



## APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE PODA DE ÁRVORES PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETES

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.I-019>

Astrogildo Pires Bernardo<sup>1</sup> (\*), Juan Carlos Valdés Serra<sup>2</sup>, Álison Moreira da Silva<sup>3</sup>, Fabíola Martins Delatorre<sup>4</sup>, Ananias Francisco Dias Júnior<sup>5</sup>

\* Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Agroenergia (PPGA/UFT). E-mail: [astrogildo.bernardo@mail.uft.edu.br](mailto:astrogildo.bernardo@mail.uft.edu.br).

### RESUMO

A Concessionária de energia do Tocantins gera em torno de 10.000 toneladas de resíduos anuais, com a poda da arborização junto a rede elétrica. O problema é que o descarte desse resíduo ainda é um desafio, podendo causar poluição ambiental e visual. Nesse sentido, a aplicação energética, através da combustão desse material, pode ser uma alternativa a esses resíduos, atribuindo valorização ao passo que permite a geração de energia de forma sustentável. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar o potencial energético dos resíduos de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch (oiti) oriundos da manutenção da rede elétrica. Para isso, os resíduos coletados na cidade de Palmas, Tocantins, foram moídos, homogeneizados e briquetados para posterior determinação da densidade aparente, umidade, resistência mecânica, poder calorífico, densidade à granel e densidade energética. Os briquetes produzidos obtiveram densidade aparente (1.318,78 kg/m<sup>3</sup>), umidade (9,05 %) e resistência mecânica (2,14 MPa) resultando em um produto de alta densidade aparente, umidade ideal e boa resistência mecânica. O poder calorífico superior (19,38 MJ/Kg) e a densidade energética (5,08 GJ/m<sup>3</sup>) apresentaram-se apropriados à aplicação energética. Os resultados apontaram que o material possui baixa densidade a granel (313,1 kg/m<sup>3</sup>) porém, alta densidade aparente após a compactação. Dessa forma, os resíduos de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch possuem potencial ao reaproveitamento na geração de energia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poda de árvores, Biocombustíveis sólidos, Biomassa compactada, Briquetes.

### ABSTRACT

The Tocantins Energy Concessionaire generates around 10,000 tons of residual waste, with the pruning of trees along the power grid. The problem is that the disposal of this waste is still a challenge, and can cause environmental and visual gases. In this sense, the energy application, through the combustion of this material, can be an alternative to these residues, attributing valorization while allowing the generation of energy in a sustainable way. Thus, this study aimed to evaluate the energy potential of *Licania tomentosa* Benth. Fritsch (oiti) residues originating from the maintenance of the electrical network. For this, the residues collected in the city of Palmas, Tocantins, were ground, homogenized and briquetted for later experiment of the apparent density, humidity, mechanical resistance, calorific value, bulk density and energetic density. The produced briquettes obtained apparent density (1,318.78 kg/m<sup>3</sup>), humidity (9.05%) and mechanical resistance (2.14 MPa) produced in a product of high apparent density, ideal humidity and good mechanical resistance. The superior calorific value (19.38 MJ/Kg) and energy density (5.08 GJ/m<sup>3</sup>) were adopted as appropriate for energy application. The results showed that the material has low density in bulk (313.1 kg/m<sup>3</sup>) but high apparent density after compaction. Thus, *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch residues have potential for reuse in energy generation.

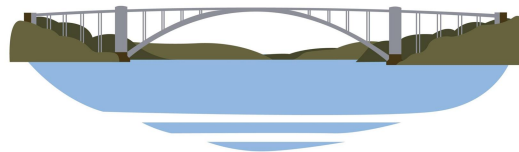
**KEY WORDS:** Tree pruning, Solid biofuels, Compacted biomass, Briquettes

### INTRODUÇÃO

Estima-se que a atividade de distribuição de energia elétrica no Estado do Tocantins gera em torno de 10.000 toneladas de resíduos por ano, tendo em vista a poda da arborização junto a Rede de Distribuição. O descarte inadequado deste resíduo pode ocasionar sérios impactos ambientais (Ribaski, 2019).

Além dos problemas ambientais causados, os resíduos comprometem grandes áreas para o descarte e alto custo com transporte. O tratamento adequado deste insumo pode ser a solução para mitigar a quantidade de resíduos e, consequentemente a redução da pressão exercida ao meio ambiente (Karmakar et al., 2023).

A biomassa vegetal pode ser utilizada para obtenção de energia de duas formas: i) tradicional, obtida por meio da combustão direta da madeira para cocção, secagem e produção de carvão; ou ii) moderna, obtida por meio de



tecnologias avançadas de conversão, como pirólise de biomassa, geração de eletricidade por meio do gás de síntese ou na produção de biocombustíveis sólidos por adensamento (pellets e briquetes) (Silva et al., 2022).

O principal problema da utilização dos resíduos de poda de árvores para geração de energia é a baixa densidade energética. Uma forma eficaz de solucionar esse problema é a compactação da biomassa, ou seja, produção briquetes. Os briquetes são biocombustíveis à base de biomassa vegetal moída e compactada em alta pressão. O produto obtido possui alta densidade energética e boa resistência mecânica, vantagens que viabiliza o transporte e o armazenamento (Garcia et al., 2018). Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo investigar as propriedades físicas, químicas e energéticas de briquetes produzidos a partir de resíduos de *Licania tomentosa* (Benth). Fritsch (Oiti).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os briquetes foram confeccionados no Laboratório de Energia da Biomassa, do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (LEB/DCFM), Jerônimo Monteiro/Espírito Santo/Brasil, a partir de resíduos de podas urbanas de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch oriundos da manutenção das Redes de Distribuição da Concessionária Energisa, Palmas/Tocantins/Brasil. Os resíduos da arborização urbana utilizados nesse trabalho compreendem folhas, galhos finos e galhos médios de Oiti, onde todos os resíduos foram analisados de maneira conjunta, sem a separação entre as frações coletadas. A biomassa coletada passou pelo processo de secagem ao ar livre por um período de 21 dias. Após a secagem, a biomassa foi submetida ao processo de moagem para melhor homogeneização das partículas, com uma peneira de corte de 5 mm. Devido aos melhores resultados de compactação, provenientes de testes prévios, para cada briquete adotou-se 20 g de biomassa, temperatura de 90 °C, tempo de compactação de 5 min, tempo de resfriamento de 5 min e pressão de 90 Bar. Após a prensagem, os briquetes foram secos ao ar até atingirem o equilíbrio com o ambiente, evidenciado pelas medidas de massa constante.

A determinação da densidade aparente do briquete foi definida de acordo com a Norma ASTM 5057-17 (ASTM, 2017). A umidade do material foi determinada de acordo com a Norma D1762-84 (ASTM, 2021b). A Resistência à Tração por Compressão Diametral (RTCD) foi baseado em um método brasileiro chamado “Diametrical Compression Test”, em que a compressão foi realizada no sentido diametral do briquete (perpendicular ao sentido da compactação da biomassa).

O poder calorífico superior (PCS) da biomassa foi determinado de acordo com a Norma DIN 51900 (DIN, 2000), em uma bomba calorimétrica, modelo IKA C200. A partir do poder calorífico superior foi calculado o poder calorífico inferior (PCI), de acordo com a Equação 1.

$$PCI = PCS - 600 \frac{9H}{100} \quad (1)$$

Em que:

PCI= Poder Calorífico Inferior (MJ/Kg);

PCS= Poder Calorífico Superior (MJ Kg-1);

%H= Teor de Hidrogênio (considerado 6 % para este trabalho).

Já o poder calorífico útil (PCU) foi determinado de acordo com Equação 2, utilizando os valores de PCI e umidade do material.

$$PCU = PCI(1 - U) - 600U \quad (2)$$

Em que:

PCU = poder calorífico útil (kcal kg<sup>-1</sup>);

PCI = poder calorífico inferior (kcal kg<sup>-1</sup>), obtido pela subtração PCS - 304 (energia de formação de vapor d'água);

U = umidade (%), base úmida.

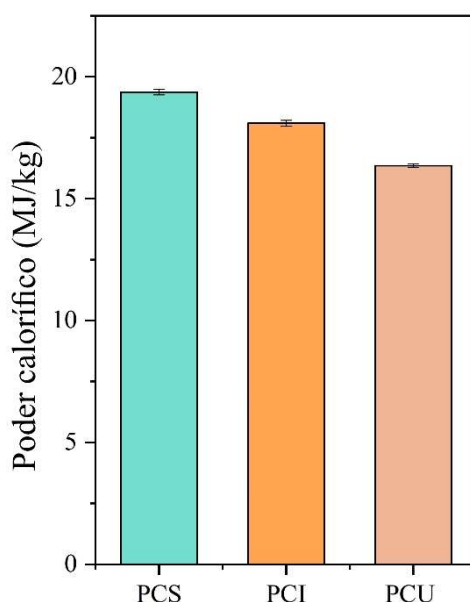
A densidade a granel foi definida de acordo com a Norma ASTM 5057-17 (ASTM, 2017) com o auxílio de um recipiente cúbico de volume conhecido (128 cm<sup>3</sup>). A densidade energética (DE) foi calculada multiplicando o valor do PCU pelo valor da densidade à granel dos resíduos. Por fim, foi realizada uma estatística descritiva dos dados, com o objetivo de verificar as medidas de tendência central dos dados, onde foram avaliados os valores médios, o desvio padrão e os valores máximos e mínimos das amostras.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os briquetes produzidos com resíduo de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch apresentaram densidade aparente média de 1.318,78 kg/m<sup>3</sup>, este valor está de acordo com o apresentado por Moraes et al. (2019) para briquetes de resíduos de *Pinus* sp. produzidos nas mesmas condições de pressão e temperatura (1280 kg/m<sup>3</sup>). A umidade dos briquetes foi e 9,05%, sendo o teor de umidade considerado as características mais relevantes ao se utilizar biomassa para a geração de energia, pois o valor do poder calorífico é inversamente proporcional à quantidade de água presente no material (Dias Júnior; Andrade; Costa Júnior, 2014). Os briquetes apresentam resistência à compressão média de 2,14 MPa, Moraes et al. (2019) encontraram valor médio de 2,95 MPa para briquetes de serragem de *Pinus* sp. com as mesmas condições de briquetagem. A aplicação da temperatura durante o processo de briquetagem faz com que a lignina se torne plástica agindo como um aglutinante das partículas, promovendo maior qualidade dos briquetes e influenciando, por exemplo, na sua resistência mecânica. Em relação a este parâmetro, a resistência à tração por compressão diametral (RTCD) é fundamental para a qualidade dos briquetes, pois determina a capacidade de empilhamento e transporte; quanto maior a resistência menor o risco de esfarelamento e perda de material densificado (Laverge et al., 2021).

Na Figura 1 é demonstrado o poder calorífico superior, inferior e útil dos briquetes produzidos com resíduo de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch.



**Figura 1: Poder calorífico superior (PCS), inferior (PCI) e útil (PCU) dos briquetes *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch. Fonte: O próprio autor (2023).**

Os resíduos de poda urbana de urbanos de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch apresentaram 19,38, 18,09 e 16,23 MJ/Kg, para PCS, PCI e PCU, respectivamente. O poder calorífico é a propriedade mais importante para se avaliar a viabilidade do uso de uma fonte de energia, pois indica a capacidade de um material fornecer determinada quantidade de calor por unidade de massa, durante a sua queima (Souza et al., 2021). O poder calorífico superior (PCS) é um dos principais parâmetros para expressar a capacidade de geração de energia em substituição aos combustíveis derivados do petróleo. Essa propriedade está relacionada diretamente à quantidade de energia liberada pela madeira em sua combustão (Oliveira et al., 2017). O eucalipto, madeira muito utilizada na geração de energia e produção de biocombustíveis sólidos, apresenta um PCS médio de 19,19 MJ/Kg (Silva et al., 2015) e 19,07 MJ/kg (Carvalho et al., 2020), enquanto a média do PCS de resíduos de nim indiano (*Azadirachta indica*) provenientes da arborização urbana é de 19,72 MJ/Kg (Souza et al., 2021), valores similares aos encontrados nesse trabalho. A Figura 2 apresenta a densidade à granel e energética dos briquetes.

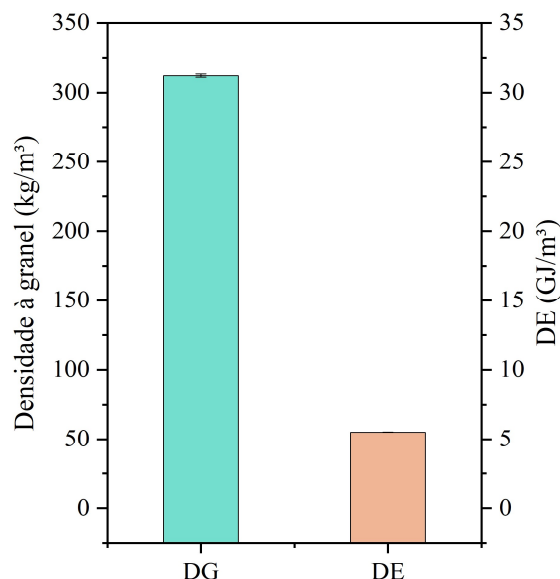


Figura 2: Densidade à granel e energética dos briquetes de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch. Fonte: O próprio autor (2023).

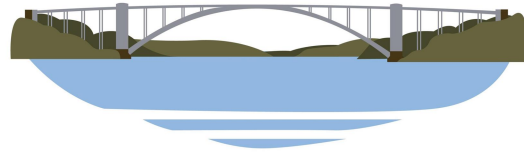
O material residual de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch apresentou uma densidade a granel média de 313,1 kg/m<sup>3</sup>, sendo considerado de baixa densidade de acordo com os estudos de Souza et al. (2021). A determinação da densidade a granel é fundamental para gerar informações úteis para a logística e transporte da biomassa, uma vez que estima os dados reais dos volumes para o transporte. A densidade aparente dos briquetes foi cerca de 4,2 vezes maior do que a densidade à granel do resíduo de Oiti (313 k/m<sup>3</sup>), este resultado é esperado pois a pressão exercida na compactação da biomassa faz com que a densidade final do briquete seja superior à densidade da biomassa in natura. A densidade energética é um parâmetro que está diretamente relacionado com o poder calorífico e a densidade da biomassa. E, portanto, indispensável quando se quer comparar diferentes biomassas. A densidade energética define a qualidade do produto a partir das características químicas, as condições de umidade e a quantidade de calor do produto final em uma única variável.

## CONCLUSÕES

- Os resíduos de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch provenientes da manutenção das redes de distribuição possuem grande potencial para reaproveitamento energético de acordo com o seu poder calorífico superior, considerado satisfatório para a geração de energia.
- Os briquetes de resíduo de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch apresentam boa densidade aparente e boa resistência mecânica, que demonstram a sua viabilidade como fonte energética.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARVALHO, N. R.; BARROS, J. L.; SILVA, D. A.; NAKASHIMA, G. T.; YAMAJI, F. M. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DA BIOMASSA USADA COMO COMBUSTÍVEL SÓLIDO EM UMA CALDEIRA. *Química Nova*, SP, Brasil, v. 44, ed. 1, p. 35-40, 2020.
2. DIAS JÚNIOR, Ananias Francisco; ANDRADE, Azarias Machado de; COSTA JÚNIOR, Djailson Silva. Caracterização de briquetes produzidos com resíduos agroflorestais. *Pesquisa Florestal Brasileira: Brazilian Journal of Forestry Research*, Colombo, PR, Brasil, ano 2014, p. 225-234, 2014.
3. GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; DAL BEM, E. A.; FERREIRA, J. P.; SOUZA, F. M. L.; VIEIRA, F. H. A.; DIAS, R. R. MAPA DOS PRODUTORES BRASILEIROS DE BIOCOMBUSTÍVEIS PELLETS. *BIOENG: Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, Tupã, SP, Brasil, ano 2018, v. 12, ed. 4, p. 333-339, 2018.
4. KARMAKAR, A.; DAFTARI, T.; SIVAGAMI, K.; CHANDAN, M. R.; SHAIK, A. H.; KIRAN, B.; CHAKRABORTY, S. A comprehensive insight into Waste to Energy conversion strategies in India and its associated air pollution hazard. *Environmental Technology & Innovation*, Ho Chi Minh, Vietnam, ed. 29, p. 2-20, 2023.



5. LAVERGNE, S. et al. Effect of process parameters and biomass composition on flat-die pellet production from underexploited forest and agricultural biomass. **Fuel**, v. 302, 15 out. 2021.
6. MORAES, M. D. A.; SANTOS, J. H.; LIMA, P. A. F.; CONEGLIAN, A.; SOUSA JÚNIOR, A. D.; CANTO, J. L.; SETTE JUNIOR, C. R. Bioenergia com resíduos do desdobro da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **SCAP: Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal**, Lisboa, Portugal, 2018.
7. OLIVEIRA, L. H.; BARBOSA, P. V. G.; LIMA, P. A. F.; YAMAJI, F. M.; SETTE JÚNIOR, C. R. Aproveitamento de resíduos madeiros de *Pinus* sp. com diferentes granulometrias para a produção de briquetes. **SCAP: Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal**, Lisboa, Portugal, 2017.
8. RIBASKI, N. G. Aproveitamento de resíduos sólidos urbano madeireiro. **Brazilian Journal of Technology**, Curitiba, PR, Brasil, v. 2, p. 742-757, 2019.
9. SILVA, D. A.; YAMAJI, F. M.; BARROS, J. L.; RÓZ, A. L.; NAKASHIMA, G. T. CARACTERIZAÇÃO DE BIOMASSAS PARA A BRIQUETAGEM. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, Brasil, v. 45, ed. 4, p. 713-722, 2015.
10. SOUZA, M. P.; ARAÚJO, R. L.; SOUZA, E. C.; PEREIRA, A. K. S.; AZEVEDO, T. K. B.; DIAS JÚNIOR, A. F. REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA COMO UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA. **SCIFLOR-ES: III Simpósio de Ciência Florestais do Espírito Santo**, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil, p. 428-434, 2021.