

12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DA *VELLOZIA squamata pohl* (CANELA-DE-EMA): ANÁLISE COMPARATIVA DE BIOMASSAS PARA PRODUÇÃO DE BIO-ÓLEO

AUTORES: João Pedro Calheira Bonfim¹, Luciene Santos de Carvalho, Carlos Augusto de Moraes Pires, Leila Maria Aguilera Campos

INSTITUIÇÃO: Escola Politécnica/Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil. Instituto de Química/Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil. Núcleo de Química Verde/Escola de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Salvador, Salvador, Brasil

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DA *VELLOZIA squamata pohl* (CANELA-DE-EMA): ANÁLISE COMPARATIVA DE BIOMASSAS PARA PRODUÇÃO DE BIO-ÓLEO

Resumo

A crescente demanda por técnicas e mecanismos que empregam matérias-primas renováveis está ganhando destaque mundial, impulsionada pela produção de bioprodutos e pela geração de energia. Essas iniciativas, com seus benefícios ambientais e econômicos, promovem a expansão de políticas públicas que incentivam a descarbonização atmosférica e fomentam a diversificação da matriz energética, reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis. No Brasil, uma variedade de biomassas tem sido utilizada em processos termoquímicos tais como, combustão, pirólise, gaseificação e liquefação hidrotérmica, apresentando resultados promissores na produção de energia. O bioóleo, derivado desses processos, pode ser refinado por métodos como a hidrodesoxigenação para aprimorar suas propriedades ou empregado diretamente como combustível. Apesar do bom desempenho ambiental e qualitativo do bioóleo, sua produção global ainda é limitada, o que dificulta o desenvolvimento de novos processos. Este estudo tem como objetivo realizar uma análise das propriedades das biomassas que possuem potencial para a produção de bioóleo, por meio de uma análise comparativa, visando identificar semelhanças com as propriedades específicas da *VELLOZIA squamata pohl* (Canela de Ema), uma planta encontrada no cerrado com notável potencial de combustão. Essa abordagem permitirá uma compreensão mais abrangente das características das matérias-primas utilizadas na produção de bio-óleo, destacando variações e semelhanças em relação às propriedades da Canela de Ema (CE). Esse conhecimento será valioso para o aproveitamento potencial desta planta na produção de bioenergia. Ao revisar a literatura disponível, busca-se fornecer informações detalhadas sobre a composição e qualidade de diversas fontes naturais de bio-óleo. Esse estudo é crucial para o avanço do conhecimento no campo da bioenergia, pois identifica variações e semelhanças nas propriedades dos materiais analisados, como a Canela de Ema. Assim, pretende-se entender melhor o potencial dessas matérias-primas na produção de bioenergia, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e sustentáveis. As pesquisas sobre biomassa com potencial para a produção de bioóleo foram bem-sucedidas, identificando a espécie *Caryocar brasiliense*, que obteve o melhor rendimento na obtenção de bio-óleo dentre as outras espécies encontradas e, além disso, possui uma estrutura lignocelulósica semelhante ao descoberto na *VELLOZIA squamata pohl*, destacando assim a capacidade desta última para a produção de bioóleo.

Palavras-chave: planta, canela de ema, bioóleo, bioenergia,

Abstract

The growing demand for techniques and mechanisms that employ renewable raw materials is gaining global prominence, driven by the production of bioproducts and energy generation. These initiatives, with their environmental and economic benefits, promote the expansion of public policies that encourage atmospheric decarbonization and encourage the diversification of the energy matrix, reducing dependence on fossil fuels. In Brazil, a variety of biomasses have been used in thermochemical processes such as combustion, pyrolysis, gasification and hydrothermal liquefaction, presenting promising results in energy production. Bio-oil, derived from these processes, can be refined by methods such as hydrodeoxygenation to improve its properties or used directly as fuel.

Despite the good environmental and qualitative performance of bio-oil, its global production is still limited, which makes the development of new processes difficult. This study aims to carry out an analysis of the properties of biomasses that have the potential for the production of bio-oil, through a comparative analysis, aiming to identify similarities with the specific properties of *VELLOZIA squamata pohl* (Emu Cinnamon), a plant found in the cerrado with notable combustion potential. This approach will allow a more comprehensive understanding of the characteristics of the raw materials used in bio-oil production, highlighting variations and similarities in relation to the properties of Emu Cinnamon (CE). This knowledge will be valuable for the potential use of this plant in the production of bioenergy. By reviewing the available literature, we seek to provide detailed information on the composition and quality of various natural sources of bio-oil. This study is crucial for advancing knowledge in the field of bioenergy, as it identifies variations and similarities in the properties of the materials analyzed, such as Emu Cinnamon. Thus, the aim is to better understand the potential of these raw materials in the production of bioenergy, contributing to the development of more efficient and sustainable technologies. Research on biomass with potential for bio-oil production was successful, identifying the species *CARYOCAR brasiliense*, that obtained the best yield in obtaining bio-oil among the other species found and, in addition, has a lignocellulosic structure similar to that discovered in *VELLOZIA squamata pohl*, thus highlighting the latter's capacity for bio-oil production.

Keywords: plant, emu cinnamon, bio-oil, bio-energy.

Introdução

O aumento da demanda global por energia leva a um consumo elevado de combustíveis fósseis, resultando em graves problemas ambientais e na iminente escassez desses recursos. Nesse contexto, a busca por fontes renováveis, como a biomassa, é altamente valorizada e apresenta um caminho promissor para a comercialização em larga escala, contribuindo para uma matriz energética mais sustentável e menos dependente de combustíveis fósseis (NAGAPPANA *et al.*, 2021).

As fontes de biomassa incluem resíduos de madeira, culturas energéticas, plantas, culturas agrícolas e resíduos municipais e animais, cujos materiais são considerados fontes valiosas para a produção de combustíveis e matérias-primas. Além de possibilitar a geração de biocombustíveis de primeira geração, como bioetanol e biodiesel, essas fontes também podem ser usadas para produzir bioóleo através de processos termoquímicos, como a pirólise e a liquefação hidrotérmica (GALLAKOTA *et al.*, 2018).

Dentre estas duas tecnologias, destaca-se a liquefação hidrotérmica (LHT), um processo de conversão de energia que transforma biomassa em combustíveis líquidos utilizando altas temperaturas e pressões superiores à pressão de saturação da água. Este processo envolve reações como despolimerização, quebra de ligações, rearranjo e descarboxilação, resultando na conversão da biomassa sólida em componentes oleosos (NI *et al.*, 2022). A LHT oferece várias vantagens, principalmente por empregar a água como solvente, o que é ambientalmente amigável e, além disso, é considerada uma estratégia mais eficiente e com menor consumo energético em comparação com a pirólise por conta das suas propriedades físico-químicas (CUNHA, 2022).

O bio-óleo é um produto marrom de alta intensidade, acidez, viscosidade e com maior quantidade de compostos oxigenados (MOHAN *et al.*, 2024). Suas propriedades dependem significativamente dos parâmetros operacionais e das características da matéria-prima utilizada. É fundamental manter uma

proporção adequada entre solvente e biomassa para evitar uma baixa eficiência no processamento da matéria-prima, o que poderia acarretar prejuízos econômicos (SCARSELLA *et al.*, 2020). Como o bio-óleo é uma mistura complexa de compostos oxigenados como álcoois, ácidos carboxílicos, aldeídos, cetonas, fenóis e cerca de 30% de água, esses componentes são responsáveis pela redução dos seus poderes caloríficos e de combustão, o que impossibilita seu uso direto como combustível (HAN *et al.*, 2019; MACHADO, 2018). Para resolver esse problema, uma alternativa consiste em realizar uma hidrodesoxigenação, um processo que utiliza gás hidrogênio para diminuir o alto teor de oxigênio, visando a produção de hidrocarbonetos como principais produtos (LEITE, 2022).

Atualmente, há uma grande busca por biomassas aplicáveis à produção de biocombustíveis, especialmente no Cerrado, um bioma que, ao longo de sua história, tem enfrentado graves problemas ambientais com queimadas recorrentes, proporcionando desafios significativos no combate às chamas (DA COSTA & RODRIGUES, 2021). Esse problema é particularmente notório em locais onde a *VELLOZIA squamata Pohl* (Canela de Ema) se faz presente.

De Almeida & Gomes (2012) analisaram os atributos inflamáveis da *VELLOZIA squamata* (Canela de Ema, CE) por meio de extração com solvente e obtiveram um extrato resinoso que, ao ser exposto a uma chama, incinerou-se, permanecendo aceso por um longo período. Esses resultados indicam a presença de componentes na planta que não apenas impedem a extinção da chama, mas também revelam um notável poder calorífico desses elementos. Nesse contexto, a CE demonstra grande potencial para ser empregada como matéria-prima na produção de bio-óleo devido às suas propriedades inflamáveis e à presença significativa de carbono em sua estrutura.

Existem estudos que exploram o potencial de diversas plantas do cerrado para a produção de bio-óleo. Um exemplo é o estudo realizado por De Souza & Do Vale (2019), que analisaram espécies de plantas do cerrado afetadas por incêndios. Eles identificaram o capim-flexa (*ECHINOLAENA inflexa*) como uma espécie de alta inflamabilidade, devido ao seu elevado teor de compostos voláteis. Essa característica torna o capim-flexa uma opção promissora para a produção de bio-óleo, considerando suas propriedades químicas favoráveis.

Dado o potencial inflamável de certas espécies do Cerrado, é essencial aumentar a visibilidade deste bioma, pois ele oferece biomassas com propriedades valiosas para a produção de bio-óleo. Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial energético de *VELLOZIA squamata* (conhecida como Canela de Ema) e realizar uma análise comparativa das biomassas para produção de bio-óleo. Este estudo permitirá uma compreensão mais detalhada das características das matérias-primas utilizadas na produção de bio-óleo, identificando tanto as similaridades quanto as diversidades nas propriedades da Canela de Ema.

Metodologia

A metodologia foi baseada na coleta de dados de artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, no período compreendido entre 2013 e 2024. As ferramentas utilizadas foram Web of Science (www.webofscience.com), Science Direct (www.sciencedirect.com), Scielo (www.scielo.org), Scopus (www.scopus.com) e Google Acadêmico (scholar.google.com), que apresentam trabalhos relevantes na área de bioenergia através do aproveitamento de biomassas para a produção de biocombustíveis.

Inicialmente foram pesquisados, publicações científicas dos processos de obtenção do bio-óleo que já estão consagradas na literatura (2013-2024). Pode-se constatar que os principais métodos encontrados foram a combustão, pirólise, gaseificação e a liquefação hidrotérmica. Conforme a busca, foi identificado que a partir do período de 2009-2016 houve um crescimento expressivo de artigos, dissertações e teses publicados. Esse evento pode representar a grande movimentação das instituições e dos pesquisadores em busca de novos métodos para gerar o aproveitamento das biomassas como fontes renováveis com potenciais para substituir os combustíveis fósseis. A partir daí, foi realizada então uma nova busca acrescentando as palavras-chave (*characterization, lignocellulosic, production, bio-oil, biomass*) que, juntas, limitaram os resultados aos dados que se desejavam encontrar.

Para o tipo de biomassa, foram esquematizadas as espécies que fazem parte do cerrado brasileiro, por conta da característica do bioma de enfrentar rotineiramente incêndios, particularizando as biomassas com alto poder de combustão e potenciais produtores de biocombustíveis. Dessa forma, perceberam-se muitas publicações da *CARYOCAR brasiliense*, seguido de *COCOS nucifera* e *EUCALYPTUS*. Foram encontradas também outras espécies, entretanto, não apresentaram análises mais profundas da biomassa. E desse modo, buscou-se comparar os dados de cada espécie que produziram bio-óleo com a Canela de ema (*VELLOZIA squamata pohl*) para confirmar seu potencial na produção de bio-óleo.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os teores em fração mássica (%) dos principais constituintes das espécies presentes no cerrado que possuem potencial para a produção de bio-óleo.

Tabela 1: Teores dos principais constituintes das espécies com potencial para produção de bio-óleo

Espécie	Lignina	Celulose	Hemicelulose	Cinzas	Carbono Fixo	Voláteis	Rendimento Bio-óleo	Referências
VELLOZIA squamata pohl	27,75	30,00	38,00	0,99	66,00	34,00	-	Bonfim et al. (2024)
CORYLUS avellana	30,20	12,00	-	1,50	20,60	68,70	12,40	Carmona et al. (2024)
CARYOCAR brasiliense	25,71	36,30	5,35	2,82	25,27	-	51,50	Guimarães et al. (2022)
PSIDIUM guajava	10,12	48,71	11,52	0,76	67,04	-	17,10	Nascimento (2016)
HARCONIA speciosa	10,16	17,07	22,57	1,87	-	-	35,33	Santos (2014)
EUCALYPTUS sp.	-	-	-	0,30	-	83,30	49,00	Torri (2013)
PICEA abis	-	-	-	0,10	-	83,60	50,00	Torri (2013)
COCOS nucifera	31,77	35,88	10,81	1,76	11,22	77,83	18,10	Figueiredo et al. (2011)

Carmona et al. (2024) destacaram que elevados teores de lignina são indicativos para a produção de bio-óleo, obtendo-se um rendimento aceitável. Eles realizaram uma análise dos teores de carbono fixo, voláteis e cinzas, concluindo que o alto teor de carbono é vantajoso para a produção de bio-óleo. Além disso, os materiais lignocelulósicos, como a *VELLOZIA squamata*, são considerados matérias-primas valiosas para a geração de bioenergia. De forma similar, Figueiredo et al. (2011) identificaram teores comparáveis de lignina e cinzas, porém o rendimento de bio-óleo foi superior.

Nascimento (2016) e Santos (2014) identificaram teores de lignina quase idênticos, além de maiores teores de celulose e hemicelulose em suas análises. Esses estudos confirmaram que uma maior quantidade de celulose e hemicelulose é benéfica para o rendimento do bio-óleo. Além disso, um

baixo teor de lignina é favorável, pois, além de interferir negativamente no rendimento, eleva a viscosidade e promove a formação de compostos com alta massa molecular no bio-óleo, como destacado por Santos *et al.* (2020).

Os baixos teores de cinzas encontrados por Viana *et al.* (2017) são considerados positivos, pois indicam pouca variação e confirmam que muitas espécies do Cerrado apresentam baixos teores de cinzas. Segundo Torri (2013), os teores de cinzas não devem ultrapassar 3% para evitar a separação de fases no bio-óleo durante a estocagem, uma vez que as cinzas atuam como catalisadores naturais, promovendo a quebra de biopolímeros e aumentando a produção de gases e água.

A espécie *CARYOCAR brasiliense* mostrou o melhor rendimento em bio-óleo, sendo semelhante aos resultados encontrados por Bonfim *et al.* (2024), que realizaram uma caracterização química e análise imediata da Canela de Ema (*VELLOZIA squamata pohl*), destacando teores de lignina, celulose e cinzas próximos, o que confirma seu potencial na produção de bio-óleo.

Conclusões

Os teores de lignina, cinzas, carbono fixo e voláteis encontrados nas diferentes espécies estudadas demonstram um potencial promissor para a produção de bio-óleo. Entre elas, a espécie *CARYOCAR brasiliense* destacou-se por apresentar um teor aceitável de lignina, elevado teor de celulose e baixo teor de cinzas, resultando no melhor rendimento de bio-óleo. Esses resultados são ainda mais encorajadores quando comparados aos teores da *VELLOZIA squamata pohl*, que mostram características semelhantes e indicam um potencial significativo para a produção de bio-óleo. Essa análise comparativa ressalta a importância emergente e a valorização da *VELLOZIA squamata pohl* como uma nova fonte de biomassa sustentável e eficiente para a produção de bio-óleo. Além disso, destaca-se o potencial das espécies do cerrado, ainda pouco estudadas, que apresentam propriedades fundamentais para o avanço na área de bioenergia.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (PRH/ANP – PRH36/UFBA), suportado com recursos provenientes do investimento de empresas petrolíferas qualificadas na Cláusula de PD&I da Resolução ANP nº 50/2015, ao PPEQ (Programa de Pós Graduação em Engenharia Química), Núcleo de Química Verde (NQV), à Universidade de Salvador (Campus Tancredo Neves) e ao Instituto Brasileiro de Tecnologia e Regulação, pela utilização dos espaços do laboratório.

Referências Bibliográficas

CARMONA, R. J., RIQUELME, A. A., GONZALEZ, G. European Hazelnut Shell as a Source of Extractives and Bio-oil. **Chemical Engineering Transactions**, v. 109, p. 349-354, 2024.

CUNHA, H.N. **Processamento sequencial de endocarpo de BUTIA capitata por meio de hidrólise com água subcrítica e liquefação hidrotérmica para obtenção de derivados líquidos e sólidos**. 2022. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.

DA COSTA, I.G., RODRIGUES, W.F. Danos ambientais provocados por incêndios no cerrado: uma análise entre os anos de 2004 e 2019 no parque nacional da serra da canastra – MG. **Revista Ensaios de Geografia**, Niterói, v.7, n.14, p.163-188.2021.

DE ALMEIDA, A. M., GOMES, L.L. Extração e caracterização espectrométrica de substâncias extraídas de *Vellozia squamata* (canela de ema). **Intercursos Revista Científica Ciências Exatas**, Ituiutaba, v.11, n.2, p.163-169, 2012.

DE SOUZA, M.A., DO VALE, A.T. Levantamento de plantas de baixa inflamabilidade em áreas queimadas de Cerrado no Distrito Federal e análise das suas propriedades físicas. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.29, n.1, p.181-192, jan. 2019.

FIGUEIREDO, A.L. **Pirólise termoquímica de pós da fibra de coco seco em um reator de cilindro rotativo para a produção de bio-óleo**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo, Meio Ambiente na Indústria de Petróleo (MAP).

GOLLAKOTA, A. R. K.; KISHORE, N.; GU, S. A review on hydrothermal liquefaction of biomass. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 1378-1392, 2018.

GUIMARÃES, M. G. et al. Extraction and characterization of pequi seed oil for biodiesel production: A green management of waste to biofuel using ethanol and heterogeneous catalysis. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 33, n. 04, p. 327-339, 2022.

LEITE, D. S. **The effect of metallic and oxidized phases of the catalyst on acetone hydrodeoxygenation**. 2022. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas Instituto de Química.

HAN, Y., GHOLIZADEH, M., TRANC, C. C., KALIAGUINEC, S., LID, C., OLARTEE, M., PEREZ, M. G. Hydrotreatment of pyrolysis bio-oil: A review. **Fuel Processing Technology**, v. 195, p. 106-140, 2019.

MACHADO, M. A. **Produção de biocombustíveis a partir da hidroxigenação de moléculas derivadas da pirólise da biomassa empregando Mo₂C suportado**. 2018. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa de Engenharia, Programa de Engenharia Química.

MOHAN, I. *et al.* An insight on upgrading of biomass pyrolysis products and utilization: current status and future prospect of biomass in India. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 14, n. 5, p. 6185-6203, 2024.

NAGAPPAN, S. *et al.* Catalytic hydrothermal liquefaction of biomass into bio-oils and other value-added products—A review. **Fuel**, v. 285, p. 119053, 2021.

NASCIMENTO, J.S. **Caracterização e melhoramento de bio-óleo proveniente de semente de GOIABA-*PSIDIUM guajava* L.** 2016. Tese (Doutorado) - Universidade Federal De Sergipe, Centro De Ciências Exatas E Tecnologia, Departamento De Química Rede Nordeste De Biotecnologia – Renorbio.

NI, J. *et al.* A review on fast hydrothermal liquefaction of biomass. **Fuel**, v. 327, p. 125135, 2022.

SANTOS, R. M. *et al.* Pyrolysis of the Caupi Bean Pod (*Vigna unguiculata*): Characterization of biomass and bio-oil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 31, n. 6, p. 1125-1136, 2020.

SANTOS, R.M. **Produção e caracterização de bio-óleo a partir de resíduo agroindustrial de semente de mangaba**. 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal De Sergipe.

SCARSELLA, M.; DE CAPRARIIS, B.; DAMIZIA, M.; DE FILIPPIS, P.. Heterogeneous catalysts for hydrothermal liquefaction of lignocellulosic biomass: A review. **Biomass and Bioenergy**, v. 140, p. 105662, 2020.

TORRI, I.D.V. **Caracterização de bio-óleos obtidos por pirólise da serragem EUCALYPTUS sp. (hardwood) e PICEA abies (softwood) utilizando as técnicas de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VIANA, N.A.; GRUIMARÃES, M.G.; BRASIL, A.C. de M.; DO VALE, A.T.; DE MACEDO, J.L.; GHESTI, G.F. Gaseificação da casca do jatobá-do-cerrado: caracterização e comparação entre simulação e ensaios laboratoriais. **Revista Brasileira de Energia**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 82-103, 2017.