

Artigo de Revisão

PERSPECTIVAS DE APLICAÇÕES DO PRODUTO E DOS COPRODUTOS DA *Agave sisalana* PERRINE EX. ENGELM. (ASPARAGACEAE)

Applications perspectives of the product and co-products from *Agave sisalana* Perrine ex. Engelm. (Asparagaceae)

Rafael Rodrigo Ferreira de Lima^{1*}, Calila Teixeira Santos¹, Jorge Luiz Peixoto Bispo¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano. Bahia, BA. Brasil.

Submetido em: 06.10.2023; Aceito em: 09.11.2023; Publicado em: 09.11.2023.

***Autor para correspondência:** rafaelarielrodrigo@gmail.com

Resumo: O Brasil é um importante produtor de fibra natural de *Agave sisalana* Perrine ex. Engelm. (Asparagaceae) com produção concentrada nos estados do nordeste brasileiro, especialmente a Bahia, principal produtor. Essa relevante produção de fibra natural coloca o Brasil em posição de destaque no mercado mundial de fibras. No entanto, faz-se necessário buscar a popularização dos produtos e coprodutos indicados pela ciência e pela tecnologia com a finalidade de fomentar a sustentabilidade nessa cadeia produtiva. Assim, objetiva-se, neste trabalho, delinear as aplicações dos produtos e coprodutos provenientes da produção de fibra natural de *Agave sisalana*, conforme disponível na literatura científica e nas bases de dados de patentes nacional e internacional. A metodologia compreende a revisão narrativa da literatura, com coleta dos dados secundários em plataformas de publicações científicas e de depósito de patentes. Concluiu-se que, embora a atual cadeia produtiva satisfaça as necessidades produtivas, ela apresenta muito potencial não explorado e que poderia contribuir significativamente nos eixos social, econômico e ambiental de seus fluxos e para as localidades em que está inserida.

Palavras-chave: Sisal, Cadeia Produtiva, Resíduo, *Agave sisalana*.

Abstract: Brazil is an important producer of natural fiber from *Agave sisalana* Perrine ex. Engelm. (Asparagaceae), with production concentrated in the states of northeastern Brazil, especially Bahia, the main producer. This important production of natural fiber places Brazil in a prominent position in the global fiber market. However, it is necessary to seek the popularization of products and co-products recommended by science and technology with the aim of promoting sustainability in this production chain. Therefore, the aim of this work is to outline the applications of products and co-products from the production of natural fiber from *Agave sisalana*, as available in the scientific literature and in national and international patent databases. The methodology comprises a narrative review of the literature, with secondary data collection on scientific publication and patent filing platforms. It was concluded that, although the current production chain meets production needs, it has a lot of unexploited potential that could contribute significantly to the social, economic and environmental aspects of its flows and to the locations in which it is located.

Keywords: Sisal, Production Chain, Waste, *Agave sisalana*.

INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da *Agave sisalana* representa um importante meio de subsistência e sobrevivência no semiárido do estado da Bahia (IBGE, 2017). No entanto, é sabido que o aproveitamento desse vegetal no processo de produção de fibra natural é muito baixo, comparado com o volume dos resíduos, sólido e líquido, gerados nesse processo, necessitando da aplicação de ciência e tecnologia no processo produtivo com o objetivo de tornar essa cadeia produtiva sustentável no tempo e no espaço.

Em um contexto de emergências climáticas e de escassez de recursos naturais, a busca pela otimização dos recursos naturais, dos recursos e dos processos produtivos torna-se fundamental para manter a produtividade com o impacto antrópico estritamente necessário para a vida útil das organizações, das comunidades e da própria cadeia produtiva.

Agave sisalana é uma espécie originária do México (QUEIROGA, 2021), com uma excelente resistência ao estresse hídrico e portadora de uma relevante riqueza fitoquímica (MARONE, *et al.*, 2022; RAKESH *et al.*, 2022; SHAHZAD, *et al.*, 2022). Possui importante papel na atividade econômica e no papel social de diversas regiões, desde o seu principal produto, a fibra natural, até sua aplicação como cerdas para escovas dentárias em comunidades vulneráveis socioeconomicamente (QUEIROGA, 2021; RAKESH *et al.*, 2022).

O Brasil é um dos principais países produtores e exportadores de fibra natural de *Agave sisalana* (MARTIN *et al.*, 2009), sendo o estado da Bahia o principal produtor, compondo com os estados nordestinos Paraíba, Ceará e Pernambuco a centralização da produção desse tipo de fibra natural (IBGE, 2017).

Embora a expressividade da produção de fibra de *Agave sisalana* seja de suma importância para as cadeias produtivas que empregam tal produto em seus ciclos produtivos, é necessário considerar que há um ônus associado que necessita de atenção para a manutenção da sustentabilidade da agroindústria do sisal, representando um desafio ainda não solucionado pelos atores diretamente envolvidos (GUPTA; TIWARI; SHARMA, 2022). Trata-se da geração dos resíduos sólido e líquido do processo de produção de fibras naturais, correspondendo, respectivamente, a 15% e 80% (CAVALCANTE, 2021). O aproveitamento do desfibramento da *Agave sisalana* representa apenas de 3% a 5% da matéria vegetal empregada nesse processo produtivo (CARNEIRO *et al.*, 2021). Observa-se, assim, que compreender o que pode ser feito com o universo de produtos e coprodutos da *Agave sisalana* é fundamental para promover o desenvolvimento e a sustentabilidade nacional e subnacional, isto é, dos estados e municípios produtores.

Neste trabalho objetiva-se evidenciar as múltiplas aplicações possíveis dos produtos e dos coprodutos da *Agave sisalana* por meio de uma revisão narrativa da literatura científica e das bases de dados de patentes nacional e internacional, de maneira a contribuir com a reflexão científica e tecnológica sobre as potencialidades desse vegetal para o desenvolvimento e para a sustentabilidade local, regional e nacional.

MATERIAL E MÉTODOS

A realização da pesquisa bibliográfica com a finalidade de selecionar os trabalhos e analisá-los de acordo com a pertinência para este trabalho ocorreu em plataformas de divulgação de trabalhos científicos nacionais e internacionais: Capes CAFe, Scielo, Science Direct, com permissão de acesso por meio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano. Não foi empregado restrição de localidade e a restrição temporal foi dividida em duas etapas: primeiro, para trabalhos entre os anos de 2019 e 2023 e, uma

segunda restrição para o período temporal entre os anos de 2023 e 1990, de modo a se ter um panorama consolidado das publicações científicas e relevantes, com a finalidade de priorizar os trabalhos atuais e o estado de evolução do tema.

De forma complementar à pesquisa nas plataformas citadas, foi empregado o buscador acadêmico para ampliar outros trabalhos, como dissertações e teses que pudessem contribuir significativamente e que não possuíssem artigos correlatos publicados. Os descritores empregados foram “*Agave sisalana*”, “Sisal”, “Waste”, “Sisal Waste” e “*Agave sisalana Waste*”.

Os trabalhos foram analisados e segregados considerando os usos do produto e do coproduto do beneficiamento da *Agave sisalana* na produção de fibra natural. Buscou-se não excluir trabalhos de maneira a compor o melhor panorama possível dessas aplicações.

As patentes foram pesquisadas nas bases de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial, com os descritores “Sisal” e “*Agave sisalana*” com ocorrência no título e no resumo; na World Intellectual Property Organization – WIPO -, com os descritores “waste” and “*Agave sisalana*”, “waste” and “sisal” e “sisal”, com ocorrência em qualquer campo; e no Espacenet, com os descritores “waste *Agave sisalana*”, “waste” and “*Agave sisalana*”, “waste sisal”, “sisal”, com ocorrência no título, no resumo e no corpo do documento. As pesquisas nas bases de dados de patentes mencionadas ocorreram entre março e julho de 2023.

Aplicações possíveis relatadas do produto e do coproduto da *Agave sisalana*

Conforme pode ser verificado no Quadro 1, não se pode reduzir a aplicação da *Agave sisalana* apenas ao seu principal produto, a fibra natural, porque seu potencial de aproveitamento, considerando o volume substancial dos resíduos sólido e líquido gerados durante o processo produtivo é de uma riqueza comparável aos valiosos compostos orgânicos e inorgânicos presentes em sua estrutura vegetal.

Quadro 1. Aplicações dos produtos e co-produtos da *Agave sisalana*.

PRODUTO	RESULTADO	REFERÊNCIA
Material compósito	O material biocomposto de sisal demonstrou a relação diretamente proporcional entre a absorção de água, o tamanho da fibra e o tempo de imersão.	SAADIA <i>et al.</i> , 2023.
	Foi demonstrado e indicado a preferência por material híbrido com fibra de sisal devido às boas propriedades verificadas.	PRABHU <i>et al.</i> , 2022.
	O reforço do polipropileno com fibra de sisal com superfície superhidrofóbica apresentando propriedade autolimpante, além de baixa absorção de água.	ABEBAYEHU; ENGIDA, 2021.
	Foi verificado que o reforço do poliéster com fibra de sisal com tratamento alcalino melhorou as propriedades mecânicas e reduziu a absorção de água.	MELKAMU; KAHSAY; TESFAY, 2019.
	A adição do resíduo em pó da fibra de sisal em matriz compósita de poliéster demonstrou ótimos resultados nas propriedades mecânicas, evidenciando adequação nesse tipo de material para aplicação em paletes, telhas, divisórias e revestimentos.	MELO <i>et al.</i> , 2019.
	A fibra do sisal da <i>Agave sisalana</i> produzida no Brasil é caracterizada como adequada para uso em materiais compósitos poliméricos.	MARTIN <i>et al.</i> , 2009.
	A adição da fibra de <i>Agave sisalana</i> melhorou a propriedade de resistência à tração e aumentou a absorção de água em corpos de prova de concreto contendo o aditivo Sikacim.	ZULKARNAIN <i>et al.</i> , 2022

PRODUTO	RESULTADO	REFERÊNCIA
Antibacteriano	A presença abundante do acetato de hecogenina nas folhas do <i>Agave sisalana</i> garante aplicação em produtos analgésicos, antioxidantes, anticancerígenos, dentre outros.	ARAÚJO <i>et al.</i> , 2023.
Antioxidante	Há indícios que o resíduo da <i>Agave sisalana</i> pode ser matéria-prima para produto antioxidante.	BARRETO <i>et al.</i> , 2020.
	O estudo sugeriu que o resíduo do sisal pode ser empregado como agente antioxidante.	LUO <i>et al.</i> , 2019.
Anti-hiperglicêmicos	O extrato líquido do sisal demonstrou efeitos positivos sobre micro-organismo vivo, podendo ser empregado para o isolamento de síndromes metabólicas.	CHEGE <i>et al.</i> , 2022.
Antiobesidade		
Antidislipidêmicos		
Fibra natural	Empregada na construção estrutural e apresenta a reciclagem como uma das maiores vantagens sobre a fibra sintética.	ALDUCÍN-MARTÍNEZ <i>et al.</i> , 2023.
	Foi empregada como isolante térmico para tubulações aquecidas.	NEIRA, 2005.
	Pode ser empregada na produção de fios, cordas, tapetes, capachos, mantas e produtos de artesanato.	ANDRADE; ORNELAS e BRANDÃO, 2012
Criação de Mosca Soldado Negro	O resíduo do sisal apresenta características positivas para a criação de larvas de mosca soldado negro, garantindo a redução do desperdício do resíduo do sisal.	KONYO <i>et al.</i> , 2023.
Nematicida	O extrato do <i>Agave sisalana</i> mostrou efeitos positivos no desenvolvimento do tomateiro Santa Clara e no combate ao nematóide <i>Meloidogyne javanica</i> .	MOITINHO, 2022.
	O resíduo fresco do sisal mostrou-se eficiente no combate ao <i>Radopholus similis</i> .	JESUS <i>et al.</i> , 2015.
Acaricida	O resíduo líquido da <i>Agave sisalana</i> demonstrou ser viável como produto de combate a ácaro-praga de culturas agrícolas.	SANTOS <i>et al.</i> , 2011.
Larvicida	Foi verificada a possível utilização do extrato da <i>Agave sisalana</i> como larvicida, matando completamente as larvas de <i>Aedes Aegypti</i> após 24h de exposição.	NUNES <i>et al.</i> , 2015.
	Foi detectada a atividade larvicida da <i>Agave sisalana</i> contra o <i>C. quinquefasciatus</i> .	PIZARRO <i>et al.</i> , 1999.
Cupinicida	O extrato do sisal apresentou efeitos inseticidas eficazes contra o cupim <i>N. corniger</i> devido a toxicidade de metabólitos produzidos por essa espécie vegetal e que é inofensivo ao homem.	LOPES <i>et al.</i> , 2022.
Fungicida	Demonstrou ser eficiente como Agente de Controle Biológico no controle da antracnose, sem efeitos negativos para o ser humano e para o meio ambiente.	DAMASCENO <i>et al.</i> , 2019.
Anti-helmíntico	O resíduo sólido do sisal apresentou-se favorável em ação anti-helmíntica contra ovos e fases da vida livre de nematóides gastrintestinais em caprinos.	BOTURA <i>et al.</i> , 2011.

Bioinseticida	O suco de sisal possui uma alta possibilidade para a produção de bioinseticida, com 60% de rendimento para tal finalidade.	GONDIM <i>et al.</i> , 2022.
	O extrato aquoso de agave demonstrou ser eficiente na redução da esporulação do <i>F. oxysporum f. sp. Tracheiphilum</i> e, nas concentrações de 5% e 10%, ocorre a redução da esporulação do <i>F. oxysporum f. sp. phaseoli 2</i> .	SILVA <i>et al.</i> , 2021.
	O resíduo líquido do sisal à base de etanol apresentou ótimo desempenho fitotóxico para combate de insetos-praga na cultura do milho, enquanto a via de extração por meio do acetato apresentou menor dano de toxicidade foliar, indicando melhor uso em campo.	COSTA <i>et al.</i> , 2014.
Emulsificante	O extrato do resíduo sólido da <i>Agave sisalana</i> demonstrou a possibilidade como emulsificante para utilização na indústria cosmética.	SILVA FILHO, 2022.
Gel anti-inflamatório	É relatado a via de obtenção de gel anti-inflamatório a partir do resíduo da <i>Agave sisalana</i> .	SANTOS <i>et al.</i> , 2022.
Quimioprevenção/ controle do cancer/ Anticâncer	Verificou-se que a saponina diogesnina promove a sinalização celular.	RAJU; MEHTA, 2009.
	Verificou-se que as saponinas sisalinas atuam contra células cancerígenas do sistema nervoso central.	OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2019.
Pará-choque de automóveis	A adição de fibra de sisal em material compósito com resina epóxi foi demonstrado como uma alternativa de aplicação.	SEMBIRING; SINAGA, 2022.
Material de obturação	O estudo concluiu que a adição da nanofibra de sisal pode contribuir para a biocompatibilidade do material compósito na aplicação como obturação.	HANDAJANI <i>et al.</i> , 2022.
Biofertilizante	O emprego do resíduo da <i>Agave sisalana</i> na irrigação e como cobertura morta para a cultura da graviola 'Morada' mostrou ser eficiente, com elevação da produção e reiterada qualidade do fruto no pós-colheita.	CAVALCANTE <i>et al.</i> , 2016.
	A utilização do resíduo do sisal em um vermicomposto pode ser uma alternativa para equilibrar a biodiversidade do solo.	YULIANTI, 2021.
Substrato	A folha triturada do Sisal e o resíduo da fibra seca em pó associados ao farelo de trigo apresentou condições favoráveis como substrato para a produção do cogumelo <i>P. Ostreatus</i> .	CARMO <i>et al.</i> , 2021.
	Há a indicação de um potencial e considerável do uso do resíduo do sisal como substrato para a produção de cogumelos.	KIVAISI; MSHAANDETE, 2017.
Carvão nanoporoso	O resíduo sólido da <i>Agave sisalana</i> foi empregado para a produção de carvão nanoporoso para remoção de produtos farmacêuticos em meio aquoso.	MESTRE <i>et al.</i> , 2019.
Bioabsorvente/ Bioadsorvente	Foi observado que a fibra de sisal pode servir como bioabsorvente de cromo.	BENDJEFFAL <i>et al.</i> , 2018.
	Evidenciou-se a possibilidade de empregar a fibra do sisal como bioadsorvente do corante têxtil Violeta Cristal.	VASCONCELOS, 2020.

Ração	O resíduo do sisal é uma alternativa para a alimentação de ruminantes, embora a utilização de sequestrantes de umidade seja recomendada.	BRANDÃO <i>et al.</i> , 2011.
	A análise bromatológica demonstrou a viabilidade da mucilagem do sisal como alternativa ou complementação da alimentação animal.	SILVA <i>et al.</i> , 2014.
		PEDREIRA, 2011.
		PINHEIRO, 2019.
	Verificou-se que é possível utilizar o resíduo do sisal como fonte alternativa para a alimentação de bovinos.	GEBREMARIAM; MACHIN, 2008.
Etanol	O resíduo e a folha do sisal demonstram a possibilidade de conversão em etanol dado o teor considerável de hemicelulose.	LIMA, 2013.
Papel	A fibra de sisal é considerada uma matéria-prima de ótima qualidade para a produção de papel.	SANTIAGO; RODRÍGUEZ; MOGOLLÓN, 2002.
	O sisal possui teor de lipídios nas fibras semelhantes a outras fibras usadas para a fabricação de papel.	GUTIERREZ; RODRÍGUEZ; DEL RIO, 2008.

Fonte: autores, 2023.

Com a possibilidade de aplicação da *Agave sisalana*, por meio de fibras em materiais compósitos, na indústria automobilística até a produção de papel e biocombustíveis, verifica-se uma versatilidade comprovada desses produtos e coprodutos e que representam um caminho para a sustentabilidade ainda não explorado pelos diversos ramos industriais no Brasil. Esse fato pode ser verificado no quadro 2, que demonstra as patentes depositadas em território nacional, por meio do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI).

Quadro 2. Patentes de produtos e processos envolvendo *Agave sisalana*.

PEDIDO	DESCRIÇÃO	CONCESSÃO
BR 10 2021 018314 4	Compósito polimérico	2022
BR 10 2021 005591 0 A2	Processo de extração e obtenção de saponinas	-
BR 10 2020 025761 7 A2	Método de obtenção de composto de gel anti-inflamatório	-
BR 10 2020 025602 5 A2	Método de obtenção de extrato para controle de ácaros.	-
BR 10 2020 013493 0 A2	Processo de fabricação de papel	-
BR 10 2020 011281 3 A2	Processo de obtenção de celulose	-
BR 10 2020 011284 8 A2	Processo de preparo de polímero reforçado	-
BR 10 2020 011132 9 A2	Aditivo antifúngico para silagens	-
BR 20 2020 005601 3 U2	Carregador portátil	-
BR 10 2020 004930 5 A2	Processo para fabricação e obtenção de membrana	-
BR 10 2020 004917 8 A2	Carregador portátil	-
BR 10 2020 003531 2 A2	Tela plástica neutralizadora de odores	-

BR 20 2020 000248 7 U2	Sementeira tubete biodegradável	2022
BR 10 2017 027916 2 A2	Produção de biocombustível 2G e xilitol	-
BR 10 2017 024444 0 B1	Processo de obtenção de carvão vegetal ativo	-
BR 10 2017 023302 2 B1	Utilização de composição cosmética enriquecida com polissacarídeos oriundos do sisal	-
BR 10 2016 026402 2 A2	Processo de obtenção de polissacarídeos	-
BR 10 2016 006408 2 A2	Método para obter substâncias orgânicas (pectina, manitol, ácido succínico, canferol e mistura de saponinas)	-
BR 10 2013 006972 8 A2	Formulação de composição farmacêutica para combate ao <i>Aedes Aegypti</i>	-
PI 1106617-2 A2	Obtenção de impermeabilizante	-
BR 10 2020 019518 2 A2	Inseticida	-
BR 10 2020 018382 6 A2	Dispositivo multifuncional fotoelétrico com invólucro de fibra de sisal	-
BR 20 2020 008376 2 U2	Acumulador portátil com invólucro de fibra de sisal	-
BR 10 2019 014518 8 A2	Material compósito, processo de fabricação e uso em blindagem balística	-
BR 10 2018 015530 0 A2	Processo de produção de carvão ativado	-
BR 10 2017 018926 0 A2	Material compósito para reforço de concreto	-
BR 10 2014 018358 2 A2	Formulações contendo acetato de hecogenina para tratamento de dor	-
BR 10 2013 001810 4 A2	Geotêxtil de sisal e processo para produção	-
PI 1002520-0 A2	Material compósito isolante térmico	-

Fonte: Adaptado de INPI, 2023.

A análise dos Quadros 1 e 2 permite inferir que há possibilidades para o depósito de patentes e, portanto, interesse econômico no desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva da *Agave sisalana*, mesmo considerando a possibilidade de novas patentes em análise, tendo em vista que a exploração desse vegetal ocorre desde o século XX no território brasileiro.

Na plataforma da World Intellectual Property Organization, os produtos e os coprodutos da *Agave sisalana* estão patenteados de acordo com o que se elenca a seguir:

- Uso do resíduo sólido de sisal como parte da matéria-prima para a produção de substrato para o cultivo do bambu-seda (*Dendrocalamus minor Chia et*), registro CN104620931.
- Há registros sobre a fabricação de papel, registros GB582707 e GB1564084,
- Materiais de enchimento (de parede e preenchedores diversos), registro GB567612,
- Produção de compostos plásticos, registro GB541907,
- Produção de placas de construção, registro GB463927,
- Produção de hecogenina, registro GB702072,
- Produto em forma de folha, esponjoso ou compressível, a partir de borracha que pode incluir o resíduo de sisal na forma de pó ou granulado como agente vulcanizante, registro GB540917,
- Produção de ração para bovinos e ovinos de resíduo de sisal com fermentação por bactérias ácido-láticas e leveduras, com inúmeros benefícios aos animais não humanos mencionados, registro CN104286398,
- Fabricação de ração de frango e pato com fermentação com bactérias ácido-láticas e leveduras, combinada com farinha de peixe e farinha de tapioca; a mesma ração pode conter folhas de ciprestes. Em ambas as combinações excelentes resultados são esperados dessa inovação, registro CN104286397,
- Extração de cera, registro GB743052,
- Extração de pectina, registro CN106995501.

No Espacenet, há os seguintes registros para os tipos de produtos e coprodutos ora tratados:

- O Resíduo de sisal, fresco, é relatado em um método para produção de ração, registro CN109548985A;
- Método de extração de tigogenina e produção de fertilizante, registro CN113943338A;
- Método de preparação de pectina, registro CN108219027A ;
- Método para preparar saponina natural, registro CN101633685A;
- Método de produção de ração para gansos envolvendo farinha de milho, água, bactérias compostas, pó de palha de amoreira e o resíduo do sisal, registro CN104286523A;
- Método para extrair pectina, registro CN105906741A;
- Método de preparação de ração para animais não humanos, registro CN101785525A;
- Método para a produção de cogumelos, registro CN104381015A;
- Método de extração de substâncias ativas antioxidantes, registro CN106563043A,
- Método de produção de adubo orgânico de arroz, registro CN104355805A;
- Método para produção de fertilizante composto para cana-de-açúcar, registro CN104355806A;
- Método de produção de *pleurotus cornucopiae* usando resíduo de sisal, registro CN104429590A;
- Método para a produção de cogumelos cabeça de macaco, registro CN104429589A;
- Fertilizante para produção de *trichoderma harzianum*, registro CN105237146A;

Ou seja, o potencial produtivo, a partir da análise das patentes depositadas e dos relatos científicos precedentes, é notadamente subaproveitado no Brasil, podendo abrir caminho para uma nova realidade social, econômica e ambiental dos estabelecimentos produtores e, conseqüentemente, dos municípios e dos estados onde se localizam os estabelecimentos produtores e beneficiadores de *Agave sisalana*.

CONCLUSÕES

Ao buscar analisar os hábitos de consumo é fundamental buscar na ciência e na tecnologia os meios para otimizar os processos produtivos e, ciclicamente, alterar tais hábitos com a finalidade de perseguir e manter a sustentabilidade das cadeias produtivas e da utilização dos recursos naturais empregados no processo produtivo. Ao buscar na literatura científica e nas bases de patentes nacional e internacional é possível concluir que a lucratividade da atual cadeia produtiva da *Agave sisalana*, no Brasil, poderia estar melhor posicionada, com adequado e realístico apelo socioambiental, caso considerasse os direcionamentos promovidos pela produção científica e pelas inovações tecnológicas relatadas e possíveis.

Em meio às convulsões sociais e ambientais e da necessidade premente de mudanças nos eixos social, ambiental e econômico postos à comunidade internacional pela Agenda 2030 e pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, faz-se necessário não apenas popularizar os trabalhos aqui expostos como também buscar a modificação da cadeia produtiva da *Agave sisalana* pensando no futuro próximo e nas adaptações antrópicas necessárias para a sobrevivência dos seres vivos e do ecossistema econômico no qual se sustenta.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Dr^a Rosane Maria Pessoa Betânio Oliveira por sua contribuição motivacional deste trabalho.

Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia de abril a julho de 2023 e compõe o projeto macro intitulado Caracterização do Resíduo Agroindustrial Sólido de *Agave sisalana*: Potencialidades de Aplicação.

REFERÊNCIAS

- ABEBAYEHU, SG; ENGIDA, AM. Preparation of biocomposite material with superhydrophobic surface by reinforcing waste polypropylene with sisal (*Agave sisalana*) fibers. **International Journal of Polymer Science**, 2021, 1-15, 2021.
- ALDUCIN-MARTÍNEZ, C; *et al.* Uses, Knowledge and Extinction Risk Faced by Agave Species in Mexico. **Plants**, **12(1)**, 124, 2022.
- ANDRADE, R; ORNELAS, J; BRANDÃO, W. Situação atual do sisal na Bahia e suas novas possibilidades de utilização e aproveitamento. **Comunicação SEAGRI**, 14-19, 2021.
- ARAÚJO, NJS; *et al.* Evaluation of the antibacterial activity of hecogenin acetate and its inhibitory potential of NorA and MepA efflux pumps from *Staphylococcus aureus*. **Microbial Pathogenesis**, 174, 105925, 2023.
- BARRETO, SMAG; *et al.* In vitro and in vivo antioxidant activity of *Agave sisalana* agro-industrial residue. **Biomolecules**, **10(10)**, 1435, 2020.
- BENDJEFFAL, H; *et al.* Effect of the chelating agents on bio-sorption of hexavalent chromium using *Agave sisalana* fibers. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, **26(5)**, 984-992, 2018.
- BOTURA, MB; *et al.* In vivo anthelmintic activity of an aqueous extract from sisal waste (*Agave sisalana* Perr.) against gastrointestinal nematodes in goats. **Veterinary Parasitology**, **177(1-2)**, 104-110, 2011.
- BRANDÃO, LGN; *et al.* Valor nutricional de componentes da planta e dos coprodutos da *Agave sisalana* para alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, **63**, 1493-1501, 2011.
- CARMO, CO do; *et al.* Bioconversion of sisal agro-industrial waste into high protein oyster mushrooms. **Bioresource Technology Reports**, **14**, 100657, 2021.
- CARNEIRO, J. da S; *et al.* Biological activities of *Agave sisalana* with an emphasis on antimicrobial action: a literature review. **Research, Society and Development**, **10(3)**, e2510312734.
- CAVALCANTE, LF; *et al.* Produção e qualidade da graviola sob irrigação e cobertura do solo com resíduo de sisal. **Magistra**, **28(1)**, 91-101, 2016.

- CAVALCANTE, GT de O. Diagnóstico dos principais indicadores socioambientais do sisal no recorte geográfico de Pocinhos/PB. 2021. 121f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional - PPGDR) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2021.
- CHEGE, BM; *et al.* The significant antidyslipidemic, hypoglycemic, antihyperglycemic, and antiobesity activities of the aqueous extracts of *Agave sisalana* juice are partly mediated via modulation of calcium signaling pathways. **Heliyon**, **9(2)**, 2023.
- COSTA, MF; *et al.* Composição química e toxicidade foliar de extratos do resíduo líquido de sisal. **Magistra**, **26(3)**, 372-384, 2014.
- DAMASCENO, CL; *et al.* Postharvest biocontrol of anthracnose in bananas by endophytic and soil rhizosphere bacteria associated with sisal (*Agave sisalana*) in Brazil. **Biological Control**, **137**, 104016, 2019.
- GEBREMARIAM, DY; MACHIN, DH. Evaluation of sun dried sisal pulp (*Agave sisalana* Perrine) as feed for sheep in Eritrea. **Livest. Res. Rural Devel**, **20**, 2008.
- GONDIM, TM de S; *et al.* **Prospecção de genótipos de agave para obtenção de suco para bioinseticida**. In: SILVA-MATOS, RRS da; MORAES, LF; SILVA, FL de S (org.). Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia **3**. Ponta Grossa: Atena, 2022. cap. 12, p. 129-137.
- GUPTA, US; TIWARI, S; SHARMA, U. Mechanical and Surface Characterization of Sisal Fiber (*Agave sisalana*) After Cold Glow Discharge Oxygen Plasma Treatment. Research Square, 2022.
- GUTIÉRREZ, A; RODRIGUEZ, IM; DEL RÍO, JC. Chemical composition of lipophilic extractives from sisal (*Agave sisalana*) fibers. **Industrial crops and products**, **28(1)**, 81-87, 2008.
- HANDAJANI, J; *et al.* Effect of Sisal Nanofiber (*Agave sisalana*) as a Filling Material for Root Canal Sealer on Confluency and Viability of Fibroblast Cells Nih-3t3. **Journal of International Dental and Medical Research**, **15(4)**, 1541-1546, 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção de Sisal (fibra). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/sisal-fibra/ba>>. Acesso em: 09 jun. 2022.
- JESUS, FN; *et al.* Control of the banana burrowing nematode using sisal extract. **Agronomy for Sustainable Development**, **35**, 783-791, 2015.
- KIVAISI, A; MSHANDETE, A Exploring technological strategies for valorization of solid sisal waste: A research review. **Tanzania Journal of Science**, **43(1)**, 47-61, 2017.
- KONYO, AA; *et al.* The Potential of Valorized Sisal Decorticated Waste in Rearing of Black Soldier Fly. **Recycling**, **8(1)**, 1, 2022.
- LIMA, CSS. **Caracterização da composição Lignocelulósica do sisal (*Agave sisalana*) para produção de etanol**. 2013. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) - Departamento de Química, Universidade Federal de Campina Grande: Cuité, 2013.
- LUO, S; *et al.* Antioxidant Activity and Components of the Ethanol Extract of Sisal Waste. **International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics**, **9(4)**, 248-257, 2019.
- MARTIN, AR; *et al.* Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade *Agave sisalana*. **Polímeros**, **19**, 40-46, 2009.
- MARONE, MP; *et al.* Fungal communities represent the majority of root-specific transcripts in the transcriptomes of *Agave* plants grown in semiarid regions. **PeerJ**, **10**, p. e13252, 2022.
- MELO, KM de; *et al.* Study of the reuse potential of the sisal fibers powder as a particulate material in polymer composites. **Journal of Materials Research and Technology**, **8(5)**, 4019-4025, 2019.
- MELKAMU, A; KAHSAY, MB; TESFAY, AG. Mechanical and water-absorption properties of sisal fiber (*Agave sisalana*)-reinforced polyester composite. **Journal of Natural Fibers**, **16(6)**, 877-885, 2019.
- MESTRE, AS; *et al.* Chemically activated high grade nanoporous carbons from low density renewable biomass (*Agave sisalana*) for the removal of pharmaceuticals. **Journal of colloid and interface science**, **536**, 681-693, 2019.
- MOITINHO, MLB. **Supressão de meloidogyne javanica em tomateiro com aplicação de extratos de *Agave sisalana***. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.
- NEIRA, DSM. **Fibras de sisal (*Agave sisalana*) como isolante Térmico de Tubulações**. 2005. Dissertação de Mestrado. 79 f. Dissertação (Mestrado). Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal, 2005.
- NUNES, FC; *et al.* The larvicidal activity of *Agave sisalana* against L4 larvae of *Aedes aegyptii* is mediated by internal necrosis and inhibition of nitric oxide production. **Parasitology research**, **114**, 543-549, 2015.
- OLIVEIRA, JVA; *de et al.* Saponin-rich fraction from *Agave sisalana*: effect against malignant astrocytic cells and its chemical characterisation by ESI-MS/MS. **Natural product research**, **33(12)**, 1769-1772, 2019.
- PEDREIRA, EM. **Avaliação de silagens de mucilagem de sisal, aditivadas com fubá de milho e níveis crescentes de uréia**. 55f. Dissertação apresenta ao colegiado de Pós Graduação em Ciência animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia: Cruz das Almas, 2011.
- PINHEIRO, DN. **Silagem de mucilagem de sisal aditivada com farelo de algaroba**. 46f. Dissertação apresentada ao colegiado de Pós Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia: Cruz das Almas, 2019.

- PRABHU, P; *et al.* Study on machining parameters and mechanical properties of hybrid *Agave sisalana* and glass fiber-reinforced polyester composites (A/GFRP). **Journal of Natural Fibers**, **19(15)**, 11644-11657, 2022.
- PIZARRO, APB *et al.* O aproveitamento do resíduo da indústria do sisal no controle de larvas de mosquitos. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, **32**, 23-29, 1999.
- QUEIROGA, V. de P. **Sisal (*Agave sisalana* Perrine): Tecnologias de plantio e utilização**. Campina Grande, PB: AREPB, 2021.
- RAJU, J; MEHTA, R. Cancer chemopreventive and therapeutic effects of diosgenin, a food saponin. **Nutrition and cancer**, **61(1)**, 27-35, 2008.
- RAKESH, V; *et al.* A Review On Poisonous Plants: Medicinal Uses and Human Threats. **International Journal of Research in Engineering, Science and Management** **5(1)**, 98-103, 2022.
- SAADIA, A; *et al.* Effect of Water Absorption on the Behavior of Jute and Sisal Fiber Biocomposites at Different Lengths: ANN and RSM Modeling. **Journal of Natural Fibers**, **20(1)**, 2140326, 2023.
- SANTIAGO, D; RODRÍGUEZ, N; MOGOLLÓN, G. Potencial papelero de la fibra de sisal (*Agave sisalana*). **Rev. Forest. Venez**, **46(2)**, 19-27, 2002.
- SANTOS, RDP; *et al.* Consumo e desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas que continham coprodutos do desfibramento do sisal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, **63**, 1502-1510, 2011.
- SANTOS, L dos; *et al.* **Método de obtenção de composto gel anti-inflamatório contendo extrato de agave sisalana perrine (sisal) encapsulado em quitosana e gel anti-inflamatório resultante**. Patente BR 10 2020 025761-7 INPI: 2022.
- SEMBIRING, T; SINAGA, AS. Effect of Mass Addition on Physical Properties and Mechanical Properties of *Agave sisalana* Fiber Composites-Epoxy. **Journal of Technomaterial Physics**, **4(1)**, 10-17, 2022
- SILVA, RAR da; *et al.* Controle alternativo de *Fusarium oxysporum* com a utilização de extratos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, **27(1)**, 2022.
- SILVA LOPES, R da; *et al.* Toxicity of *Agave sisalana* extracts on *Cordyceps* and their effect and the association with fungi on *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae). **Revista Colombiana de Entomología**, **48(2)**, 2022.
- SILVA, AM; *et al.* Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação animal. **Comunicata Scientiae**, **5(4)**, 370-379, 2014.
- SILVA, EAM. **Implicações do uso de aditivos sobre as características fermentativas de silagens de mucilagem de sisal**. 2019. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.
- SILVA FILHO, JAA. **Obtenção de um extrato rico em saponinas a partir do resíduo industrial de *Agave sisalana* para aplicação na indústria cosmética**. 2022. 23f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - Departamento de Farmácia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.
- SHAHZAD, S; *et al.* Physiological and biochemical attributes of *Agave sisalana* resilient adaptation to climatic and spatio-temporal conditions. **Pak. J. Bot.** **54(1)**, 169-178, 2022.
- VASCONCELOS, GR de. **Utilização da fibra de sisal (*Agave sisalana*) como bioadsorvente do corante têxtil violeta cristal**. 2020. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal da Paraíba: João Pessoa, 2020
- YULIANTI, T. The importance of soil biodiversity for sustaining the development of sisal in Sumbawa and Sumba with special reference to soil-borne pathogens. *In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **743(1)**, 012029, 2021.
- ZUKARNAIN, F; *et al.* The Effect of Addition of *Agave sisalana* Fiber and Sikacim Concrete Additive on Tensile Strength and Concrete Absorption. **Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**, **5(2)**, 200-205, 2022.

