



PRODUÇÃO DE BRIQUETES UTILIZANDO RESÍDUOS AGRÍCOLAS DA LARANJA E BORRA DO CAFÉ

DOI: 10.19177/rgsa.v9e0120204-19

Ritanara Tayane Bianchet¹
Ana Paula Provin²
Guilherme Domingos Garcia³
Anelise Leal Vieira Cubas⁴
Ana Regina de Aguiar Dutra⁵
Rachel Faverzani Magnago⁶



RESUMO

A produção de laranja é uma das principais atividades da agroindústria no mundo, sendo fabricado mais de 80 milhões de toneladas anuais. Conseqüentemente, resíduos orgânicos são gerados e, muitas vezes, seu descarte inadequado corrobora para o aumento da degradação ambiental. Diante deste contexto, coletou-se dados do consumo de laranjas e do descarte das cascas através da visita ao restaurante Hoffmann (Florianópolis/SC) e borra de café do restaurante Tio João. Posteriormente, foi desenvolvido briquetes a partir destes resíduos, e avaliado o poder calorífico superior e inferior, resistência mecânica a tração, monitoramento de fumaça e cinzas, mostrando que os corpos de prova mais resistentes foram os que tiveram maior quantidade de casca de laranja. Quanto ao teor de cinzas encontrado nos espécimes foram de 4,89 a 5,63% e, por fim, o teste de sílica demonstrou oscilações nos resultados entre os espécimes. Os briquetes desenvolvidos podem ser uma possibilidade para a reutilização dos resíduos da casa de laranja e borra de café como substituto da lenha mitigando os problemas ambientais globais desencadeados por emissões de CO₂.

Palavras-chave: Resíduos. Casca de laranja. Briquetes.

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). E-mail: tayane15bianchet@gmail.com

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). E-mail: ana_provin@yahoo.com.br

³ Graduando do curso de Engenharia Química, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). E-mail: guigarcia0000@hotmail.com

⁴ Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). E-mail: anelisecubas@gmail.com

⁵ Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). E-mail: aradutra@gmail.com

⁶ Docente do Programa, de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). E-mail: rachel.magnago@unisul.br

BRIQUETTE PRODUCTION USING AGRICULTURAL RESIDUES FROM ORANGE AND COFFEE GROUNDS

ABSTRACT

Orange production is one of the main agribusiness activities in the world, with more than 80 million tons produced annually. Consequently, organic waste is generated and, often, its improper disposal corroborates the increase in environmental degradation. In this context, data on the consumption of oranges and the disposal of peels were collected through a visit to the Hoffmann restaurant (Florianópolis / SC). Subsequently, briquettes were developed from these residues, and the upper and lower calorific value, mechanical resistance to traction, smoke and ash monitoring were evaluated, showing that the most resistant specimens were those with the greatest amount of orange peel. As for the ash content found in the specimens, they were from 4.89 to 5.63% and, finally, the silica test showed fluctuations in the results between the specimens. The developed briquettes may be a possibility for the reuse of orange house waste as a substitute for firewood, mitigating the global environmental problems triggered by CO₂ emissions.

Keywords: Waste. Orange skin. Briquettes.

1 INTRODUÇÃO

O setor de agronegócios está em crescente desenvolvimento para atender a demanda populacional em relação à alimentação (Santos, Dweck, Viotto, Rosa, & de Moraes, 2015; Sial et al., 2019). Uma das principais atividades agroindustriais, em âmbito global, é a produção de laranja, tanto para o processamento do suco quanto para outros co-produtos, ficando em quinto lugar como uma das frutas mais produzidas (Martinez-Hernandez et al., 2019; Calabrò, Paone, & Komilis, 2018).

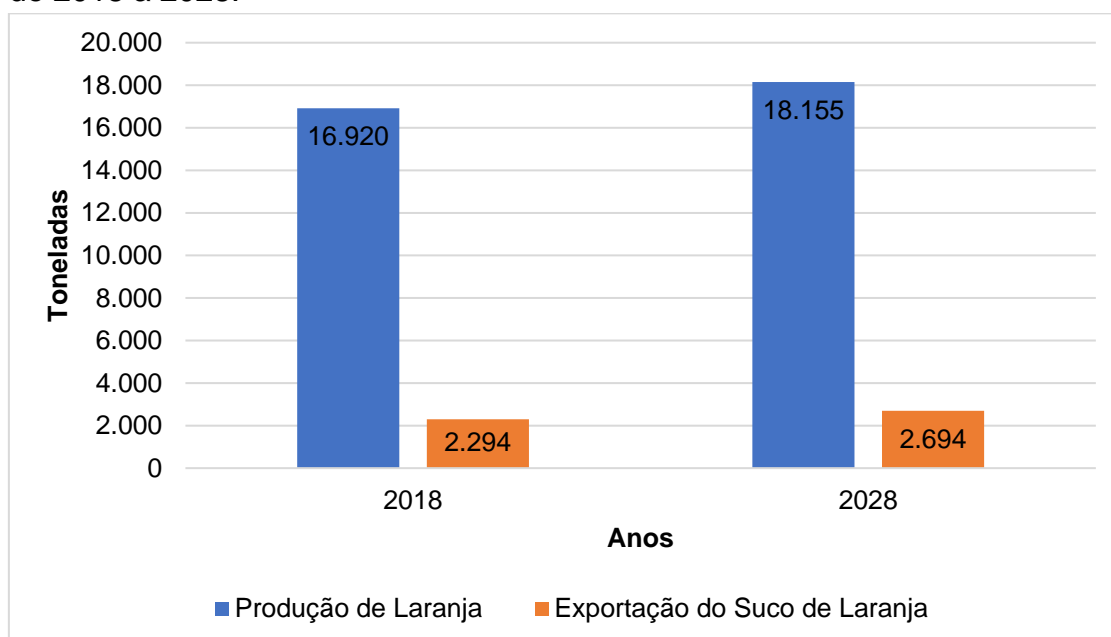
Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a produção mundial de laranja em 2017 foi de 82 milhões de toneladas (KWON et al., 2019). Salienta-se que a produção de laranja concentra-se principalmente no

Brasil, Estados Unidos da América, China, Índia e México (MARTINEZ-HERNANDEZ et al., 2019).

Segundo Santos et al. (2015), países produtores de laranja como o Brasil, tem uma economia de agronegócios, tanto para fruta in natura como processada, sucos, geleias, entre outros. Quando processadas contribuem na geração de resíduos resultando em diversas problemáticas ambientais como o descarte inadequado em aterros sanitários e a perda de um material natural valioso (Senit et al., 2019; Santos et al., 2015) que poderia ser convertido em biorrefinaria (SANTOS et al., 2015; SILES, VARGAS, GUTIÉRREZ, CHICA, & MARTÍN, 2016; BHATTACHARJEE & BISWAS, 2019).

Em 2017, o Ministério da Agricultura elaborou uma pesquisa de projeções do agronegócio de 2018 a 2028. A Figura 1 explana a produção de laranja e exportação do suco de laranja em 2018, no Brasil.

Figura 1: Produção de laranja e exportação de suco de laranja (mil toneladas) do ano de 2018 a 2028.



Fonte: Adaptado de Ministério da agricultura, 2018.

A partir dos dados da Figura 1, é possível verificar que a produção de laranja deverá passar de 18,1 milhões de toneladas na safra de 2028. Mantendo este ritmo, estima-se uma produção de 18,2 milhões de toneladas em 2027/28. A produção deve ter crescimento anual por volta de 0,7% no próximo decênio. Deste modo, sendo necessárias novas aplicabilidades das cascas de laranja, um subproduto, que garantam inovações ambientais.

Sendo assim, Santos et al. (2015) e Bhattacharjee & Biswas (2019) sugerem a geração de energia através da biomassa utilização desses resíduos de casca de laranja como um recurso (Santos et al., 2015; Bhattacharjee & Biswas, 2019). Afinal, as cascas de laranja são materiais baratos e fáceis de encontrar para aproveitá-lo como biomaterial (PANDIARAJAN et al., 2018). Salienta-se que a utilização da biomassa através da laranja abarca tanto o uso de tecnologias biológicas citando as técnicas de hidrólise enzimática e hidrólise química quanto às termoquímicas utilizando as técnicas mais frequentes como a pirólise, torrefação, gaseificação e a liquefação hidrotérmica (NEGRO et al., 2017; BHATTACHARJEE; BISWAS, 2019 and KWON et al., 2019).

O relatório International Energy Outlook de 2013 destaca que o até 2040 o consumo de energia mundial aumentará em até 56% e, diante das problemáticas climáticas e econômicas, briquetes e pellets têm sido vistos como promissoras fontes de energias renováveis (BHATTACHARJEE; BISWAS, 2019). As vantagens concernentes aos briquetes são diversas, principalmente, por serem fabricadas utilizando opções variadas de resíduos agrícolas, diminuição das emissões de CO₂ e por ser uma solução tanto para uso industrial quanto para uso doméstico (ARANSIOLA et al., 2019).

Portanto, a retomada de energia através da biomassa, fornece uma tática como substituto da lenha e mitigar os problemas ambientais globais desencadeados por emissões de CO₂ (ARANSIOLA et al., 2019; KWON et al., 2019). Diante deste contexto, o presente artigo identificou os resíduos descartados da laranja de um restaurante localizado na Grande Florianópolis e propôs a fabricação de briquetes como produto utilizando resíduos, com o intuito de substituir a lenha e reaproveitar um resíduo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Coleta de dados no restaurante

Foi aplicado um questionário composto por quatro perguntas abordando a geração de resíduos de casca de laranja do um restaurante Hoffmann localizado na Grande Florianópolis sendo um comércio de médio porte. O questionário encontra-se na tabela 1.

Tabela 1 – Questões aplicadas ao restaurante.

Questões

Quantos quilogramas aproximadamente por dia (semana ou mês se preferir) de laranja são utilizados pelo restaurante?

Em qual parte do processo produtivo o resíduo da casca de laranja é gerado?

O restaurante possui consciência dos possíveis danos gerados pelo descarte inadequado dos resíduos orgânicos em geral?

Existe uma política de reaproveitamento? Se não, vocês têm conhecimento de possíveis métodos de reutilizá-los? Se sim, quais são as formas de reaproveitamento conhecidas?

Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

2.2 Parte laboratorial

Como sugestão de reaproveitamento deste resíduo, foi realizado a produção de briquetes. Inicialmente, foram confeccionados 18 espécimes com diferentes composições, sendo elas com cascas de laranja, batata e de arroz, objetivando analisar resistência mecânica à compressão, volume, teor de umidade, monitoramento de fumaça, teor de cinzas e sílica. As cascas de laranja foram cedidas pelo restaurante Hoffmann localizado na Grande Florianópolis. Os experimentos foram feitos nos laboratórios de Química e Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

2.2.1 Preparação dos espécimes

As massas dos insumos para os espécimes estão descritas na Tabela 2. Cada espécime foi realizado em sextuplicada. Onde, três foram utilizados no teste de resistência mecânica e três na determinação de teor de umidade, fumaça e cinzas.

Tabela 2 - Composições dos diferentes tipos de corpo de prova.

Espécime	Casca de laranja (g)	Borra de café (g)	Casca de batata (g)	Casca de arroz (g)

1	25	25	100	10
2	10	40	100	10
3	40	10	100	10

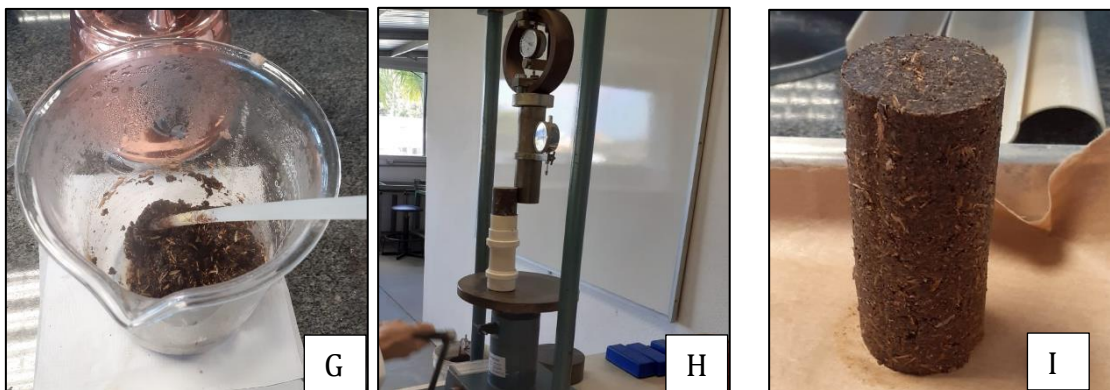
Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

As matérias primas variadas foram de casca de laranja e borra de café, a quantidade de cascas de batata e arroz permaneceram as mesmas em todos os espécimes. O espécime 1 apresentava a mesma proporção de casca de laranja e borra de café. No espécime 2, maior predominância de pó de café (40g) e no espécime 3 maior quantidade de casca de laranja (40g). Todos possuem a mesma massa final.

Na Figura 2 podem ser observadas a separação dos materiais para a produção dos espécimes.

Figura 2: Preparação dos espécimes. Cascas de arroz (A), cascas de laranja triturada (B), borra de café (C), cascas de batata (D), cascas de batata sendo liquidificadas com água (E), aquecimento (F), acrescentado os demais ingredientes (G), compressão (H) e briquete pronto após ser desenformado (I).





Fonte: Elaborado pelos autores.

Inicialmente, foram separadas as devidas quantidades de cada resíduo para a produção dos espécimes, sendo a casca de arroz (Figura 1A), cascas de laranja previamente trituradas (Figura 1B), a borra de café (Figura 1C) e por fim as cascas de batata (Figura 1D). Então, foram liquidificados 100 g de casca de batata (Figura 1E), após colocados em um becker sobre aquecimento a 100 °C durante 10 min (Figura 1F). Depois de adquirir uma cor mais escura, foram acrescentadas as cascas de laranja, arroz e a borra de café, sendo agitados até uniformizar a mistura (Figura 1G). Após a mistura feita, foi colocada em moldes PCV com 10 cm de altura e 4,5 cm de diâmetro e comprimida com 5 kg por cerca de 1 min (Figura 1H). Os espécimes foram retirados dos moldes após esfriarem e adquiriram o formato indicado na Figura 1I.

2.2.2 Teor de umidade

Parte representativa das amostras foram pesadas utilizando uma balança analítica e colocadas numa estufa a 105 ± 2 °C. Estes foram colocados em um dessecador até esfriar e pesadas novamente. As operações de aquecimento e resfriamento foram repetidas até atingir o peso constante, conforme o parâmetro ABNT NBR 8112/8612.

A equação para o cálculo de teor de umidade (TU) foi:

$$TU = \frac{M - M_1}{M_1} \times 100$$

Em que: TU é teor de umidade (%); M é massa amostral úmida (g); e M1 é amostra seca (g).

2.2.3 Teste de resistência mecânica à compressão

Utilizando uma máquina de testes de resistência EMIC os espécimes foram colocados à uma carga VALOR? até a deformação plástica em temperatura ambiente, foi aplicada em uma velocidade pré-estabelecida de $2 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. O resultado de resistência foi determinado por um software acoplado ao equipamento. Na Figura 3 observa-se a realização do teste e o aparelho utilizado.

Figura 3: Teste de resistência mecânica.



Fonte: elaborado pelos autores.

2.2.4 Teor de fumaça

O teor de fumaça foi realizado com escala Ringelmann durante a queima dos briquetes usando o bico de Bunsen, onde foram queimados 1/3 de cada espécime em uma cápsula de porcelana. Durante a queima, com 1 m de distância foi utilizado o aplicativo Virtual Ringelmann®, para observar o nível da fumaça de cada espécime.

2.2.5 Teor de cinzas

Parte das amostras (três) foram colocadas numa cápsula de porcelana sem umidade para ser queimada, transferida para um cadinho previamente seco e pesado e depois colocada numa mufla ($700 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$) durante 3 h. Após esse processo, o material foi resfriado em dessecador contendo cloreto de cálcio anidro até atingir massa constante. Os dados foram inseridos no software Statística 7.0 para análise ANOVA dos resultados.

2.2.6 Teor de sílica

As cinzas de cada espécime foram colocadas em um Becker de 250 mL, foram acrescentadas 50 mL de água destilada e para cada 1g de cinzas foram pingadas 1 mL de ácido clorídrico. Os beakers foram colocados sob aquecimento e agitação, a 100 °C durante uma hora.

Após as cinzas foram filtradas a vácuo no kitassato, utilizando o funil de Buchner com papel filtro. Foi realizada a retirada das cinzas do filtro e devolvidas ao Becker. Foram acrescentadas 50 mL de hidróxido de sódio e postas a agitação e aquecimento a 100 °C por uma hora.

O material sólido foi novamente filtrado a vácuo, porém, foram descartadas e deu-se continuidade com o líquido. O mesmo apresentava-se alcalino, então o pH foi ajustado para neutro com adição de ácido clorídrico.

O meio foi mantido em refrigeração, após, foi realizada a filtração a vácuo do líquido, restando no papel filtro apenas a sílica, a mesma foi passada para vidro relógio previamente pesado, e permaneceu em estufa a 105 °C/24 h. Após, foi realizada a pesagem do vidro relógio com a sílica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Questionário aplicado ao restaurante

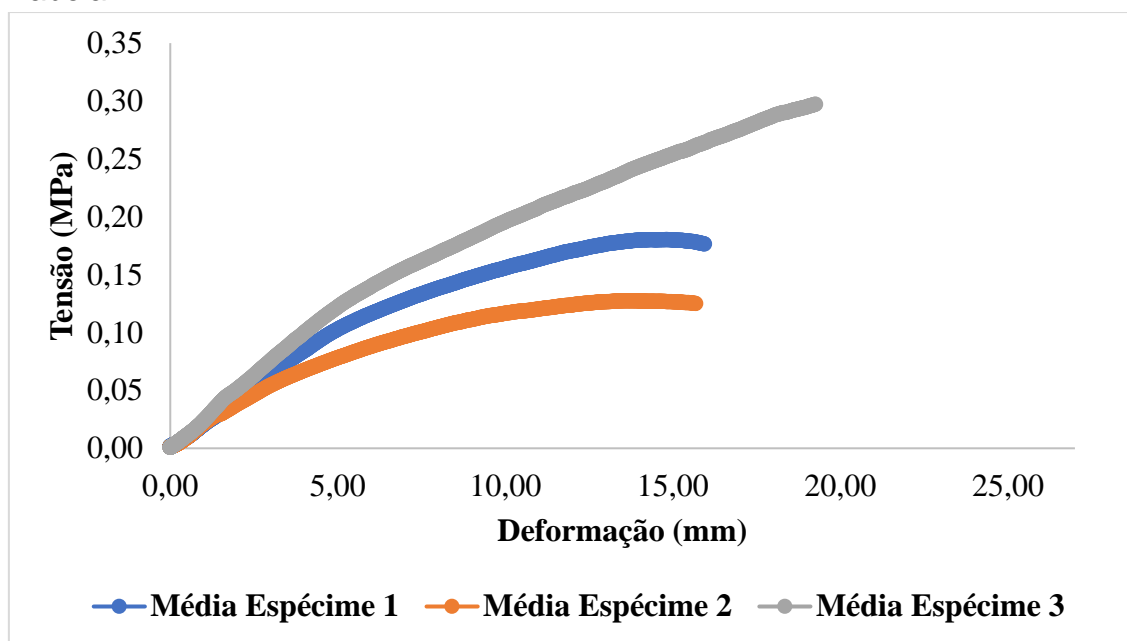
Segundo as respostas obtidas pelo funcionário(s)/proprietários do restaurante, diariamente são gerados cerca de 2 kg de casca de laranja proveniente do suco natural que é produzido para clientela. As mesmas são entregues à uma pessoa para utilizá-las em ração animal. A proprietária relatou que ela tem consciência dos possíveis danos gerados, como por exemplo, 60% dos resíduos de um aterro sanitário em Florianópolis é constituído por resíduos orgânicos, incluindo a casca de laranja, que poderiam ser reaproveitados de diversas maneiras, porém os colaboradores e auxiliares de cozinha não possuem este conhecimento.

3.2 Sugestão de reaproveitamento

A preparação de briquetes foi a proposta de reaproveitamento de resíduos de casca de laranja e borra de café com o intuito de aumentar a energia por compactação de biomassa.

Os resultados do teste de resistência mecânica dos diferentes espécimes podem ser observados na Figura 4.

Figura 4: Tensão de compressão versus deformação dos espécime 1, 2 e 3 segundo Tabela 2.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A resistência mecânica dos briquetes destina para fins domésticos. O briquete 3 apresentou maior resistência à compressão, rompendo-se numa tensão de 0,30 Mpa. Este espécime foi constituído de 25% de casca de laranja. Possivelmente a maior resistência apresentado pelo espécime 3 foi pelo fato da casca de laranja apresentar pectina em sua composição, a qual atua como aglutinante natural da biomassa, garantindo melhor resistência mecânica à compressão aos briquetes (BRAGA; ROCHA, 2012; TUMULURU et al., 2011). Esta propriedade faz-se importante pois, os briquetes serão submetidos a armazenamento e transporte.

Na Figura 5, pode-se notar a realização do teste de fumaça com escala Ringelmann.

Figura 5 – Queima do espécime na cápsula de porcelana (A); fumaça sendo emitida (B); análise com aplicativo Ringelmann (C).



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

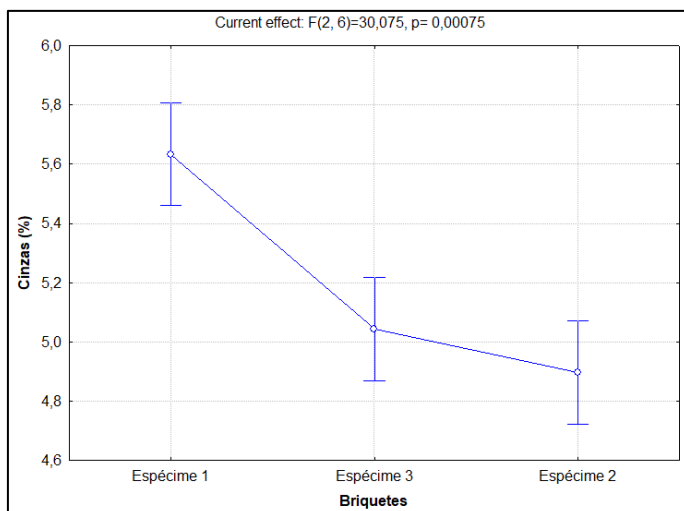
Para os espécimes 1 e 2 o nível de fumaça foi de 3, e para o espécime 3 foi o nível 4 de fumaça na escala de Ringelmann. Equivalendo uma densidade de 60-80%, sendo superior em comparação com a análise de monitoramento de fumaça realizada por Magnago et al. (2019), em que produziram briquetes com diferentes composições e proporções de borra de café, e a densidade da fumaça resultou em 40-50% (MAGNAGO et al., 2019).

A diferença entre a umidade dos espécimes não foi significativa. O espécime 1 apresentou umidade de 4,28% e o espécime 2, umidade de 4,5%, o espécime 3, constituído com prevalência de casca de laranja apresentou o teor de umidade inferior (3,75%). Quanto maior a umidade, menor é seu desempenho na queima (YAMAJI et al., 2013). Baixo teor de umidade também interfere na resistência mecânica, pois resulta em um produto mais estável, denso e viável, já o alto teor de umidade reduz o poder calorífico dos materiais, por conta da evaporação da água no início da combustão (SILVA et al., 2017).

Martins et al. (2016) realizaram a produção de briquetes de finos de carvão vegetal utilizando material residual da indústria de papel e celulose com amido de milho como aglutinante. Analisaram as umidades de equilíbrio, nas condições ambientais em que os briquetes foram produzidos, onde variaram de 10,35% a 11,03% (MARTINS et al., 2016), observa-se uma umidade superior ao encontrada no presente estudo.

Com relação a porcentagem de cinzas, a Figura 6 demonstra o quanto foi encontrado conforme cada espécime:

Figura 6 – Teor de cinzas de cada espécime.



Fonte: Elaboração dos autores, 2019.

Nota-se o valor de $p < 0,005$ logo, houve diferença estatisticamente significativa entre o teor de cinzas dos espécimes. O primeiro espécime apresentou maior porcentagem de cinzas (5,63%), embora o teor tenha sido consideravelmente baixo para todos. Corroborando com Ramos et al. (2009) onde o teor de cinzas do café foi de 4,33%, da mesma forma, em um estudo realizado por Vale et al. (2017) demonstraram que a mistura de casca de laranja com casca de batata resultou em um teor de cinzas de 5,09%, respaldando o atual estudo. Torna-se importante que após a queima de determinado material, o mesmo não resulte uma grande quantidade de resíduo sólido, busca-se também evitar corrosão de equipamentos tipicamente causados pelas cinzas (MAGNAGO et al., 2019; RAMOS et al., 2009; VALE et al., 2017). Logo, os briquetes tornam-se uma opção viável para menor geração de cinzas residual, principalmente tratando-se dos dois últimos espécimes.

A sílica do espécime 1 apresentou-se em menor quantidade (0,1532g), enquanto os espécimes 2 e 3 apresentaram maior quantidade de sílica, 0,2619g e 0,2547g respectivamente. Sendo que os espécimes 2 e 3 possuíam a quantidade de café ou de casca de laranja superior em relação ao espécime 1. A sílica apresentava-se com fundo em coloração amarelada. Acredita-se que ocorreu esta variação pelo fato de não obtermos controle sobre a biomassa, isto é, devido as variações geoclimáticas em que os subprodutos estavam submetidos.

Porém, sabe-se que grande parte da sílica foi proveniente da casca de arroz, pois a mesma é um bioprecursor natural valioso para a sílica biogênica, ela que

garante aumento da resistência mecânica estrutural da casca (ATHINARAYANAN et al., 2014; GOMES; FURTADO; SOUZA, 2018).

Segundo Fernandes, Sabino e Rossetto (2014), no Brasil cerca de 381.000 toneladas de casca de arroz são geradas anualmente, logo, poderia dobrar sua produção anual de sílica, podendo introduzi-la em diversos produtos no mercado, desde a agricultura, bebidas, cosméticos e na indústria farmacêutica até na indústria sucroalcooleira, onde a sílica pode ser utilizada no processo de transformar álcool etílico hidratado em álcool etílico anidro que é adicionado à gasolina (FERNANDES; SABINO; ROSSETTO, 2014). Devido a pureza das partículas de sílica derivadas da casca de arroz, elas são valorizadas sob o ponto de vista econômico. Não utilizá-las apropriadamente é um grande desperdício de matéria-prima nobre (POSSAMAI et al., 2006).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, briquetes de alta qualidade, armazenáveis e aptos para serem utilizados como combustíveis sólidos podem ser produzidos a partir da mistura de resíduos orgânicos como casca de laranja, borra de café, casca de arroz e casca de batata inglesa. Os testes realizados mostraram resultados consistentes e contribuem para futuros estudos acerca da utilização de briquetes como mitigadores de problemáticas ambientais.

Sendo assim, com o teste de resistência foi possível observar que os briquetes mais resistentes à compressão mecânica foram os que apresentaram maior concentração de casca de laranja. A respeito do teste de fumaça, com a exceção do espécime 3, os corpos de prova apresentaram o nível de fumaça determinado como 3, conforme a escala de Ringelmann.

No que tange ao teste de umidade, o espécime constituído com maior quantidade de casca de laranja apresentou o teor de umidade inferior (3,75%), sendo um resultado positivo, pois a umidade interfere na qualidade do briquete. Quanto ao teste de cinzas, o teor de cinzas encontrado foi baixo, tornando os briquetes uma alternativa viável para a menor geração de cinzas. Por fim, o teste de sílica demonstrou que a maior quantidade de sílica estava presente nos espécimes que obtinham maior concentração de casca de laranja ou borra de café.

Portanto, diante do contexto mundial, onde toneladas de resíduos de casca de laranjas são geradas anualmente e, em muitos casos, estes resíduos orgânicos são descartados inadequadamente, o presente artigo constatou a eficiência da produção de briquetes como forma de mitigar problemas ambientais envolvidos. Sendo assim, as aplicabilidades dos corpos de prova podem corroborar tanto para a substituição da lenha quanto para o reaproveitamento desses rejeitos de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

ARANSIOLA, E. F. et al. Effect of binder type , binder concentration and compacting pressure on some physical properties of carbonized corncob briquette. **Energy Reports**, v. 5, p. 909–918, 2019.

ATHINARAYANAN, J. et al. Synthesis of biogenic silica nanoparticles from rice husks for biomedical applications. **Ceramics International**, p. 1–7, 2014.

BHATTACHARJEE, N.; BISWAS, A. B. Pyrolysis of orange bagasse: Comparative study and parametric influence on the product yield and their characterization. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, n. 1, p. 102903, 2019.

BRAGA, J. M. C. DE S. D. D. T. DE S. M.; ROCHA, M. M. O. C. H. B. M. P. F. D. B. J. D. Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. **Embrapa Agroenergia**, 2012.

CALABRÒ, P. S.; PAONE, E.; KOMILIS, D. Strategies for the sustainable management of orange peel waste through anaerobic digestion. **Journal of Environmental Management**, v. 212, p. 462–468, 2018.

FERNANDES, L.; SABINO, M. G.; ROSSETTO, H. L. Método de extração de sílica da casca do arroz. **Cerâmica**, v. 60, p. 160–163, 2014.

GOMES, L. S.; FURTADO, A. C. R.; SOUZA, M. C. DE. A Sílica e suas Particularidades. v. 10, n. 4, p. 1018–1038, 2018.

KWON, D. et al. Orange peel valorization by pyrolysis under the carbon dioxide environment. **Bioresource Technology**, v. 285, n. March, p. 121356, 2019.

MAGNAGO, R. F. et al. Combustível Sólido a Partir De Biomassa Residual De Borra De Café, Casca De Arroz E Casca De Batata. **MIX Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 43–53, 2019.

MARTINEZ-HERNANDEZ, E. et al. Energy-water nexus strategies for the energetic valorization of orange peels based on techno-economic and environmental impact assessment. **Food and Bioproducts Processing**, v. 117, p. 380–387, 2019.

MARTINS, M. P. et al. Produção e avaliação de briquetes de finos de carvão vegetal compactados com resíduo celulósico proveniente da indústria de papel e celulose. **Revista Arvore**, v. 40, n. 1, p. 173–180, 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. e A., 2018. PROJEÇÕES DO AGRONEGÓCIO - Brasil 2017/18 a 2027/28. Brasília.

NEGRO, V. et al. Negro, V., Ruggeri, B., Fino, D., & Tonini, D. (2017). Life cycle assessment of orange peel waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 127(August), 148–158. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.014>Life cycle assessment of orange peel . **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, n. August, p. 148–158, 2017.

PANDIARAJAN, A. et al. OPAC (orange peel activated carbon) derived from waste orange peel for the adsorption of chlorophenoxyacetic acid herbicides from water: Adsorption isotherm, kinetic modelling and thermodynamic studies. **Bioresource Technology**, v. 261, n. April, p. 329–341, 2018.

POSSAMAI, V. et al. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SÍLICA OBTIDA POR LIXÍVIA ÁCIDA DA CASCA DE ARROZ E SÍLICA OBTIDA POR TRATAMENTO TÉRMICO DA CINZA DE CASCA DE ARROZ. **Quimica Nova**, v. 29, n. 6, p. 1175–1179, 2006.

RAMOS, P. H. et al. Production and characterization of activated carbon prepared from pva defect coffee. **Quimica Nova**, v. 32, n. 5, p. 1139–1143, 2009.

SANTOS, C. M. et al. Application of orange peel waste in the production of solid biofuels and biosorbents. **Bioresource Technology**, v. 196, p. 469–479, 2015.

SENIT, J. J. et al. Orange peel waste upstream integrated processing to terpenes, phenolics, pectin and monosaccharides: Optimization approaches. **Industrial Crops and Products**, v. 134, n. February, p. 370–381, 2019.

SIAL, T. A. et al. Evaluation of orange peel waste and its biochar on greenhouse gas emissions and soil biochemical properties within a loess soil. **Waste Management**, v. 87, p. 125–134, 2019.

SILES, J. A. et al. Integral valorisation of waste orange peel using combustion, biomethanisation and co-composting technologies. **Bioresource Technology**, v. 211, p. 173–182, 2016.

SILVA, D. A. et al. The Influence of moisture on the mechanical properties of briquettes made out of wood residues (eucalyptus sp. and Pinus sp.). **Revista Virtual de Quimica**, v. 9, n. 3, p. 1078–1086, 2017.

TUMULURU, J. S. et al. A review of biomass densification systems to develop uniform

feedstock commodities for bioenergy application. **Biofuels, Bioprod. Bioref**, p. 683–707, 2011.

VALE, A. T. DO et al. QUALIFICAÇÃO DE BRIQUETES PRODUZIDOS COM MISTURA DE REJEITOS SÓLIDOS URBANOS E RESÍDUOS AGRÍCOLAS. p. 530–543, 2017.

YAMAJI, F. M. et al. Análise Do Comportamento Higroscópico De Briquetes. **Energia Na Agricultura**, v. 28, n. 1, p. 11, 2013.

