), a mesma média de resistência à flexão é encontrada na matriz polimérica com e sem a adição da fibra natural, isto é explicado pois a presença de fibras melhora a resistência, entretanto favorece o aparecimento de defeitos no contato entre elas.

Segundo Milanesse (2012), foi observado que a resina epóxica apresentou maior rigidez quando comparada ao compósito com reforço de fibras de sisal. Porém, o material com o acréscimo de fibras apresentou maior deformação após carga máxima, porém maior módulo nos ensaios à flexão.

Melo et al. (2019) estudou um compósito a partir de resina epóxica reforçado com fibras de sisal, no qual obteve boa interação matriz-fibra a partir da análise técnica de microfotografia feita através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Assim, este maximiza a transmissão de cargas de uma matriz de menor resistência para as fibras de maior resistência, podendo, a partir destes dados, esperar um aumento significativo na resistência mecânica desse compósito como um todo.

Para Savastano Jr. (2003), em telhados de fibrocimento o uso de compósitos reforçados a partir de fibras naturais, em alternativa às telhas de fibrocimento de amianto, não oferece qualquer risco na vida dos trabalhadores para sua produção ou mesmo dos consumidores, seja desde a obtenção da fibra, produção do material, instalação e demolição ou descarte. As telhas de fibrocimento produzidas com fibras de sisal, coco e malva, atingiram valores pelo menos 15% superiores ao padrão de referência sem fibra na condição pós fissura em energia à flexão (SAVASTANO JR., 2000).

Segundo Vallejos et al. (2015), os resíduos, bagaço e palha da agroindústria canavieira, são geralmente queimados nas próprias usinas para autoprodução de energia térmica e elétrica. Visto isso, desenvolver alternativas para o reaproveitamento destes subprodutos contribui na agregação de valor e na redução dos impactos ambientais gerados. Deste modo, o desenvolvimento de compósitos utilizando fibras naturais, pode minimizar o uso de fibras sintéticas, reduzindo consequentemente o peso, custo do material e até mesmo promover aspectos econômicos e sociais (GONÇALVES et al., 2017).

## CONCLUSÃO

A metodologia empregada foi eficaz para que fossem revisados os principais parâmetros necessários para a produção de compósitos em fibras naturais, e a partir disso o desenvolvimento de coberturas mais sustentáveis. Diante das opções de fibras naturais estudadas se destaca a fibra de sisal (*Agave sisalana*) com maiores valores de resistência em ensaios de tração e boa estabilidade térmica. Dentre os aglomerantes, a resina epóxi apresenta boa interação matriz-fibra quando reforçado com fibras de sisal e se mostra eficiente e versátil para a utilização em um compósito com adição de fibras naturais. Os aglomerantes betuminosos foram descartados devido sua toxicidade ao ser humano.

A possibilidade de incorporação de resíduos da indústria para produção de materiais construtivos, assim como, a utilização de matéria prima renovável para a produção de vedações horizontais, atribui a estes materiais melhores níveis de sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, A.; CALADO, V.; BARRETO, D.; ALMEIDA, J. R. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, 2005.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. **Doenças Relacionadas ao Trabalho**. Editora MS. Brasília – DF, 2001.
3. CONAB. Companhia Nacional De Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar: primeiro levantamento**, maio, 2018 – safra 2018/19.
4. FILHO, P.A & BAHR, O. (2004). **Biomass resources for energy in North-Eastern Brazil**. Appl Energy. 77, (1), pp 51–67.
5. FIORITI, C. F. **Avaliação de compósitos de concreto com resíduos de borracha na produção de blocos para alvenaria**. 2002, 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2002.
6. IZQUIERDO, I. S. **Uso de fibra natural de sisal em blocos de concreto para alvenaria estrutural**. 2011, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.
7. MACHADO, Miguel da S.; SATO, Celso E.; MULINARI, Daniela R.; CIOFFI, Maria Odila H.; VOORWALD Herman J. C. **Avaliação térmica do tratamento alcalino em fibras de sapé utilizadas em compósitos naturais**. 2009.
8. MARTIN, A. R.; MARTINS, M. A. & Mattoso, L. H. C.; SILVA, O. R. **Caracterização química e estrutural da fibra de sisal da variedade *agave sisalana***. 2009.
9. MARTINS, M. A. **Fibra de sisal: mercerização, acetilação e aplicação em compósitos de borracha de pneu triturado**. 2001, Dissertação (Doutorado em Engenharia Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 2001.
10. MELO, G.; BELTÉRIO, G.; MONTERIO, A. **Fabricação e Caracterização de Compósitos Epoxídicos com Fibras Naturais**, 2019.
11. MILANESE, A.C. **Processamento e caracterização de compósito fibra de sisal/resina epóxi via RTM**. 2012. Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.
12. MIRANDA, G. **Agave sisalana, o ouro verde do sertão: O mundo do trabalho e os espaços de resistência narrados pela memória dos velhos sisaleiros do semi-árido paraibano (1970-1990)**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 26, 2011, São Paulo.

13. NEVILLE, A. M. *Propriedades do concreto*, 2016.
14. OLIVEIRA, O. C. **Avaliação de fibras de bagaço de cana-de-açúcar *in-natura* e modificada para aplicação em compósitos**. 2018, Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e Tecnologia, 2018.
15. OLIVEIRA, J. B. *Processamento do compósito de fibra de capim-sapê/epóxi e avaliação da resistência à flexão por “t” de Student*. 2013. Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.
16. SANDAKA, G.; GOUVEIA, L.; SENGGER, L. *Emissões do asfalto e seus efeitos na saúde humana*, 2018.
17. SOUSA, E. J. S. **Ocupação e uso do solo pela cultura do *agave sisalana* no território de identidade do sisal – semiárido da Bahia**. 2015, Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.
18. VILPERT, G.; ANTUNES, E. *Telha de Concreto: Adição de Fibra Derivada de Bagaço de Cana-de-Açúcar*, 2018.
19. BARBOZA, C. **Metodologia de Apoio a Seleção de Sistemas Construtivos Mais Sustentáveis para Habitações Rurais no Contexto Brasileiro**. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.
20. BARBOZA, C.; OMIDO, A.; SANTOS, A.; NASCIMENTO, M. **Telhados em Fibras Naturais: Uma Revisão Sistemática De Soluções Construtivas Residenciais**. ConReSol, 2020.
21. WCED - World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. Oxford: WCED & Oxford University Press, 1987.
22. ONU - Organização das Nações Unidas. **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/sobre/>>. Acesso em :10 out 2021.
23. DIXON, W. **The impacts of construction and the built environment**. Briefing note, 2010.
24. LOPES, F.; ARAÚJO, G.; NASCIMENTO, J.; VASCONCELOS, F.; DANTAS, J. **Avaliação dos efeitos da acetilação nas propriedades das fibras de caroá**. Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental. Campina Grande, 2011.
25. SALES, C. G. **Fibra de Curauá como Reforço em Matriz Cimentícia para Fabricação de Telhas e Placas de Fibrocimento**. Belém, 2015
26. SILVA, O. R. **Árvore do conhecimento sisal**, 2005. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 09 out. 2021.
27. CASTRO, E. F. **Cerrado infinito**, 2014. Disponível em: <https://www.cerradoinfinito.com.br/20-capim-sape>. Acesso em: 09 out. 2021.
28. SILVA, J. **Estudo de Estruturas Compósitas Termoplásticas produzidas por enrolamento filamentar**, Universidade do Porto, 2006.
29. NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto**. 5ªed. – Porto Alegre, 2016.
30. BRASIL, Ministério Da Saúde. **Doenças Relacionadas ao Trabalho**. Editora MS. Brasília – DF, 2001.
31. SAVASTANO Jr., H. **Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. São Paulo, 2000.
32. SAVASTANO Jr., H. **Viabilidade Do Aproveitamento De Resíduos De Fibras Vegetais Para Fins De Obtenção De Material De Construção**. Elsevier, 2003.
33. VALLEJOS, M. E.; FELISSIA, F. E.; KRUYENISKI, J.; AREA, C. M. **Kinetic study of the extraction of hemicellulosic carbohydrates from sugarcane bagasse by hot water treatment**. Industrial Crops and Products, vol. 67, 2015.