



Syagrus coronata: processo de conversão de biomassa em bioprodutos energéticos

MACEDO, José Eduardo Santana¹; SANTANA, Hortência Elucielly Pereira²;
SANTOS, Samara de Jesus¹; SILVA, Isabelly Pereira¹; RUZENE, Denise Santos^{1,2,3};
SILVA, Daniel Pereira^{1,2,3,4*}

¹ Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe

² Rede Nordeste de Biotecnologia, Universidade Federal de Sergipe

³ Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Sergipe

⁴ Programa de Pós-Graduação em Ciências da Propriedade Intelectual, Universidade Federal de Sergipe

* Autor de correspondência. E-mail: silvadp@hotmail.com

RESUMO

A *Syagrus coronata* é uma palmeira nativa do Nordeste brasileiro, típica do clima semiárido e detentora de potencial para se tornar uma matéria-prima primordial na geração de bioprodutos importantes para a transição energética. A biomassa é uma fonte energética versátil, sendo possível, por meio de processos eficientes como gaseificação e fermentação, ser convertida em diferentes formas de energia. Posto isto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão das aplicações dos resíduos oriundos da *Syagrus coronata*, por meio do processo de conversão da biomassa em compostos com valor energético. Foi observado que a biomassa proveniente da *S. coronata* apresentou diversas aplicações, tais como: a remoção de poluentes, tanto da água como do solo pela produção de adsorventes; utilização na agricultura como corretivo e melhoramento de solos, promovendo a fertilidade e capacidade de retenção da água e nutrientes no solo; e produção de biocombustível e de bioquerosene utilizando o óleo de licuri. Por fim, tem-se que é imprescindível o avanço tecnológico e estudos contínuos para explorar as aplicações e características físico-químicas desses resíduos, buscando alternativas sustentáveis dado aos problemas relacionados à escassez de recursos fósseis e degradação do meio.

Palavras-chave: *Syagrus coronata*; Biochar; Fonte de energia renovável; Resíduos.

Syagrus coronata: process of biomass conversion into energy bioproducts

ABSTRACT

Syagrus coronata is a palm tree native to Northeastern Brazil, typical of the semi-arid climate and with potential to become a primary raw material for generating bioproducts important in the energy transition. Biomass is a versatile energy source, which through efficient processes, such as gasification and fermentation, can be converted into different forms of energy. Therefore, the objective of this work was to perform a review regarding the applications of *Syagrus coronata* residues when converted into compounds with energy values. It was observed that the biomass from *S. coronata* presented several applications, such as pollutants removal from both water and soil by the production of adsorbents; use in agriculture for soil correction and improvement, which increase fertility, water retention capacity, and nutrients in the soil; and biofuel and biokerosene production using the licuri oil. Finally, it is essential to continue the technological advancement and studies to explore the applications and physicochemical characteristics of these residues, searching for sustainable alternatives to fossil resources.

Keywords: *Syagrus coronata*; Biomass; Renewable energy source; Waste.

1 Introdução

A baixa disponibilidade e os problemas causados pelo consumo de combustíveis fósseis, como a emissão de gases poluente e degradação do meio ambiente, intensificaram a procura por alternativas economicamente viáveis e sustentáveis para a produção de biocombustível (SANTOS; ALENCAR, 2020). Essa preocupação é observada no estudo de Tsiliyannis e Tsiliyannis (2019), que procura substituir o combustível fóssil, como carvão ou coque de petróleo, por derivado de resíduos alimentares domésticos na obtenção de bioenergia.

A biomassa é uma fonte energética utilizada mundialmente com capacidade de renovação e diversas rotas aplicações devido a disponibilidade global significativa. Para McKendry (2002) a possibilidade de ser processada por diferentes meios de conversão termoquímicos e biológicos, como a gaseificação e fermentação, é o que a torna a biomassa ainda mais atrativa para o mercado mundial. No entanto, a depender do tipo de biomassa, o pesquisador aponta que os processos de conversão podem alternar em eficiência de modo que, a gaseificação pode ser mais eficiente na produção energética em comparação com a combustão, bem como o processo de fermentação pode resultar em uma melhor qualidade do combustível em relação à combustão e gaseificação.

A demanda por fontes alternativas energéticas é crescente e impulsionada pela necessidade de consolidar cadeias produtivas sustentáveis, tendo como opção, frente à esta finalidade, a utilização dos resíduos oriundos da *Syagrus coronata* (Martius) Beccari. Esta é uma palmeira da família Arecaceae sendo típica do clima semiárido e nativa da região Nordeste brasileira, estando também presente no estado de Minas Gerais (LA SALLES *et al.*, 2010). Comumente chamada de “licuri” ou “ouricuri”, esta palmeira pode ser usada em diversas aplicações como em fontes energéticas e na produção de adsorvente, que por sua vez tem aplicação na remoção de poluente como o diclofenaco de sódio (SANTOS *et al.*, 2020a). Assim, o *Syagrus coronata* detém potencial de se tornar um recurso renovável para a produção a baixo custo de compostos com valor industrial, tornando a atividade mais lucrativa e reduzindo a emissão de gases do efeito estufa.

Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão das aplicações dos resíduos provenientes da *Syagrus coronata*, por meio do processo de conversão de biomassa para recursos energéticos e compostos químicos. Os resultados obtidos fornecerão informações importantes que contribuirão para o desenvolvimento e investigação do potencial desta biomassa.

2 Fontes de energia renováveis

Desde a Revolução Industrial, com o uso de máquinas a vapor, até o surgimento de mais novas tecnologias, há uma crescente demanda por fontes de energia para suprir os meios produtivos. Lund (2007) sugere que para continuar com os avanços tecnológicos é necessário reduzir o consumo, implementar estratégias para tornar a produção energética mais eficiente e substituir a energia não renovável por energia renovável. Isso se deve, segundo Afgan *et al.* (1998), pela correlação entre o consumo de energia e redução da capacidade ambiental, pois conforme aumenta a procura por fontes de energia, a matéria-prima torna-se cada vez mais escassa mundialmente.

A dependência energética dos recursos fósseis, principalmente de importação, e a eminência de uma possível escassez de recursos naturais, corroboram diretamente com um cenário de vulnerabilidade. Em vista dessa situação, por exemplo, foi necessário que a União Europeia adotasse novos e mais agressivos investimentos direcionados aos usos de fontes de energia renovável, de modo que pudessem contribuir significativamente com a melhoria da segurança energética e, por consequência, a estabilidade política e ambiental (BIGERNA *et al.*, 2021). No Brasil, segundo Pereira *et al.* (2012), as políticas adotadas têm dado resultados significativos para que o país seja líder no desenvolvimento de fontes de energia renováveis. Além da matriz energética composta por hidroelétricas, do plantio de cana-de-açúcar para a produção de etanol e uso da biomassa para a produção de biodiesel, há também a expansão da geração de energia eólica e solar (GIBSON *et al.*, 2019).

Mesmo diante da urgência em descarbonizar os sistemas produtivos, a demanda por fonte de energia renovável ainda não corresponde com a velocidade de transição energética. Gielen *et al.* (2019) destacaram um cenário global de incerteza nas soluções que os países podem adotar nos setores de transporte e da indústria, em que a eletrificação tem aplicação limitada. Entre outras fontes, a biomassa surge como opção bastante estratégica para contribuir com a descarbonização, dado a capacidade de produção de bioenergia e biocombustível. Com isso, Vijay *et al.* (2022) ressaltam a necessidade de medidas pública-privada que visam o incentivo à pesquisa, produção e coleta da biomassa, o que além de retardar as mudanças climáticas, permitirá fortalecer a segurança energética e atender setores com dificuldades na eletrificação.

3 Biomassa oriunda da *Syagrus coronata*

A biomassa pode ser oriunda de diversas fontes, incluindo plantações, resíduos florestais, alimentícios e da indústria de material básico, como papel e celulose. Em geral, na composição da biomassa, a celulose representa o maior percentual estrutural, seguida da hemicelulose e lignina, que ocorrem em menores proporções (SINGH *et al.*, 2017). Entretanto, conforme apontado por Patel *et al.* (2016), a proporção destas moléculas varia pelo tipo de biomassa, sendo que em média, a biomassa contém cerca de 40 a 50% de celulose, 20 a 30% de hemicelulose e 10 a 25% de lignina. Além disso, conforme evidenciado pela análise elementar de 86 tipos de biomassa, os elementos mais comumente encontrados são carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, cálcio, potássio, silício e magnésio em maiores quantidades, enquanto o alumínio, enxofre, ferro, fósforo, cloro, sódio, manganês e titânio estão presentes em níveis mais baixos (VASSILEV *et al.*, 2010).

De acordo com Koul *et al.* (2022) para que ocorra uma mudança positiva no serviço público e satisfação da população permitindo o crescimento econômico, tem-se que valorizar os resíduos agrícolas para que estes garantam a viabilidade do sistema econômico levando em consideração a bioeconomia, garantindo assim a sustentabilidade e recuperação energética dos recursos renováveis. O processo de conversão de biomassa aprecia os resíduos agroindústrias por serem matéria-prima na produção de biocombustíveis e de bioprodutos (HOU *et al.*, 2020).

Dentro deste contexto, o fruto licuri, proveniente da palmeira da *Syagrus coronata*, apresentou um grande potencial para combustíveis de abastecimento da frota de aviação. A conversão do óleo de licuri atingiu 39,6%, enquanto o biodiesel de licuri alcançou 48,6%, com taxa de rendimento em torno de 32,3% e 39,2%, respectivamente. Nesse sentido, a alta seletividade de 81,6% de n-alcanos favorece a alta compatibilidade do bioquerosene produzido por meio do biodiesel de licuri (ARAÚJO *et al.*, 2019). Além disso, utilizando a pirólise do pericarpo do fruto licuri, Fernandes *et al.* (2022) investigaram a utilização dos resíduos da planta em questão para atender outras finalidades de importância industrial, obtendo um inibidor de corrosão para o aço carbono em meio ácido.

4 Aplicações de resíduos da *Syagrus coronata* na via energética

O biochar é um material rico em carbono obtido pelo processo de conversão térmica da biomassa na ausência ou em baixas quantidades de oxigênio, possuindo diversas aplicações, em especial, como corretivo de solos, na retenção da água e nutrientes (TAN *et al.*, 2015). Conforme destacado por Yadav *et al.* (2023), a produção com uso do biochar pode aumentar

significativamente as culturas e reduzir os custos em comparação com os fertilizantes tradicionais. Resíduos de licuri também tiveram seu potencial investigado na obtenção deste bioproduto, sendo relatado por Peixoto *et al.* (2022) que o biocarvão obtido de resíduos do pericarpo da *Syagrus coronata* apresentou uma alta capacidade de adsorção para isoniazida de soluções aquosas, superando outros adsorventes tradicionais. Em outro estudo, Santos *et al.* (2020b) propuseram a descontaminação de diclofenaco de sódio da água a partir de um adsorvente formado por um compósito de dupla camada de hidróxido sobre biochar de *Syagrus coronata*. Lima *et al.* (2019) propuseram remover o azul de metileno por meio do biochar a partir do endocarpo proveniente da *Syagrus coronata*, em processos baseados em Fenton para a regeneração de biochar da biomassa de *Syagrus coronata* usada como adsorvente de corante (Lima *et al.*, 2019). Esses achados fornecem alternativas eficiente e com potencial para o tratamento de água contaminadas. Além disso, na agricultura, o biocarvão pirolisado derivado do endocarpo de ouricuri sendo usado como adsorvente se tornou uma opção viável, pois tem contribuído na melhoria do solo para práticas agrícolas, seja em relação a fertilidade, a capacidade de retenção de água, na remoção de contaminantes (SANTOS *et al.*, 2020a) ou mesmo na redução da atividade microbiana do solo (LI *et al.*, 2018).

Segundo Iha *et al.* (2014), os resíduos oleaginosos da *Syagrus coronata* são uma fonte de energia renovável para a produção de biocombustíveis. O estudo feito por Pinto *et al.* (2012) destacam o alto teor de óleo obtido do fruto ouricuri da palmeira S. Coronata com potencial de se tornar matéria-prima para a produção de biodiesel, sendo uma importante fonte energética, em outro estudo Araújo *et al.* (2019) notaram que o biodiesel formado a partir do óleo de licuri têm aspectos físico-químico compatível para a produção de bioquerosene, sendo esse produto é satisfatório pois não será preciso fazer mudanças nos motores para adequação do combustível. Desse modo, a redução dos custos na produção de biocombustíveis utilizando óleos vegetais aumenta a lucratividade das operações, favorecendo a transição de fonte de energia renovável o que incentiva investimentos e mais pesquisas na área.

Um dado importante para a escolha de um combustível é o valor calorífico. Nesse caso, La Salles *et al.* (2010) sugerem misturar o óleo obtido das amêndoas da *Syagrus coronata* com o óleo de babaçu na produção de biodiesel ou petrodiesel, com a finalidade de usar como combustível em motores a diesel.

5 Perspectivas futuras

Neste trabalho, foram apresentadas as aplicações da *Syagrus coronata* como fonte de energia renovável em diversos setores como agronegócio, elétrico, água e saneamento, industrial. Dessa forma, com base nos achados e nas aplicações, é possível impulsionar o crescimento sustentável ao utilizar a *Syagrus coronata* no processo de conversão de biomassa, visto que é altamente renovável e sem dificuldade para ser amplamente cultivada.

Entretanto, para viabilizar a utilização comercial da *Syagrus coronata* na geração de bioprodutos, é crucial realizar estudos de forma contínua das características físico-químicas da biomassa para continuar com o avanço tecnológico com ênfase nas aplicações dos resíduos como matéria-prima de processos biotecnológicos. Tal ação estimulará a bioeconomia circular e favorecerá para encontrar e expandir as soluções sustentáveis.

6 Considerações finais

Este trabalho buscou apresentar e contribuir com a identificação de alternativas que promovam o desenvolvimento sustentável e utilização de recursos de origem renovável para transição dos setores energéticos e industriais. Com isso, apresentou-se uma breve revisão do uso dos resíduos oriundos da palmeira *Syagrus coronata* por meio da conversão de biomassa para a produção de biochar, bioenergia, dentre outros produtos e finalidades. As aplicações englobaram a utilização de adsorvente para descontaminação de diferentes substâncias da água; na agricultura, onde o biochar é adicionado no solo para remover diferentes tipos de contaminantes, aumentar a fertilidade e a capacidade de retenção de água no solo e também na produção de biocombustível, sendo esta uma alternativa para o consumo de combustível a partir de óleos vegetais e bioquerosene para aviação.

Agradecimentos

Os autores reconhecem a assistência financeira das agências brasileiras de fomento à pesquisa como Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) sob o Código Financeiro 001, fundação brasileira vinculada ao Ministério da Educação (MEC), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), fundação brasileira vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE) e a Universidade Federal de Sergipe pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/UFS).

Referências bibliográficas

AFGAN, N. H.; GOBAISI, D. A.; CARVALHO, M. G.; CUMO, M. Sustainable energy development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.2, p.235-286, 1998.

ARAÚJO, P. H. M.; MAIA, A. S.; CORDEIRO, A. M. T. M.; GONDIM, A. D.; SANTOS, N. A. Catalytic Deoxygenation of the Oil and Biodiesel of Licuri (*Syagrus coronata*) To Obtain n-Alkanes with Chains in the Range of Biojet Fuels. **ACS Omega**, v.4, p.15849-15855, 2019.

BIGERNA, S.; D'ERRICO, M. C.; POLINORI, P. Energy security and RES penetration in a growing decarbonized economy in the era of the 4th industrial revolution. **Technological Forecasting and Social Change**, v.166, e120648, 2021.

FERNANDES, C. M.; OLIVEIRA, P. C. O.; PINA, V. G. S. S.; PEIXOTO, B. S.; MASSANTE, F. F.; VELOSO, M. C. C.; ROMEIRO, G. A.; MORAES, M. C.; PONZIO, E. A. Pyrolysis of *Syagrus coronata*: Transforming agroindustrial waste into a new environmentally sustainable corrosion inhibitor. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v.29, 100751, 2022.

GIBSON, L.; WILMAN, E. N.; LAURANCE, W. F. Ho Green is "Green" Energy? **Trends in Ecology & Evolution**, v.32, p.992-935, 2017.

GIELEN, D.; BOSHELL, F.; SAYGIN, D.; BAZILIAN, M. D.; WAGER, N.; GORINI, R. The role of renewable energy in the global energy transformation. **Energy Strategy Reviews**, v.24, p.38-50, 2019.

HOU, J.; ZHANG, X.; LIU, S.; ZHANG, S.; ZHANG, Q. A critical Review no Bioethanol and Biochar Production from Lignocellulosic Biomass and Their Combined Application in Generation of High-Value Byproducts. **Energy Technology**, v.8, n. 5, 2020.

IHA, O. K.; ALVES, F. C. S. C.; SUAREZ, P. A. Z.; OLIVEIRA, M. B. F.; MENEGHETTI, S. M. P.; SANTOS, B. P. T.; SOLETTI, J. I. Physicochemical properties of *Syagrus coronata* and *Acrocomia aculeata* oils for biofuel production. **Industrial Crops and Products**, v.62, p.318-322, 2014.

KOUL, B; YAKOOB, M.; SHAH, M. P. Valorization of agro-industry residues. **Environmental Reserach**, v.206, e112285, 2022.

LI, Y.; LI, Y.; CHANG, S. X.; Y, Y.; FU, S.; JIANG, P.; LUO, Y.; YANG, M.; CHEN, Z.; HU, S.; ZHAO, M.; LIANG, X.; XU, Q.; ZHOU, G.; ZHOU, J. Biochar reduces soil heterotrophic respiration in a subtropical plantation through increasing soil organic carbon recalcitrancy and decreasing carbon-degrading microbial activity. **Soil Biology and Biochemistry**, v.122, p.173-185, 2018.

LIMA, R. S.; ZANTA, C. L. P. S.; MEILI, L.; LINS, P. V. S.; SANTOS, G. E. S.; TONHOLO, J. Fenton-based processes for the regeneration of biochar from *Syagrus coronata* biomass used as dye adsorbent. **Desalination and Water Treatment**, v.162, p.391-398, 2019.

LUND, P. D. Upfront resource requirements for large-scale exploitation schemes of new renewable technologies. **Renewable Energy**, v.32, p.442-458, 2007.

MCKENDRY, P. Energy production from biomassa (part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology**, v.83, p.37-46, 2002.

PATEL, M.; ZHANG, X.; KUMAR, A. Techno-economic and life cycle assessment on lignocellulosic biomass thermochemical conversion technologies: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.53, p.1486-1499, 2016.

PEIXOTO, B. S.; MOTA, L. S. O.; OLIVEIRA, P. C. O.; VELOSO, M. C. CUNHA.; ROMEIRO, G. A.; MORAES, M. C. Highly Functionalized Microporous Activated Biochar from *Syagrus coronata* Waste: Production, Characterization, and Application in Adsorption Studies. **Wastewater Treatment via the Adsorption Method**, v.14, 2022.

PEREIRA, M. G.; CAMACHO, C. F.; FREITAS, M. A. V.; DA SILVA, N. F. The renewable energy market in Brazil: Current status and potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.16, p.3786-3802, 2012.

PINTO, L. F.; SILVA, D. I. S.; SILVA, F. R.; SANTOS, V. B.; SOLETTI, J. I.; CARVALHO, S. H. V. Assessment of the feasibility of different oil sources to biodiesel production. **Acta Scientiarum Technology**, v.34, p.227-231, 2012.

SANTOS, G. E. SOUZA.; IDE, A. H.; DUARTE, J. L. S.; MCKAY, G.; SILVA, A. O. S.; MEILI, L. Adsorption of anti-inflammatory drug diclofenac by MgAl/layered double hydroxide supported on *Syagrus coronata* biochar. **Powder Technology**, v.364, p. 229-240, 2020b.

SANTOS, L. E. R.; MEILI, L.; SOLETTI, J. I.; DE CARVALHO, S. H. V.; RIBEIRO, L. M. O.; DUARTE, J. L. S.; SANTOS, R. Impact of temperature on vacuum pyrolysis of *Syagrus coronata* for biochar production. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 22, p. 878-886, 2020a.

SANTOS, R. G.; ALENCAR, A. C. Biomass-derived syngas production via gasification process and its catalytic conversion into fuels by Fischer Tropsch synthesis: A review. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.45, p.18114-18132, 2020.

SINGH, Y.D.; MAHANTA, P.; BORA, U. Comprehensive characterization of lignocellulosic biomass through proximate, ultimate and compositional analysis for bioenergy production. **Renewable Energy**, v.103, p.490-500, 2017.

TAN, X.; LIU, Y.; ZENG, G.; WANG, X.; HU, X.; GUI, Y.; YANG, Z; Application of biochar for the removal of pollutants from aqueous solutions. **Chemosphere**, v.125, p.70-85, 2015.

LA SALLES, K T. S.; MENEGHETTI, S. M. P.; FERREIRA DE LA SALLES, W.; MENEGHETTI, M. R.; DOS SANTOS, I. C. F.; DA SILVA, J. P. V.; DE CARVALHO, S. H. V.; SOLETTI, J. I. Characterization of *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. oil and properties of methyl esters for use as biodiesel. **Industrial Crops and Products**, v.32, p.518-521, 2010.

TSILIGIANNIS, A.; TSILYANNIS, C. Renewable energy in cement manufacturing: A quantitative assessment of energy and environmental efficiency of food residue biofuels. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.107, p.568-586, 2019.

VASSILEV, S. V.; BAXTER, D.; ANDERSEN, L. K.; VASSILEVA, C. G. An overview of the chemical composition of biomass. **Fuel**, v.89, p.913-933, 2010.

VIJAY, V.; KAPPOR, R.; SINGH, P.; HILOIDHARI, M.; GHOSH, P. Sustainable utilization of biomass resources for decentralized energy generation and climate change mitigation: A regional case study in India. **Environmental Research**, v.212, e113257, 2022.

WILD, P. J.; DEN UIL, H.; REITH, J. H.; KIEL, J. H. A.; HEERES, H. J. Biomass valorisation by staged degasification: A new pyrolysis-based thermochemical conversion option to produce value-added chemicals from lignocellulosic biomass. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v.85, p.124-133, 2009.

YADAV, S. P. S.; BHANDARI, S.; BHATTA, D.; POUDEL, A.; BHATTARAI, S.; YADAV, P.J.; GHIMIRE, N.; PAUDEL, P.; PAUDEL, P.; SHRESTHA, J.; OLI, B. Biochar application: A sustainable approach to improve soil health. **Journal of Agriculture and Food Research**, v.11, e100498, 2023.