

## **APROVEITAMENTO ENERGÉTICO: COMPARATIVO DA COMPOSIÇÃO ELEMENTAR E DO PODER CALORÍFICO DE BIOMASSAS**

DEYVISON SOUZA RODRIGUES<sup>1</sup>, KATHERINE BENITES BONATO MARANA<sup>2</sup>, ANTONIA MABRYSA TORRES GADELHA<sup>3</sup>, JULIANA TÓFANO DE CAMPOS LEITE TONELI<sup>4</sup>, GRAZIELLA COLATO ANTONIO<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Doutorando, Programa de Pós-graduação em Energia, UFABC, Santo André-SP, rdeyvison@yahoo.com.br;

<sup>2</sup>Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Energia, UFABC, Santo André-SP, katherine.marana@gmail.com;

<sup>3</sup>Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Energia, UFABC, Santo André-SP, mabrysa\_gadelha@gmail.com;

<sup>4</sup>Dr<sup>a</sup> em Engenharia de Alimentos, Prof. Adj. CECS, UFABC, Santo André-SP, juliana.toneli@ufabc.edu.br;

<sup>5</sup>Dr<sup>a</sup> em Engenharia de Alimentos, Prof. Adj. CECS, UFABC, Santo André-SP, graziella.colato@ufabc.edu.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC

Palmas/TO – Brasil

17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO:** A limitação de fontes de energia não renováveis levou ao desenvolvimento de tecnologias de conversão de energia a partir de fontes renováveis. Neste cenário de necessidade de diversificação da matriz energética brasileira, a biomassa apresenta um alto potencial de produção. Conhecer a composição da biomassa possibilita avaliar o seu potencial energético para processo de conversão de energia. Portanto, o objetivo deste trabalho foi comparar o potencial energético do caroço de açaí (CA), da casca de coco babaçu (CCB) e da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos (FORSU) por meio das análises de composição elementar e do poder calorífico. A metodologia para a determinação dos elementos fundamentais foi por meio de um analisador elementar FLASH AE1112, e a determinação do poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI) foi por meio de uma correlação com os resultados da análise elementar. Os resultados indicaram que as amostras de CA e CCB obtiveram maiores teores de carbono, oxigênio e hidrogênio, enquanto a FORSU indicou maiores teores de nitrogênio e cinzas quando comparados entre si. Já o PCS e PCI apresentou uma variação menor que 5% entre o maior e menor valor calculado. Portanto, as três biomassas apresentam-se como alternativas interessantes em termos de utilização de energia.

**PALAVRAS-CHAVE:** biomassa residual, potencial energético, açaí, coco babaçu, resíduo sólido urbano.

### **ENERGY USE: COMPARATIVE OF THE ELEMENTARY COMPOSITION AND THE CALORIFIC VALUE OF BIOMASSES**

**ABSTRACT:** The limitation of non-renewable energy sources has led to the development of technologies for converting energy from renewable sources. In this scenario of need for diversification of the Brazilian energy matrix, biomass presents a high production potential. Knowing the biomass composition makes it possible to evaluate its energy potential for the energy conversion process. Therefore, the objective of this work was to compare the energy potential of acai berry seed (ABS), babaçu coconut shell (BCS) and the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW) by means of elemental composition and calorific value analyzes. The methodology for the determination of the fundamental elements was by means of an FLASH AE1112 elemental analyzer, and the determination of the higher (HHV) and lower (LHV) heating value was by means of a correlation with the results of the elemental analysis. The results indicated that the samples of ABS and BCS obtained higher levels of carbon, oxygen and hydrogen, while OFMSW indicated higher levels of nitrogen and ashes when compared to each other. The PCS and PCI presented a variation of less than 5% between the highest and lowest calculated value. Therefore, the three biomasses present themselves as interesting alternatives in terms of energy use.

**KEYWORDS:** residual biomass, potential energy, acai berry, babaçu coconut, municipal solid waste.

## INTRODUÇÃO

A preocupação com a escassez de recursos naturais para a geração de energia elétrica fez com que as autoridades globais voltassem suas atenções para a sustentabilidade. Nesta conjuntura, a biomassa aparece como uma fonte alternativa para promover a diversificação da matriz elétrica.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (2018), no ano de 2017, o Brasil produziu cerca de 8,2% de energia elétrica proveniente de biomassas. Sendo assim, a crescente participação da biomassa na diversificação da matriz elétrica brasileira, e a grande quantidade de resíduos de biomassa gerados no país são os principais motivadores dos estudos científicos nesse setor.

Na Amazônia, um dos frutos de maior comercialização é o açaí, o qual gera uma grande quantidade de resíduos, pois no ato do despulpamento só é utilizado entre 5% e 15% do total da fruta para a produção de vinho de açaí (Rogez, 2000). Já na região nordeste, o coco babaçu é cultivado em grande quantidade, gerando resíduos produzidos no beneficiamento para obtenção da amêndoa, que representa apenas 10% do coco (Soler et al., 2007).

A utilização de energia da biomassa residual destas culturas são uma alternativa para melhorar a renda dos agricultores locais e, conseqüentemente, subsidiar uma gestão sustentável para esses resíduos, uma vez que um descarte incorreto pode ocasionar problemas sanitários-ambientais.

A fração orgânica de resíduos sólidos urbanos, composta principalmente por restos de comida e podas, representa, em média, mais da metade do total de resíduos produzidos no Brasil, em torno de 112 mil toneladas por dia (ABELPRE, 2015). Segundo dados do relatório anual do Serviço Municipal de Saneamento (SEMASA), no município de Santo André, localizado na região metropolitana de São Paulo, são produzidos aproximadamente 50,4 kg de resíduos por habitante em um mês (SEMASA, 2016).

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012), a disposição de resíduos em aterros sanitários e a destinação final ambientalmente adequada são suficientes para atender às exigências legais. Contudo, é necessário que os gestores explorem rotas tecnológicas alternativas disponíveis, das mais complexas e escolham a implementação mais adequada de tal tratamento. Um dos meios para o seu aproveitamento é uso energético da biomassa, podendo ser utilizada em processos termoquímicos.

A análise da composição elementar é um importante teste para a caracterização da biomassa, uma vez que é possível quantificar os níveis dos principais elementos envolvidos nos processos de conversão de energia, tais como: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre. Conhecer a concentração destes elementos permite, entre outras coisas, avaliar processos de conversão de energia, a partir do cálculo de grandezas o poder calorífico do material.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é realizar um comparativo do potencial energético das biomassas de caroço de açaí (CA), casca de coco babaçu (CCB) e fração orgânica de resíduos sólidos urbanos (FORSU) por meio da composição elementar e poder calorífico das amostras.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os caroços de açaí foram coletados no município de Almeirim, no oeste do Pará, região do Baixo Amazonas. As cascas de coco babaçu foram coletadas no município de Baturité, região central do estado do Ceará. As amostras de resíduos sólidos urbanos foram coletadas no município de Santo André, no estado de São Paulo, e após uma análise gravimétrica da composição de 36 caminhões de coleta, foi escolhida a fração orgânica do RSU para o estudo comparativo, uma vez que a sua composição é, basicamente, resíduos de alimentos e podas. Todas as amostras foram analisadas no Laboratório de Análise e Caracterização de Biomassas da Universidade de Federal do ABC no campus de São Bernardo do Campo.

Primeiramente, todas as amostras passaram por um processo de trituração em um triturador marca Trapp, modelo TR200, potência 1,5 cv, com rotação de 3,600 rpm, para redução do tamanho das partículas. As amostras de CA e CCB, além de passarem pelo triturador, também foram homogeneizadas em um moinho de facas do tipo Willey, marca Solab, modelo SL-31, sob rotação 1,750 rpm, com tela filtrante de 2 mm.

Após a diminuição das partículas, as amostras foram secas em uma estufa com temperatura igual a  $103^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  até peso constante, então foram submetidas a análise de teor de cinzas (TC), em triplica, seguindo a norma padrão ASTM 1755-01 (2015).

As composições elementares das amostras foram determinadas a partir da massa de 2 a 3 mg de amostra seca, em triplicata, utilizando o analisador elementar da marca Thermo Scientific, modelo Flash AE 1112. O princípio operacional básico deste equipamento é separar os gases formados na forma de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, que são arrastados por gás hélio em uma coluna e detectados por condutividade térmica. Sendo determinado no equipamento os teores de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e enxofre (S), e o oxigênio (O) foi calculado por diferença, de acordo com a Equação 1:

$$O = 100 - (C + H + N + S + TC) \quad (1)$$

Após determinadas as frações elementares das amostras, calculou-se o poder calorífico superior (PCS) e o poder calorífico inferior (PCI) por meio das correlações propostas por Ozyuguran et al. (2018):

$$PCS = - 4,9140 + 0,2611N + 0,4114C + 0,6114H + 0,3888S + 0,02097O \quad (2)$$

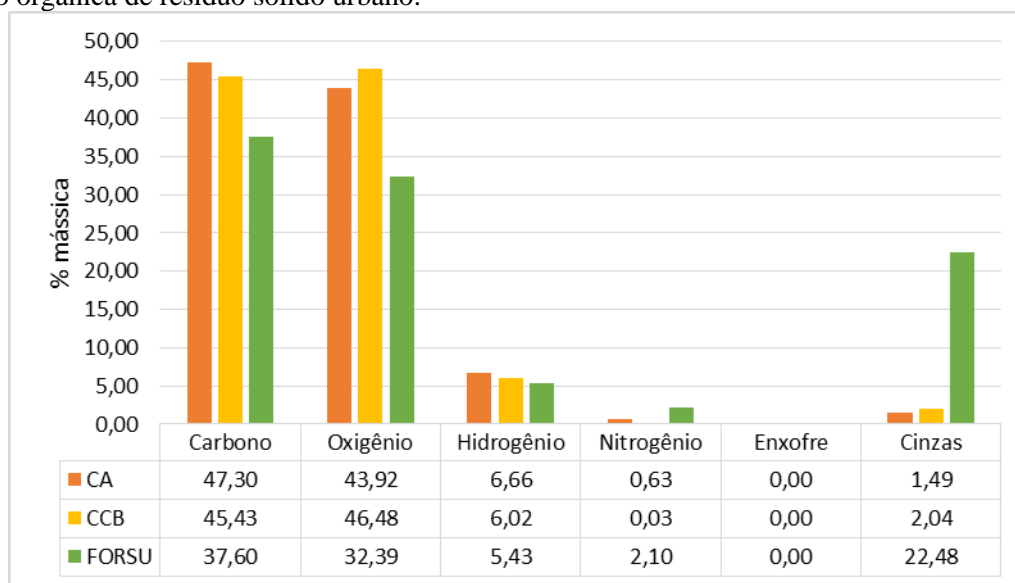
$$PCI = - 5,5232 + 0,2373N + 0,4334C + 0,2360H + 0,3732S + 0,000838O \quad (3)$$

onde os valores são dados em MJ/Kg.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados para análise elementar das três biomassas estudadas, juntamente como teor de cinzas encontrado para cada uma delas.

Figura 1. Análise elementar e teor de cinzas para as biomassas de caroço de açaí, casca de coco babaçu e fração orgânica de resíduo sólido urbano.



Fonte: Autor (2019)

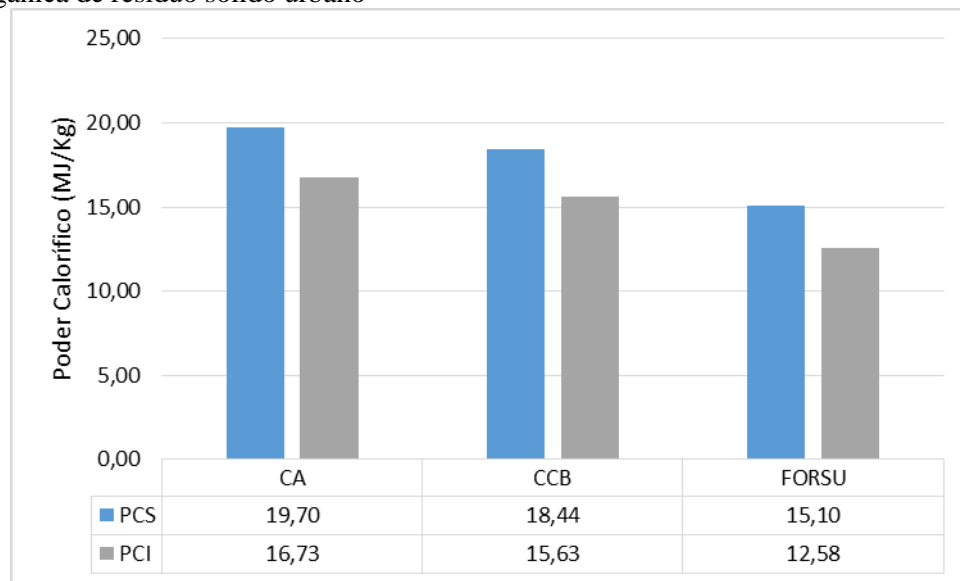
De acordo com a Figura 1, as amostras de casca de coco do babaçu e caroço de açaí obtiveram maiores teores de carbono, oxigênio e hidrogênio, enquanto a fração orgânica do RSU indicou maiores níveis de nitrogênio e cinzas. Isso pode estar relacionado à homogeneidade das amostras de CCB e CA em comparação à heterogeneidade do material orgânico que compõe a amostra da FORSU, uma vez que este também é composto de folhas de árvores, originárias da varredura e rica em nitrogênio, o que pode justificar o alto teor de nitrogênio obtido nas amostras da FORSU, se comparada com as demais biomassas (Zhou et al., 2014).

Para Rodrigues (2018), pequenas porcentagens de nitrogênio e enxofre presentes em biomassas significam menos poluentes (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>) e uma formação de escórias reduzida quando a biomassa é destinada à processo de combustão. No entanto, há possibilidade de formação de óxidos de nitrogênio em função das temperaturas elevadas.

Nenhuma das amostras coletadas apresentou percentuais significativos de enxofre. Contudo, as amostras de FORSU apresentaram teores de nitrogênio acima de 22%, um valor muito alto quando comparado com as outras biomassas analisadas, o que pode ser um grande contribuinte para a formação de óxidos de nitrogênio quando destinado a processos termoquímicos.

Para McKendry (2002) a análise elementar está diretamente relacionada com o poder calorífico, de modo que quanto maior for a proporção de oxigênio e hidrogênio em relação ao carbono, menor será o poder calorífico, pois a energia existente nas ligações entre carbono-carbono é maior do que a energia entre carbono-hidrogênio e/ou a entre carbono-oxigênio. Esta afirmação é confirmada pela Figura 2, que mostra o resultado do poder calorífico superior e inferior calculado pela correlação entre os resultados da análise elementar.

Figura 2. Poder calorífico superior e inferior das biomassas de caroço de açaí, casca de coco babaçu e fração orgânica de resíduo sólido urbano



Fonte: Autor (2019)

Ao comparar o poder calorífico das biomassas analisadas, é possível notar que a amostra que apresentou menor poder calorífico foi a FORSU, apresentando PCS de 15,10 MJ/Kg e PCI de 12,58 MJ/Kg, fato este que pode ser explicado devido a menores proporções de carbono em relação às demais biomassas estudadas.

Outro fator que pode ter provocado a redução do poder calorífico nas amostras de FORSU é a quantidade de cinzas presente, considerando que as amostras de casca de coco babaçu e caroços de açaí obtiveram 2,04% e 1,49%, respectivamente. Enquanto o teor de cinzas encontrado nas amostras de FORSU foi de 22,48% e dependendo da magnitude do teor de cinzas, o combustível disponível é proporcionalmente reduzido (McKendry, 2002).

Vale ressaltar que os resultados de PCS e PCI, encontrados pela correlação, para CA e CCB, corroboram com os valores encontrados nos trabalhos experimentais de Rodrigues (2018) e Gadelha (2019) nos quais foram encontrados os valores 19,01 MJ/Kg e 15,25 MJ/Kg para CA e 18,12 MJ/Kg e 14,52 MJ/Kg para CCB, respectivamente.

Contudo, a variação tanto do PCS, quanto do PCI, da CA (que obteve os maiores valores) para a FORSU (que obteve os menores valores), são menores que 5%, apresentando também uma alternativa para serem utilizados em processos termoquímicos.

## CONCLUSÃO

Pode-se observar a partir dos resultados da análise elementar que as biomassas de casca de coco babaçu e caroços de açaí apresentam resultados similares quando comparadas, podendo ser explicado pela homogeneidade das amostras, já que ambas são puramente limpas. Além disso, ambas mostraram resultados de poder calorífico satisfatórios para serem utilizadas em processos

termoquímicos, uma vez que são comparáveis a biomassas comumente utilizadas para fins energéticos.

Já a FORSU, devido a heterogeneidade, apresentou teor de nitrogênio e cinzas mais elevados, fazendo com que o poder calorífico calculado pela correlação, fosse mais baixo do que para as outras biomassas. Contudo, podem existir outros fatores que contribuíram para este resultado, como é o caso da umidade intrínseca da amostra.

Entretanto, as variações encontradas entre a biomassa com maior valor de PCS e PCI, e a que apresentou menor valor, foram menores que 5%, podendo também ser indicada para uso energético.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Central Multiusuário da UFABC e a Capes.

## **REFERÊNCIAS**

- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2015.
- ASTM E1755-01 (2015), Standard Test Method for Ash in Biomass, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.
- BEN. Balanço Energético Nacional (2018). Ano base 2017 / Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro. 1-294. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2017\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf)>. Acesso em: 29 de Maio de 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional De Resíduos Sólidos – PNRS. Brasília, 2012.
- Gadelha, A. M. T. Densificação de cascas de cocô babaçu oriundas da região do maciço de Baturité-CE. 2019. 174 f. Dissertação (Mestrado em Energia), Universidade Federal do ABC, Santo André-SP, 2019.
- McKendry, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. Bioresource technology, v. 83, n. 1, p. 37-46, 2002.
- Ozyuguran, A.; Akturk, A.; Yaman, S. Optimal use of condensed parameters of ultimate analysis to predict the calorific value of biomass. Fuel, v. 214, p. 640-646, 2018.
- Rodrigues, D. S. Densificação de caroços de açaí: caracterização e efeito das condições de processamento. Dissertação (Mestrado em Energia) Universidade Federal do ABC, Santo André, 2018.
- Rogez, H. Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação. Belém: EDUFA, 2000.
- SEMASA. Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André - <<http://www.semasa.sp.gov.br/home/>>. Último acesso dia 15 de dezembro de 2016.
- Soler, M. P.; Vitali, A. A.; Muto, E. F. Tecnologia de quebra do coco babaçu (*Orbignya speciosa*). Ciência Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 27, n. 4, p.717-722, 2007.
- Zhou, H.; Meng, A.; Long, Y.; Li, Q.; Zhang, Y. An overview of characteristics of municipal solid waste fuel in China: Physical, chemical composition and heating value. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 36, p. 107-122, 2014.