

BIOCOMBUSTÍVEL SÓLIDO A PARTIR DE CASCAS DE FRUTAS CÍTRICAS E DE CASCA DE ARROZ COMO FONTE ALTERNATIVA A LENHA NA AGRICULTURA FAMILIAR

Solid biofuel from peel citrus fruit and rice husks as an alternative source for wood in family agriculture

Maria Júlia de Assunção Ezirio, graduanda Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Sul de Santa Catarina

mariaezirio@gmail.com

Susana Claudete Costa, Me, Universidade do Sul de Santa Catarina

susanacostah@hotmail.com

Gabriel O. Cremona Parma, Dr., Universidade do Sul de Santa Catarina

gabriel.parma@unisul.br

Rachel Faverzani Magnago, Dr., Universidade do Sul de Santa Catarina

rachelfaverzanimagnago@gmail.com

Resumo

A busca por fontes de energia que possam substituir os combustíveis tradicionais tem se tornado de extrema importância. Foram desenvolvidos briquetes a partir da biomassa das cascas de frutas cítricas e da casca do arroz como substituto para lenha. Avaliaram-se os parâmetros de resistência mecânica, umidade, o poder calorífico inferior e superior, teor de cinzas, sílica e a densidade de fumaça. Foram encontrados ótimos valores para os briquetes com composição de casca da laranja (50 g), casca de arroz (10 g) e casca de batata inglesa (75 g), resultando no poder calorífico inferior e superior de 15,84-17,22 MJ/kg respectivamente. A cor da fumaça, pela escala de Ringelmann, correspondeu aos níveis 2 e 3, 40% a 60% de densidade. A resistência à compressão máxima foi de 0,22 a 0,32 Mpa. Deste modo, os briquetes se tornam uma alternativa sustentável como combustível sólido para uso doméstico, sendo que a resistência atende a Norma vigente.

Palavras-chave: Casca de arroz; Casca de cítricos; Biocombustível sólido

Abstract

The search for energy sources that can replace traditional fuels has become extremely important. Briquettes were developed from the biomass of citrus peels and rice as a substitute for firewood. The parameters of mechanical resistance, humidity, the lower and upper calorific value, ash content, silica and smoke density were evaluated. The optimum values were found for briquettes with orange peel (50 g), rice peel (10 g) and English potato peel (75 g), resulting in the lower and upper calorific value of 15.84-17, 22 MJ / kg respectively. The smoke color, according to the Ringelmann scale, corresponded to levels 2 and 3, 40% to 60% density. The maximum compressive strength was 0.22 to 0.32 Mpa.

Thus, briquettes become an option for solid fuel for domestic use, as the resistance meets the current standard.

Keywords: *Rice husk; Citrus peel; Solid biofuel*

1. Introdução

A matéria-prima não renovável é frequentemente a mais utilizada para produtos petroquímicos e combustíveis, apesar dos visíveis impactos ambientais negativos do uso desta. Atualmente a sustentabilidade é emergente, como, por exemplo na utilização de insumos renováveis e como no aproveitamento de resíduos agroindustrial. A utilização de resíduos na produção de combustível também é importante no controle de vetores oriundos do acúmulo destes nos campos agrícolas (FERNÁNDEZ et al., 2017). Estas questões são importantes para sociedade e tornam-se desafio científico, uma vez que envolvem aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

A gestão adequada e consciente do resíduo gerado pelas colheitas sazonais, como a casca de arroz, casca da bergamota e palha da cana é essencial para realização de novos usos sustentáveis e para promover o desenvolvimento sustentável na agricultura familiar. No mercado internacional, segundo dados do United States Department of Agriculture (USDA), a produção mundial de arroz foi de 483,66 milhões de toneladas na safra 2017/18 (USDA, 2017). No Mercosul, os países deverão produzir o total de 15,4 milhões de toneladas de arroz em casca para o ano de 2018, sendo o Brasil responsável por 76% da produção do bloco (USDA, 2018). O Sul do Brasil destaca-se na safra de arroz como a principal oferta de resíduo agrícola.

Também segundo USDA, o Brasil é líder de produção de frutos cítricos, sendo estoques finais de 2018 estimados em 207 mil toneladas, tendo destaque para a produção de laranja de 17.300 para 2017/2018 (USDA, 2018; CEPEA, 2017).

As matérias-primas utilizadas para a produção de biocombustíveis sólidos são principalmente resíduos de madeira, como aparas e serragem. No entanto, resíduos agrícolas, gramíneas, resíduos da indústria alimentar tornar-se cada vez mais importantes para esta finalidade, pois podem ser convertidos em energia, onde dependerá do tipo e quantidade de material disponível e das condições econômicas (BONASSA et al., 2018; DUARTE et al., 2016; GUO; SONG; BUHAIN, 2015).

Os biocombustíveis sólidos substituem o uso de lenha em usinas tradicionais (RÍOS-BADRÁN et al., 2019) e fornecem uma série de vantagens quando comparados à queima direta, especialmente em relação ao armazenamento, manuseio, aumento da densidade e valor calorífico.

Os caminhos sustentáveis da bioenergia devem ser selecionados com base na alta eficiência, neste contexto, foram preparados briquetes com diferentes composições e avaliado suas propriedades para a geração de energia térmica.

2. Método

Para iniciar a confecção dos briquetes, foram moídas as biomassas (Casca de laranja Pêra, casca de tangerina Ponkan, casca de limão Tahiti e casca de batata Inglesa), e utilizadas para a produção de biocombustível sólido. Seis amostras foram preparadas para cada teste com diferentes composições de acordo com a Tabela 1, foram utilizadas cascas de frutas cítricas (laranjas, tangerinas e limões) e cascas de arroz de cultivo tradicional e orgânico.

2.1. Preparação dos corpos de prova

Para a preparação dos espécimes, a casca de batata triturada foi misturada manualmente em 100 ml de água destilada e aquecida numa chapa de aquecimento durante aproximadamente 10 min a uma temperatura de 90 °C. Após este processo, a mistura mostrou um aspecto semelhante a gel, e adicionou-se casca de arroz moída e casca de cítricos. A mistura foi colocada em moldes PVC de 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro e comprimida por uma pressão de 100 N durante aproximadamente 1 min. Após esse período, foram desmoldadas manualmente. As amostras foram secas em estufa (DeLEO®) durante 48 h a 105 °C.

A Tabela 1 apresenta as quantidades utilizadas para a preparação dos briquetes, tanto para cultivo tradicional quanto orgânico.

Briquetes biocombustíveis	100 ml de água destilada				
	Casca de batata (g)	Casca de laranja (g)	Casca de tangerina (g)	Casca de limão (g)	Casca de arroz (g)
1	100	50	-	-	10
2	75	50	-	-	10
3	100	-	50	-	10
4	75	-	50	-	10
5	100	-	-	50	10
6	75	-	-	50	10

Tabela 1 Quantidades de biomassas residuais de citros de cultivo tradicional (espécimes 1-6) e orgânico (espécimes 1'-6'). Fonte: Elaborado pelos autores.

A densidade aparente foi estimada como a massa por unidade de volume dos espécimes. Os desvios padrão individuais foram usados para calcular o intervalo de confiança de 95% e gerar o gráfico de probabilidade de densidade (ISO 17828: 2015).

2.2. Teor de umidade e teor de cinzas

A determinação do teor de umidade e o teor de cinzas foram realizados de acordo com a International Organization for Standardization (ISO 18134-2, ISO 18122).

2.3. Valores de Poder Calorífico Superior e Inferior

Para calcular os valores de aquecimento mais altos e mais baixos, que foram comparados com os da Food and Agriculture Organization, o Poder Calorífico Superior (PCS) foi medido em MJ/kg, de acordo com a equação (1):

$$PCS = 20,0 (1 - A - M) \quad (1)$$

PCS – Poder Calorífero Superior; *A* – Teor de Cinzas; *M* – Teor de Umidade

Para calcular o Poder Calorífico Inferior (PCI) em MJ / kg, considerou-se conforme a equação (2).

$$PCI = 18,7 (1 - A) - 21,2 \times M \quad (2)$$

PCI – Poder Calorífero Inferior; *A* - Teor de Cinzas; *M* - Teor de Umidade

2.4. Resistência mecânica à compressão

Os testes mecânicos foram realizados com método de compressão com célula de carga de 30 kN em equipamento de teste universal (EMIC DL-30000). Nestes testes, seis corpos de prova cilíndricos (10 cm de altura e 4,5 cm de diâmetro) foram submetidos a

Briquetes Biocombustíveis 100 ml de água destilada Casca de batata (g) Casca de laranja (g) Casca de tangerina (g) Casca de limão (g) Casca de arroz (g) incrementos de pressão até que a deformação plástica ocorresse à temperatura ambiente (ISO 17831-2: 2015).

2.5. Análise da sílica

A sílica dos espécimes foi determinada a partir de 1 g de cinzas dissolvidas em 50 mL de água destilada adicionada a 1 mL de HCl e agitada durante 1 h a 90 °C. Após arrefecimento, a mistura foi filtrada a vácuo. Em seguida, adicionaram-se 50 ml de solução de NaOH 1,5 molL⁻¹ à mistura enquanto se agitava continuamente durante 1 h a 90 °C. Mais uma vez, a mistura foi filtrada a vácuo. Uma vez que a mistura filtrada resultante com Na₂SiO₃ ainda estava básica, foi adicionado lentamente uma solução de HCl 0,1 molL⁻¹ até a mistura estar neutra. Para remover o cloreto de sódio, o gel foi repetidamente lavado com água destilada e o gel resultante foi seco numa estufa de secagem a 50 °C e depois pesado (Shen, 2017, Fernandes et al., 2014).

2.6. Monitoramento de fumaça

Os espécimes foram colocados dentro de um recipiente de porcelana onde foram queimados. A avaliação da fumaça foi realizada usando a escala de Ringelmann. O

experimento foi conduzido por cerca de 5 min em um exaustor; As imagens de fumaça foram capturadas e comparadas à escala, usando o software VirtualRingelmann® (<http://virtualringelmann.com/>).

3. Resultados e discussões

Foi possível confeccionar os briquetes com as diferentes composições, na Figura 1 visualiza-se o briquete obtido de biomassa orgânica de 10 g casca de arroz, 50 g casca de limão e 100 g casca de batata.



Figura 1: Biocombustível sólido confeccionado. Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 2 tem-se a média da densidade com desvio padrão para um intervalo de confiança de 95%, sendo plantio convencional e plantio orgânico respectivamente. Também na Figura 2 tem-se os gráficos de probabilidade de densidade a partir da densidade dos espécimes.

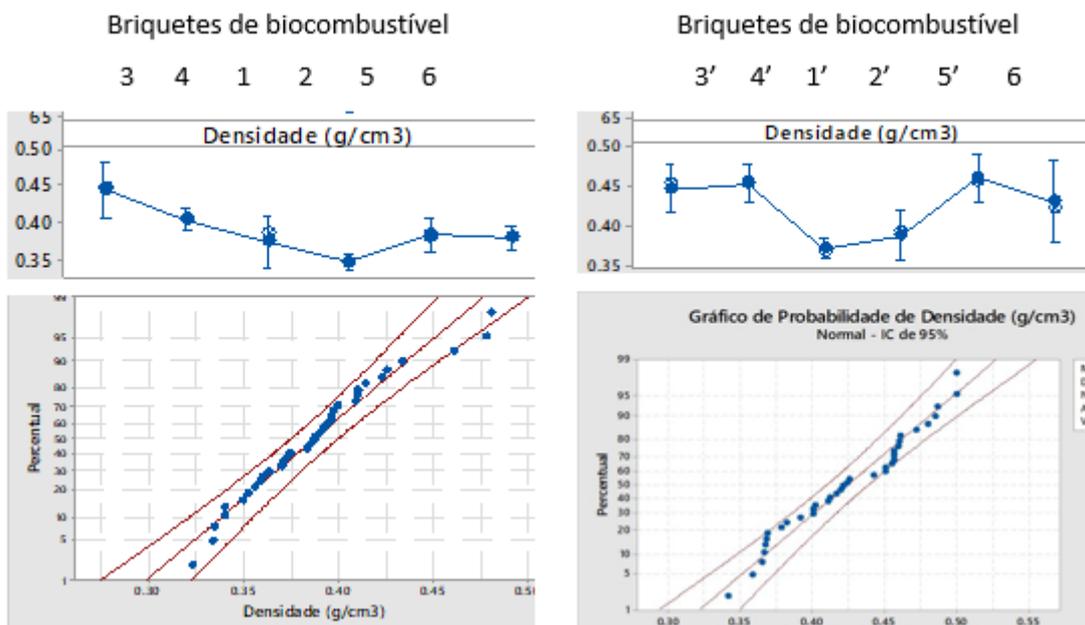


Figura 2: Média da densidade com desvio padrão. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para as biomassas de cultivo tradicional foram encontrados os valores de $0,37\pm 0,03$ (espécime 1), $0,35\pm 0,01$ (espécime 2), $0,44\pm 0,03$ (espécime 3), $0,40\pm 0,01$ (espécime 4), $0,38\pm 0,1$ (espécime 5) e $0,38\pm 0,1$ (espécime 6). Para as biomassas de cultivo orgânica foram $0,37\pm 0,01$ (espécime 1'), $0,39\pm 0,03$ (espécime 2'), $0,45\pm 0,03$ (espécime 3'), $0,45\pm 0,02$ (espécime 4'), $0,46\pm 0,03$ (espécime 5'), $0,43\pm 0,04$ (espécime 6'). A densidade aparente dos briquetes apresentaram dispersão de dados, isto foi atribuído principalmente ao processo manual de produção.

Na Figura 3 pode ser observada a resistência mecânica a compressão para os 12 espécimes preparados.

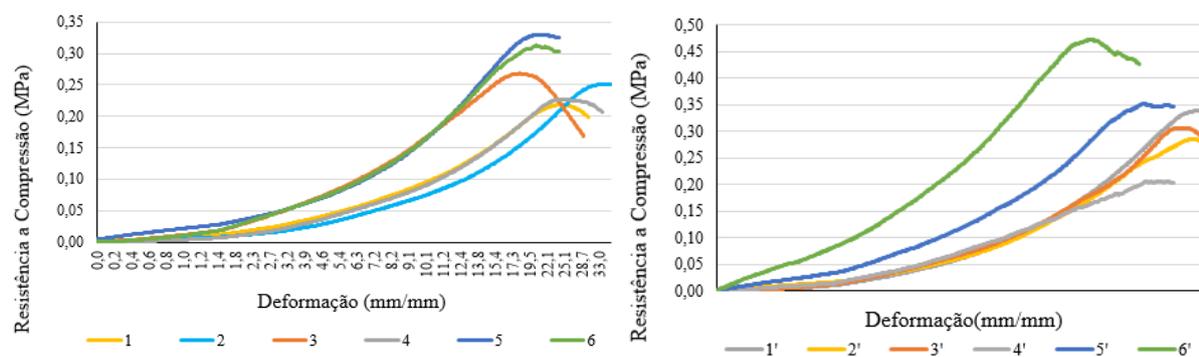


Figura 3: Resistência mecânica a compressão. Fonte: Elaborado pelos autores.

Briquetes para uso como combustível industriais (0,375 MPa) devem apresentar maior resistência mecânica que briquetes para uso doméstico (0,006 MPa) (ISO 17831-2). Na Figura 3, nenhum dos combustíveis sólidos preparados atingiram a resistência mecânica considerada para os briquetes industriais, mas todos os briquetes ultrapassaram o valor de 0,006 MPa para uso doméstico. Os espécimes com maior quantidade de cascas de batata (100 g) apresentaram maior resistência mecânica, devido ao amido contido na casca.

Na Tabela 2, podem ser observados valores médios de Teor de Umidade, Teor de Cinzas, Poder Calorífico Superior, Poder Calorífico Inferior e Sílica.

Amostra	Teor de Umidade (%)	Poder Calorífero Superior (MJ/Kg)	Poder Calorífero Inferior (MJ/Kg)	Teor de Cinzas (%)	Sílica (%)
1	10,5988	17,0098	15,6392	4,3520	65,9918
2	10,2773	17,2223	15,8459	3,6113	36,3809
3	18,9926	15,3751	13,9009	4,1316	54,2060
4	13,9311	16,4013	14,9869	4,0626	73,2058
5	9,8175	17,1619	15,8009	4,3730	48,7421
6	10,9113	16,8693	15,5000	4,7419	36,5589
1'	13,0154	16,5440	15,1432	4,2645	30,3541
2'	12,5785	16,7122	15,3114	3,8605	64,8122
3'	14,9319	16,1993	14,7730	4,0800	24,9936
4'	14,3710	16,2408	14,8258	4,4250	28,6709
5'	12,0205	16,7771	15,3926	4,3566	22,0200

6°	11,7578	16,6081	15,2281	4,9389	25,6626
----	---------	---------	---------	--------	---------

Tabela 2 Valores médios de Teor de Umidade (%), Teor de Cinzas (%), Poder Calorífero Superior (MJ/Kg), Poder Calorífero Inferior (MJ/Kg) e Sílica (%). Fonte: Elaborado pelos autores.

A média do teor de umidade das amostras neste estudo foi menor que a umidade na lenha (25-30%); Portanto, os requisitos foram atendidos para que as amostras fossem fontes de calor viáveis (LUZ; GONÇALVES JR; DEL´ARCO, 2006). Todas as amostras apresentaram um teor de cinzas menor que o de 42,16% encontrado em briquetes de casca de arroz (Morais et al. 2006). Na Tabela 2 a porcentagem de sílica nas cinzas teve grande variação, porém para 5 das 6 composições, as cinzas provenientes matéria-prima com utilização de agro-químicos, apresentou-se maior em comparação as biomassas produzidas a partir de orgânicos sem a utilização de agro-químicos. O PCS das amostras (Tabela 2) foram entre 15,3751 - 17,2223 MJ/kg, os valores obtidos para briquetes biocombustíveis ficaram abaixo dos descritos para o pinheiro (Muehler et al., 2006). O PCI dos espécimes foi na faixa de 13,9009 - 15,8459 MJ/kg (Tabela 2), sendo superiores ao da lenha (7,12-10,47 MJ/kg) e aos de briquetes de casca de arroz (10,3-12,1 MJ/kg) (Costa et al., 2017). Assim, os briquetes de casca de frutas cítricas podem ser considerados uma alternativa aos combustíveis tradicionais.

Foi empregado a escala Ringelmann para avaliar o grau da cor da fumaça, que aponta com cores pré-definidas que representa a escala de avaliação, constituída de cinco níveis de classes: nível 1- densidade 20%; nível 2- densidade 40%; nível 3- densidade 60%; nível 4- densidade 80% e nível 5- densidade 100%. A Figura 4 mostra a cor da fumaça, classificada através de Escala Ringelmann após a queima dos espécimes preparados (1, 1', 2, 2', 3, 3', 4, 4', 5, 5', 6, 6').



Figura 4: Imagens da fumaça dos espécimes a partir de biomassa de cascas de citrus e de cascas de arroz do cultivo tradicional. Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando os resultados obtidos, observa-se que as amostras das biomassas de cultivo tradicional (1, 2, 3, 4, 5 e 6) apresentaram quatro espécimes com classificação nível 3, correspondendo a densidade de 60% da fumaça e dois briquetes com classificação nível 2, correspondente a densidade de 40%. As amostras de cultivo orgânico (1', 2', 3', 4', 5', 6') apresentam quatro espécimes com classificação 2, correspondente a densidade de 40% e dois com classificação 3 e densidade 60%.

4. Conclusão

Portanto, foi possível confeccionar briquetes em diferentes combinações feitos a partir da biomassa das cascas de arroz, casca de cítricos e casca de batata em diferentes combinações. Os espécimes com maior quantidade de cascas de batata (100 g) apresentaram maior resistência mecânica. O Poder Calorífico de todas as amostras foi maior, comparados com os briquetes de casca de arroz e os valores obtidos nesse estudo ficam próximos a Norma ISO 17225-6. Os maiores valores de Teor de Cinzas foram encontrados nos espécimes feitos com casca de limão. Entretanto, todas as amostras apresentaram um teor de cinzas menor do que encontrado em briquetes de casca de arroz. A razão de teor de cinzas menor é a mistura de biomassas que melhoram a qualidade e as características de combustão dos combustíveis sólidos, conforme indicado na literatura. Todas as amostras apresentaram um teor de cinzas menor que o de 42,16% encontrado em briquetes de casca de arroz. Os briquetes de cultivo tradicional e orgânico apresentaram densidade de 40% e 60% da fumaça. Os biocombustíveis sólidos apresentaram resistência mecânica suficiente para serem transportados e armazenados, foram classificados para uso como briquete doméstico. Os espécimes mostraram-se adequados para substituir fontes de calor convencionais, mesmo quando comparados com os tradicionais briquetes de lenha e carvão.

Agradecimento

Agradeço pela bolsa ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) CNPq.

Referências

- BONASSA, G. et al. Scenarios and prospects of solid biofuel use in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, n. August, p. 2365–2378, 2018.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), 2019. <http://www.hfbrasil.org.br/br/citros-cepea-estoques-finais-de-17-18-sao-estimados-em-207-mil-toneladas.aspx> last accessed February 2020.
- COSTA, S. C. et al. SOLID BIOFUEL FROM GLYCEROL AND AGRICULTURAL WASTE AS A SOURCE OF ENERGY. v. 51, p. 765–774, 2017.
- FERNÁNDEZ, R. G., GARCIA, C. P., LAVÍN, A. G., HERAS, J. L. B. de las, 2012. Study of main combustion characteristics for biomass fuels used in boilers. *Fuel processing technology*, 103, 16-26.
- GUO, M.; SONG, W.; BUHAIN, J. Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 712–725, 2015.
- United States Department of Agriculture (USDA), 2018, <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/citrus.pdf> last accessed February. 2018.
- LUZ, S. M. DA; GONÇALVES JR, A. R.; DEL´ARCO, A. P. Microestrutura e Propriedades Mecânicas de Compósitos de Polipropileno Reforçado com Celulose de Bagaço e Palha de Cana. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 11, n. 2, p. 101–110, 2006.
- RÍOS-BADRÁN, I. M. et al. Production and characterization of fuel pellets from rice husk and wheat straw. **Renewable Energy**, v. 145, p. 500–507, 2019.

_____.ISO 17828: 2015 - Solid biofuels - Determination of bulk density. Brussels, 2015.

_____.ISO 17831: 2015 - Solid biofuels - Determination of mechanical durability of pellets – part 1. Brussels, 2015.

_____.ISO 18122: 2015 - Solid biofuels - Determination of ash content. Brussels, 2015.

_____.ISO 18134: 2015 - Solid biofuels - Determination of moisture content – part 1. Brussels, 2015.