

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO RESÍDUO DA BIOMASSA DA ALGAROBA PARA FINS DE ESTUDOS ENERGÉTICOS

Ingrid Lélis Ricarte Cavalcanti¹
Isaac Anderson Alves de Moura²
Arturo Dias da Cruz³
Marta Célia Dantas Silva⁴
Riuzuani Micheli Bezerra Pedroza Lopes⁵

RESUMO

Com a expansão energética, o uso da biomassa se estabelece como uma das fontes para produção de energia, e isto ocorre desde os primórdios da sociedade, destacando-se como pioneira em relação aos combustíveis fósseis. As diversas opções de beneficiamento da biomassa para o seu uso energético fomentam a necessidade de estudos acerca do seu potencial e características físico-químicas, a fim obter um melhor aproveitamento desta matéria-prima. Partindo disto, o presente trabalho concerne na caracterização química e energética do resíduo da biomassa da espécie Algaroba (*Prosopis juliflora*), proveniente da poda arbórea do município de João Pessoa – PB. Com as análises realizadas encontrou-se que a média do poder calorífico superior das amostras do resíduo da algaroba foi de 18,94 MJ/Kg, maior que o poder calorífico de diversos combustíveis sólidos de origem vegetal, evidenciando a possibilidade do seu uso como produto energético.

Palavras-chave: *Prosopis juliflora*, Poder Calorífico, Poda arbórea.

INTRODUÇÃO

Com a expansão energética, o uso da biomassa se estabelece como uma das fontes para produção de energia, e isto ocorre desde os primórdios da sociedade, destacando-se como pioneira em relação aos combustíveis fósseis. No Brasil o setor elétrico, o de exploração e produção de petróleo e gás natural, o de biocombustíveis líquidos e biomassa buscam trazer a sustentabilidade em seus critérios e procedimentos, com intuito de convergência entre o tripé econômico, social e ambiental.

¹Mestranda do Curso de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, ingrid_lelis@hotmail.com;

² Mestrando do Curso de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, isaacmoura@cear.ufpb.br;

³ Mestrando do Curso de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, arturo.dias@gmail.com;

⁴ Professora doutora do Departamento de Engenharia de Energias Renováveis da UFPB, marta.cds@cear.ufpb.br;

⁵ Professora doutora do Departamento de Engenharia de Energias Renováveis da UFPB, riuzuani@cear.ufpb.br;

Em relação ao uso da biomassa, considera-se as variadas características físico-operativas para obtenção de insumos energéticos. O Plano Decenal de Expansão de Energia 2019 apresentou os valores associados a Evolução da Capacidade Instalada por fonte de Geração em MegaWatt (Quadro 1) mostrando a participação das diversas fontes de geração de energia elétrica. E ao que concerne ao uso da biomassa energética, estando entre as quatro principais fontes, ficando atrás de Hidroelétrica, Gás Natural e Óleo Combustível. A respeito da produção de energia elétrica a partir de biomassa, associamos a combustão como processo de conversão desta em energia mecânica, e logo depois em energia elétrica.

Quadro 1 – Evolução da Capacidade Instalada por Fonte de Geração (MW)

FORNTE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
HIDRO ^(a)	83.169	85.483	86.295	88.499	89.681	94.656	100.476	104.151	108.598	116.699
URÂNIO	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	3.412	3.412	3.412	3.412	3.412
GÁS NATURAL	8.860	9.356	9.856	11.327	11.533	11.533	11.533	11.533	11.533	11.533
CARVÃO	1.765	2.485	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205
ÓLEO COMBUSTÍVEL	3.380	4.820	5.246	8.864	8.864	8.864	8.864	8.864	8.864	8.864
ÓLEO DIESEL	1.728	1.903	1.703	1.356	1.149	1.149	1.149	1.149	1.149	1.149
GÁS DE PROCESSO	687	687	687	687	687	687	687	687	687	687
PCH	4.043	4.116	4.116	4.516	5.066	5.566	5.816	6.066	6.416	6.966
BIOMASSA	5.380	6.083	6.321	6.671	7.071	7.421	7.621	7.771	8.121	8.521
EÓLICA	1.436	1.436	3.241	3.641	4.041	4.441	4.841	5.241	5.641	6.041
TOTAL^(b)	112.455	118.375	122.676	130.774	133.305	140.935	147.605	152.080	157.628	167.078

Notas: Os valores da tabela indicam a potência instalada em dezembro de cada ano, considerando a motorização das UHE.

Fonte: EPE, 2018.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2018), em diversos outros processos esse recurso pode ser utilizado para produzir energia de forma mais sustentável, como:

- ✓ Biodigestão: geração de biogás, a partir do processo de digestão anaeróbica de materiais orgânicos;
- ✓ Gaseificação: abrangendo a converção de insumo sólido – a biomassa - em gases de síntese, que podem ser utilizados para fornecimento de energia em motores e turbinas.
- ✓ A combustão direta: ocorrência da combustão direta de insumos sólidos e secos, utilizando bagaço, palhas de diversas biomassas, os resíduos agrícolas, as cascas e resíduos sólidos urbanos;
- ✓ Briquetes / Pellets: compactação de determinadas biomassas, favorecendo o aumento de sua eficiência energética, geralmente utiliza-se bagaço e palhas de cana-de-açúcar,

as palhas de soja e de milho, os resíduos, as cascas (arroz e café) e resíduos sólidos urbanos. E estes devem possuir uma umidade baixa, para favorecer sua utilização;

- ✓ Biocombustíveis Líquidos: o etanol e o biodiesel atendem não só no fornecimento de combustível para veículos leves e pesados, mas também atendem na geração de energia elétrica, porém não com tanta representatividade.

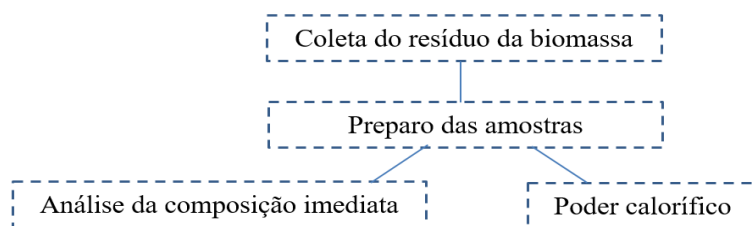
As diversas opções de beneficiamento da biomassa para o seu uso energético fomentam a necessidade de estudos acerca do seu potencial e características físico-químicas, a fim obter um melhor aproveitamento desta matéria-prima. Alguns estudos que podem ser previamente realizados são associados ao de quantidade de energia do material e a sua composição de umidade, cinzas, materiais voláteis e carbono fixo.

Diante do exposto, o presente trabalho concerne na caracterização química e energética do resíduo da biomassa da espécie Algaroba (*Prosopis juliflora*), proveniente da poda arbórea do município de João Pessoa – PB.

METODOLOGIA

O presente trabalho formulou-se com o intuito de caracterizar quimicamente e energeticamente o resíduo da podagem da biomassa exótica da *Prosopis juliflora* a partir das seguintes etapas metodológicas (Figura 1):

Figura 1: Fluxograma metodológico



Preparo das amostras

A biomassa residual foi coletada diretamente após a podagem realizada pelo serviço “Poda Programada” oferecido pela prefeitura do município de João Pessoa – PB (Figura 2). Após coleta, o material foi levado para o Laboratório de Carvão Ativado da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, passando pelo processo de moagem. Inicialmente, os galhos de

maior diâmetro foram passados em uma forrageira (Figura 3) e o pó resultante desse processo foi encaminhado para o moinho de facas. Em seguida, o pó foi peneirado em uma malha de 100 mesh possibilitando a classificação do material para as análises posteriores.

Figura 2: Coleta do material



Figura 3: Resíduo moído



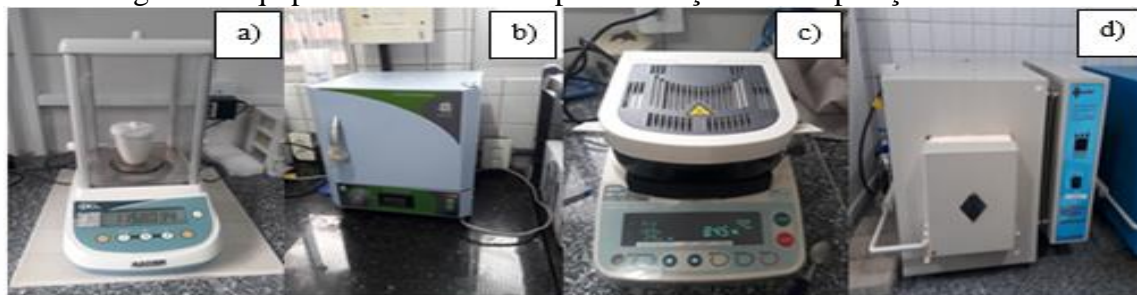
Fonte: autores, 2019.

Análise imediata

O estudo da composição imediata tem como função quantificar a massa de alguns teores presentes na biomassa e dependendo do procedimento realizado algumas quantificações podem ser destoadas umas das outras. Expressa-se os valores da umidade (U), material volátil (MV), carbono fixo (CF) e teor de cinzas (CZ).

Para realização dessas análises, o resíduo foi levado para o Laboratório de Materiais e Química Ambiental - LABMAQ da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, no qual os teores de U, MV, CF, CZ foram analisados em triplicata. E para cada uma destas, utilizou-se 1 g da biomassa seca em estufa a $100\pm 5^{\circ}\text{C}$, e seguiu-se as orientações das normas ASTM E1755:2007 e ASTM E872 para estudos da composição imediata de biomassas (Figura 4).

Figura 4: Equipamentos utilizados para obtenção da composição imediata



a) Balança de precisão; b) Estufa; c) Balança de umidade; d) Forno tipo mufla.
Fonte: autores, 2019.

Poder calorífico

O Poder Calorífico pode ser expresso através de análises em uma bomba calorimétrica ou pelos cálculos expressados a partir da análise elementar do material. Nesse caso, as análises do Poder Calorífico foram realizadas no LABMAQ da UFPB, no qual considerou-se a norma ASTM D2015, obtendo-se a duplicata das amostras de algaroba em base seca, que foram inseridas em um sistema calorimétrico, no qual a biomassa foi queimada em um ambiente fechado, na presença de oxigênio e mergulhada em uma massa de água de temperatura monitorada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da Composição Imediata

A Tabela 1 apresentou os resultados para as análises imediatas da algaroba, nas quais foram processados as folhas e galhos.

Tabela 1: Caracterização da composição imediata

Análises	Algaroba
Umidade	10,45%
Cinzas	8,75%
Material volátil	26,11%
Carbono fixo	65,14%

- Umidade:

Em relação aos resultados considerando a espécie *Prosopis juliflora*, a média encontrada para umidade foi de 10,45%, considerando o processamento do pó, folhas e galhos. Este valor destoa de forma elevada dos valores de Silva *et al.* (2001), que elencou uma série de amostras de pó e farelo de algaroba, os valores encontrados foram de 0,990% para o pó e de 1,350% para o farelo. Porém se mostra bem inferior aos teores médios encontrados por Cunha (2012), troncos de algaroba com 45,68% e galhos e folhas com 50,71%. Quanto menos o teor de U, mais eficiente será o processo de combustão empregado. pois os teores de água serão consumidos mais rapidamente, favorecendo a ignição do material.

- Cinzas:

O teor de CZ foi resultante da queima dos componentes orgânicos e da oxidação dos inorgânicos na mufla, submetido ao controle de temperatura. A média encontrada para os teores de CZ foram de 8,75%. Os valores encontrados por Silva *et al.* (2001) foram de 3,57% para o pó e de 3,09% para o farelo, já Cunha (2012) obteve o teor de cinzas de 0,58% com variação de 9,87%.

Os teores de CZ influenciam no poder calorífico da biomassa, dificultando a troca de calor, e Vale *et al.* (2011) ainda acrescenta sobre o comprometimento dos processos combustivos quando esses teores são superiores à 7%. Além disso, as cinzas de um processo de combustão podem se tornar um passivo ambiental se manejadas inadequadamente, porém Melo *et al.* (2018) menciona a reaproveitamento das cinzas para produção de cal, também para enriquecimento nutricional do solo e substituição em produtos da construção civil.

- Material volátil:

O valor associado ao MV da algaroba foi de 26,11%, em outras espécies encontradas na vegetação exótica da Caatinga, analisadas por Silva *et al.* (2018), apresentou valores mais elevados, como nas amostras de *Myracrodruon urundeuva* com 33,87% e amostras de *Leucaena leucocephala* com 31,34% de MV. Os valores deste parâmetro correspondem a queima na fração gasosa durante o processo de combustão, expressando a rapidez na reatividade e na ignição do material (WIONZEK, 2014). Duarte (2012) encontrou valores de 86,96% para suas amostras de algaroba; Enfim, determina a facilidade com que uma biomassa queima.

- Carbono Fixo:

O teor de CF está associado aos resultados de cinzas e de materiais voláteis, sendo inversamente proporcional a este último. Este valor infere a respeito da quantidade de calor gerada e o seu comportamento durante a combustão.

A média dos valores de CF encontrados por Pereira e Lima (2002), nas seis variações da espécie *Prosopis* estudadas, foi de 73,6%. Cunha (2012) encontrou 13,24% para a algaroba, ele remetou o baixo valor de carbono fixo devido aos altos percentuais de materiais voláteis. A média dos resultados encontrados durante as análises das amostras de algaroba proveniente do

resíduo da poda foram de 65,14%. Faz-se interessante valores de carbono fixo elevados, demonstrando o processo de combustão mais lento, logo mais eficiente (VASSILEV *et al.*, 2010).

Poder Calorífico

Os valores associados ao Poder Calorífico Superior (PCS) são comumente relacionados ao potencial energético da biomassa para substituto derivados fósseis, pois refletem a quantidade de energia produzida na forma de calor, durante o processo de combustão do material. A média do poder calorífico das amostras de algobora estudadas foram de 18,94 MJ.Kg⁻¹, na tabela 2 foram dispostos alguns resultados de PCS de alguns combustíveis sólidos para efeito de comparação.

Tabela 2: Poder Calorífico Superior de outros estudos

Espécie	Autor	PCS (MJ/Kg ⁻¹)
ALGABORA (<i>Prosopis Juliflora</i>)	Carneiro Junior (2015)	16,33
	Pereira e Lima (2002)	20,65
	Amostras de algobora analisadas em estudo.	18,94
Carvão vegetal	Couto <i>et al.</i> (2004)	28,45
Eucalipto	Menezes (2013)	25,00
Bagaço de cana	Vieira (2012)	15,54
Lenha	Klautau (2008)	12,958
Pinus	Menezes (2013)	17,23
Média dos combustíveis sólidos de origem vegetal	Cortez <i>et al.</i> (2008)	15,70

Fonte: Autores, 2019.

O resultado do PCS do resíduo da poda da algobora foi mais elevado que a média de espécies de madeiras realizada por Couto *et al.* (2004), porém inferior ao do carvão vegetal, também estudado pelo mesmo autor. Pereira e Lima (2002), encontraram um PCS médio de 20,65 para mesma biomassa. Pode-se associar a inferioridade do PCS do resíduo em estudo devido ao elevada média dos teores de umidade encontrados (10,45%), pois quanto maior o valor da umidade mais energia será gasta para consumir a água presente no material. Ainda que o resíduo da algobora possua PCS inferior ao do Carvão Vegetal (28,45), ele possui superioridade a média do PCS dos combustíveis sólidos de origem vegetal, que foram analisados por Cortez *et al.* (2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados analíticos da composição imediata da algaroba propiciam informações para entender como o processo de combustão pode ocorrer, visto que cada um dos teores influencia durante o mesmo. O PCS da biomassa de estudo apresentou resultados satisfatórios quando comparados com demais combustíveis sólidos de origem vegetal, apresentando viabilidade de uso como produto energético, tal média de PCS poderia ser ainda mais elevada caso tivesse teores de umidade mais reduzidos. A biomassa residual da poda da espécie Algaroba poderia ser empregado em processos de combustão, por ter valores de carbono fixo e materiais voláteis que favorecem tal condição.

REFERÊNCIAS

- ASTM. D2015. **Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Adiabatic Bomb Calorimeter**, 2000.
- ASTM. E1755. **Test Method for Ash in Biomass**, 2001.
- ASTM. E872. **Test Method for Volatile Matter in the Analysis of Particulate Wood Fuels**, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8633: determinação do poder calorífico superior. Rio de Janeiro, 1984.
- CARNEIRO JUNIOR, J. A. DE M. Desenvolvimento experimental de um reator em batelada para torrefação de biomassa. 2015. 73 f. (Dissertação.) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.
- COUTO, L. C; COUTO, L; WATZLAVIC, L. F; FARINHA, L. Vias de valorização energética. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 1, 2004.
- CUNHA, A. B. Análise das propriedades físicas, mecânicas e energéticas da parte aérea e tronco de algaroba (prosopis juliflora). 2012. 40 f. **Monografia**. (ENGENHARIA FLORESTAL) - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, BRASÍLIA, 2012.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Papel da Biomassa na Expansão da Geração de Energia Elétrica. **Documento de Apoio ao PNE 2050**, [S. 1.], 2018.

KLAUTAU, J. V. P. **Análise Experimental de uma Fornalha a lenha de Fluxo Cocorrente Para Secagem de Grãos**. Dissertação (mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) PPGERHA, UFPR. Curitiba: 2008.

MELO, M. C. S.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R.; FERREIRA, H. C.; NÓBREGA, A. C. V.; MARINHO, E. P. Cal produzida a partir de cinza de biomassa rica em cálcio. **Cerâmica**, [S. l.], 2018.

MENEZES, M. J. S. **Poder calorífico e análise imediata da maravalha de pinus (pinus sp) e araucária (araucaria angustifolia) de reflorestamento como resíduos de madeira**. 65 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, CASCAVEL, 2013

PEREIRA, J. C. D.; LIMA, P. C. F. Comparação da qualidade da madeira de seis espécies de algarobeira para produção de energia. **Colombo**, [S. l.], ed. n. 45, 2002. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/152661/1/Paulo.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2019.

SILVA, S. A. DA; SOUZA, A. G.; CONCEIÇÃO, M. M. DA; ALENCAR, A. L. S.; PRASAD, S.; CAVALHEIRO, J. M. O. Estudo termogravimétrico e calorimétrico da algaroba. **Química Nova**, [S. l.], v. 24, n. 4, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v24n4/a06v24n4>. Acesso em: 13 jul. 2019.

SILVA, L. L. H. da; Oliveira, E. de; Calegari, L.; Pimenta, M. A. C.; Pimenta, A. S.; Dantas, M. K. L. Características energéticas do carvão vegetal de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, 2018.

VALE, A.T; MENDES, R.M.; AMORIM, M.R.S.; DANTAS, V.F.S. Potencial Energético da Biomassa e Carvão Vegetal do Epicarpo e da Torta de Pinhão Manso (*Jatropha curcas*). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, 2011.

VASSILEV, S. V. An overview of the organic and inorganic phase composition of biomass. **Fuel**, v.89, n.5, p. 1-33. 2011.

VASSILEV, S. V. An overview of the chemical composition of biomass. **Fuel**, v. 89, n. 5, p. 913–933, 2010.

VIEIRA, A. C. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas**. 72 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, CASCAVEL, 2012.

WIONZEK, F. B. **Influência do espaçamento nas propriedades energéticas e biomassa de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. 76 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, área de concentração em Biocombustíveis) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, GUARAPUAVA, 2014.