



INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA NAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Gabriela T. NAKASHIMA¹; Ana Larissa S. HANSTED¹; Luis Ricardo O. dos SANTOS²;
Hiroyuki YAMAMOTO³; Vagner R. BOTARO¹; Fabio M. YAMAJI¹

1- Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, Brasil

2- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, Brasil

3- Department of Biosphere Resources Science, Nagoya University, Nagoya, Japan

Resumo: O trabalho teve como objetivo verificar a influência da granulometria na análise imediata e no poder calorífico da palha de cana-de-açúcar. Foram utilizados dois tipos de palha, a primeira proveniente da superfície do fardo e a segunda do silo, com tratamento de limpeza a seco. A palha de cana-de-açúcar foi triturada e dividida em quatro granulometrias, resultando em oito tratamentos: T1 (fardo – 40 mesh), T2 (fardo – 60 mesh), T3 (fardo – <60 mesh), T4 (fardo – mix), T5 (silo – 40 mesh), T6 (silo – 60 mesh), T7 (silo - <60 mesh) e T8 (silo – mix). A partir dos resultados obtidos, pode-se observar que T3 e T7 apresentaram o maior teor de cinzas (35,15% e 16,13%), o menor teor de voláteis (51,58% e 67,8%), o menor teor de carbono fixo (13,27% e 16,06%) e o menor poder calorífico superior (3026,41 kcal.kg⁻¹ e 3839,21 kcal.kg⁻¹). Os valores para o teor de cinzas foram maiores para as granulometrias menores. O poder calorífico superior foi menor para as granulometrias menores. Foi comprovado que existe influência da granulometria nos testes realizados.

Palavras-chave: análise imediata, biomassa, teor de cinzas.

Abstract: This study investigated the influence of particle size in the proximate analysis and high heating value of sugarcane straw. Two types of straw were used, the first from the bale surface and the second from silo, with a dry cleaning treatment. The sugarcane straw was crushed and divided into four grain sizes, resulting in eight treatments: T1 (bale – 40 mesh), T2 (bale – 60 mesh), T3 (bale – <60 mesh), T4 (bale – mix), T5 (silo – 40 mesh), T6 (silo – 60 mesh), T7 (silo - <60 mesh) e T8 (silo – mix). From the results obtained, it can be observed that T3 and T7 showed the highest ash content (35.15% and 16/13%), the lowest content of volatiles (51.58% and 67.8%), lower fixed carbon content (13.27% and 16.06%) and the lowest high heating value (3026.41 kcal.kg⁻¹ and 3839.21 kcal.kg⁻¹). The values for ash content increased as particle size decreased. While the high heating value decreased as the particle size decreased. It was established that there is influence of grain size in the tests.

Keywords: proximate analysis, biomass, ash content.

1. INTRODUÇÃO

O uso de fontes renováveis se faz de extrema importância para a economia de um país, acarreta em ganhos econômicos e ambientais, criando ainda certa independência de recursos estrangeiros (OSKAN et al., 2015), além de ser um indicativo direto de complementação de capital e fonte de emprego (BILGILI e OZTURK, 2015). A bioenergia provida pela biomassa

é considerada uma fonte, mesmo que não convencional de energia, que auxilia na manutenção de matrizes energéticas (KUMAR et al., 2015).

As biomassas mais utilizadas são os resíduos da agricultura e florestais. A cana-de-açúcar é material que merece destaque, já que tem sua produção não só no país, mas no mundo, extremamente elevada. Em 2012, foram produzidas 1,7 bilhões de toneladas, em mais de 100 países (SRIRANGAN et al., 2012).

A cana-de-açúcar possui somente um terço de caldo para a produção de açúcar e etanol, restando ainda dois terços de biomassa para serem explorados (MARABEZI, 2009; UNICA, 2004). O maior interesse pelo álcool e a peculiaridade química e morfológica da cana-de-açúcar que exigem o desenvolvimento por mais pesquisas, na sua caracterização química e no seu processamento industrial (MARABEZI, 2009, HOFSETZ e SILVA, 2012).

Normas e técnicas para a realização da caracterização físico-química de qualquer material incluem, como por exemplo, a análise imediata, análise elementar, poder calorífico, análise termogravimétrica entre outros. Porém, as amostras em escala laboratorial, muitas vezes, não são capazes de representar tamanha heterogeneidade do material estudado, resultando em altas variações e erros (BRIDGEMAN et al., 2007).

A granulometria é um fator importante a ser considerado, pois partículas maiores possuem aparência diferente das partículas de menor tamanho, notada em sua coloração e formato (BRIDGEMAN et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi verificar a interferência da granulometria da palha de cana-de-açúcar na análise físico-química para sua aplicabilidade como biocombustível sólido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada a palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) para este trabalho. A palha de cana-de-açúcar foi coletada na Fazenda Corredeira, no município de Ibaté – SP, localizada nas coordenadas 21.9547° S, 47.9967° W. As amostras foram colhidas da superfície dos fardos no campo e do silo da fazenda, sendo esta amostra passada por um processo de limpeza a seco.

Para a realização das análises, a palha foi seca em estufa, moída e peneirada. Os tratamentos foram divididos pelo tamanho de suas partículas. Sendo utilizadas as frações retidas nas peneiras de 40 mesh, 60 mesh, fundo e o quarto tratamento foi composto pela amostra somente moída e sem separação das frações (“mix”). Foram divididas em 8 tratamentos: T1 (fardo – 40 mesh), T2 (fardo – 60 mesh), T3 (fardo – <60 mesh), T4 (fardo – mix), T5 (silo – 40 mesh), T6 (silo – 60 mesh), T7 (silo - <60 mesh) e T8 (silo – mix).

A análise imediata foi feita com as amostras a 0% de umidade, em 4 tratamentos para cada tipo de palha com 4 repetições para cada um. O teor de cinzas foi feito com base na norma ASTM D1102-84. Aproximadamente 1,0g da amostra foi colocada em um cadinho de porcelana de massa conhecida, e levado a mufla a uma temperatura de 600°C durante 6 horas. Para seu resfriamento, colocou-se o cadinho no dessecador até que atingisse temperatura ambiente e logo após foi pesado.

O teor de voláteis foi feito com base na norma ASTM E8741-84. Em um cadinho de porcelana com tampa de massas conhecidas, foi colocado cerca 1,0g de palha de cana-de-açúcar. O cadinho com a tampa e a amostra foi deixado na mufla a 900° C, primeiramente, 3 minutos com a porta da mufla aberta, e depois fechada, permanecendo durante 7 minutos. Aguardou-se o resfriamento do conjunto no dessecador, para sua pesagem em temperatura ambiente.

O carbono fixo foi obtido pela seguinte equação (1):

$$\%CarbonoFixo = 100 - (\%TeorCinzas + \%TeorVoláteis) \quad (1)$$

O poder calorífico superior (PCS) foi obtido de acordo com a norma D2015-96, utilizando-se uma bomba calorimétrica IKA modelo C200 com o método isoperibólico.

Avaliou-se estatisticamente o teor de cinzas, voláteis e carbono fixo pela análise de variância. Quando houve diferença significativa entre os tratamentos, aplicou-se o teste Tukey ao nível de 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram feitas pelo software R 2.11.1. (R STUDIO, 2012; R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a análise imediata e para o poder calorífico superior para a palha de cana de açúcar retirada da superfície do fardo encontram-se na Tabela 1 e para a palha de cana-de-açúcar do silo na Tabela 2.

Tabela 1. Análise imediata e poder calorífico superior para as diferentes granulometrias da palha de cana-de-açúcar superficial do fardo

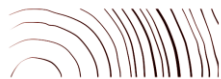
Granulometria	Teor de cinzas (%)	Teor de voláteis (%)	Carbono fixo (%)	Poder Calorífico Superior (kcal.kg ⁻¹)
40 mesh (T1)	11,71±0,6 d	69,94±0,49 a	18,35±0,41 ac	4144,93
60 mesh (T2)	16,46±0,25 c	62,90±0,99 b	20,63±1,21 a	4000,19
Fundo (T3)	35,15±0,8 a	51,58±0,46 c	13,27±0,45 b	3026,41
Mix (T4)	20,83±2,72 b	64,36±1,79 b	14,81±3,86 bc	3629,98

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 2. Análise imediata e poder calorífico superior para as diferentes granulometrias da palha de cana-de-açúcar do silo

Granulometria	Teor de cinzas (%)	Teor de voláteis (%)	Carbono fixo (%)	Poder Calorífico Superior (kcal.kg ⁻¹)
40 mesh (T5)	5,01±0,01 c	77,58±0,20 a	17,41±0,25 a	4118,18
60 mesh (T6)	6,63±0,12 b	75,81±0,21 a	17,56±0,13 a	4100,03
Fundo (T7)	16,13±0,99 a	67,8±0,77 b	16,06±0,24 a	3839,21
Mix (T8)	6,93±0,53 b	78,34±4,02 a	14,72±3,57 a	4084,98

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.



As normas ASTM D1102-84 e a TAPPI T257 cm-02 apresentam em seus procedimentos para a análise imediata, que a amostra a ser utilizada deve passar pela peneira de 40 mesh (0,40mm). Os resultados obtidos mostram que houve diferença no teor de cinzas, voláteis, carbono fixo e poder calorífico dependendo da granulometria, evidenciando o alto grau de contaminantes (materiais inorgânicos) nesta palha de cana-de-açúcar.

Os valores para o teor de cinzas para os dois tipos de palha mostraram um aumento conforme o tamanho da partícula diminuía. Os maiores teores encontrados foram para a granulometria do fundo (T3 e T7), 35,15% e 16,13%, respectivamente. Bridgeman et al. (2007) em seu estudo com gramíneas, também obtiveram maiores teores de cinzas para as partículas menores, assim os materiais inorgânicos ficaram retidos com esta fração granulométrica.

Segundo Trugilho et al. (1996) e Tavares e Santos (2013), as biomassas que possuem altos teores de cinzas podem causar danos aos equipamentos utilizados. Como por exemplo, pela formação de incrustações em caldeiras ou gerando atrito interno entre as peças de uma briquetadeira, reduzindo a vida útil dessas peças.

Mani et al. (2010) estudaram o efeito da granulometria em palha de trigo. Em suas amostras, com o aumento da granulometria o teor de cinzas diminuía, enquanto que o teor de voláteis e o carbono fixo aumentavam. Este comportamento pode ser observado nos resultados deste trabalho, exceto pelo carbono fixo de T1 (18,35%) que deveria ter sido maior que de T2 (20,63%).

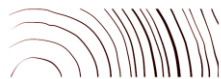
Para Bridgeman (2007) as características da análise imediata e da granulometria afetaram o poder calorífico e para Mani et al. (2010) o rendimento de carbonização do material. O efeito também foi notado para os resultados de poder calorífico da palha de cana-de-açúcar, o qual mostrou um aumento para as frações com partículas maiores.

A norma TAPPI T257 cm-02 em suas informações adicionais, recomenda que a granulometria deva ser ajustada dependendo da proposta da análise. Caso o interesse da análise seja a caracterização do material puro é recomendável que seja feito uma limpeza para que não haja interferência de contaminantes externos. Como Szczerbowski et al. (2014) que estudou a cana-de-açúcar e em sua metodologia, lavou as amostras de palha para remover o excesso de solo e poeira. Porém, se o intuito seja descobrir o percentual de contaminantes de uma matéria-prima que irá ser usada industrialmente, é preciso utilizar uma granulometria que mostre a quantidade real de inorgânicos que está presente no material.

4. CONCLUSÕES

Os tratamentos apresentaram diferenças significativas em algumas análises estudadas, principalmente no teor de cinzas. O teor de cinzas para a granulometria maior (T1- superficial/40 mesh e T5- silo/40mesh) foi aproximadamente três vezes menor do que para a granulometria mais fina (T3- superficial/fundo e T7- silo/fundo). Foi observado também que conforme o teor de cinzas aumentava, o poder calorífico superior diminuía, apresentando uma redução de 26,9% de T1(superficial/40 mesh) para T3 (superficial/fundo).

Assim, é recomendável que o fator granulometria seja considerado quando a finalidade da análise for a definição de contaminantes na amostra. Os contaminantes são compostos por materiais inorgânicos que podem desgastar os equipamentos e reduzir a qualidade do combustível.



5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências de fomento: CAPES e CNPQ pelo apoio financeiro e ao Laboratório de Biomassa e Bioenergia/UFSCar pelo suporte técnico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D1102-84**: standard test method for ash in wood. Phyladelphia, 2007. 2 p.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D2015-96**: standard test method for gross calorific value of coal and coke by the adiabatic bomb calorimeter. Phyladelphia, 2007. 2 p.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E872-82**: standard test method for volatile matter in the analysis of particulate wood fuels. Phyladelphia, 2006. 3 p.

BILGILI, F.; OZTURK, I. Biomass energy and economic growth nexus in G7 countries: Evidence from dynamic panel data. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 49. p. 132–138. 2015.

BRIDGEMAN, T.G.; DARVELL, L.I.; JONES, J.M.; WILLIAMS, P.T.; FAHMI, R.; BRIDGWATER, A.V.; BARRACLOUGH, T.; SHIELD, I.; YATES, N.; THAIN, S.C.; DONNISON, I.S. Influence of particle size on the analytical and chemical properties of two energy crops. **Fuel**, 86, p.60-72, 2007.

HOFSETZ, K.; SILVA, M.A. Brazilian sugarcane bagasse: Energy and non-energy consumption. **Biomass and Bioenergy**, 46, p.564-573, 2012.

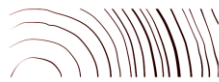
KUMAR, A.; KUMAR N.; BARENDAR, P.; SHUKLA, A. A review on biomass energy resources, potential, conversion and policy in India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 45. p. 530–539. 2015.

MANI, T.; MURUGAN, P.; ABEDI, J.; MAHINPEY, N. Pyrolysis of wheat straw in a thermogravimetric analyzer: Effect of particle size and heating rate on devolatilization and estimation of global kinetics. **Chemical Engineering Research and Design**, 88, p.952-958, 2010.

MARABEZI, K. **Estudo sistemático das reações envolvidas na determinação dos teores de lignina e holocelulose em amostras de bagaço e palha de cana-de-açúcar**. 2009. 158f. Tese (Mestrado em Ciências Físico-Química). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

OSKAN, M.; OZTÜRK, S.; OGUZ Y. Full length article Potential evaluation of biomass-based energy sources for Turkey. **Engineering Science and Technology, an International Journal**. 18 p. 178-184. 2015.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2008. ISBN 3-90005107-0



R STUDIO. **RStudio**: Integrated development environment for R (Version 0.96.122)
[Computer software]. Boston, MA, 2012.

SRIRANGAN, K.; AKAWI, L.; MOO-YOUNG, M.; PERRY, CHOU C. Towards sustainable production of clean energy carriers from biomass resources, **Applied Energy**. p. 172–86. 2012.

SZCZERBOWSKI, D.; PITARELO, A.P.; ZANDONÁ FILHO, A.; RAMOS, L.P. Sugarcane biomass for the biorefineries: Comparative composition of carbohydrate and non-carbohydrate components of bagasse and straw. **Carbohydrate Polymers**, 114, p.95-101, 2014.

TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **T257 cm-02**: Sampling and preparing wood analysis. Tappi Test Methods, 2002. 5 p.

TAVARES, S. R. L.; SANTOS, T. E. Uso de diferentes fontes de biomassa vegetal para produção de biocombustíveis sólidos. **Holos**, ano 29, v. 5, p. 19-27, 2013

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, 1996.

UNICA – União das Indústrias Canavieiras. **Açúcar e álcool do Brasil: Commodities da energia e do meio ambiente**. São Paulo, 2004. Disponível em:
<<http://www.fat.uerj.br/intranet/disciplinas/Processos%20Organicos%20II/Acucar%20e%20alcohol/Acucar%20e%20alcohol%20do%20Brasil.pdf>>, acesso em: 04 jun. 2015