



Caracterização física, química e energética de biomassas florestais e residuais para caldeiras

Lavinia Fernanda Liberato¹
Marcela de Melo Arthur²
Beatriz Zerbinato Balista³
Natália Lais Felisardo Vieira Arruda⁴
Saulo Philipe Sebastião Guerra⁵

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (lavinia.liberato@unesp.br), ²Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (marcela.mello@unesp.br), ³Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (beatriz.zerbinato@unesp.br), ⁴Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (n.arruda@unesp.br), ⁵Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (saulo.guerra@unesp.br).

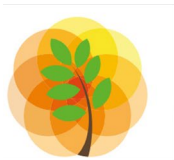
RESUMO: *O aproveitamento energético de resíduos florestais e materiais reciclados (ecopontos) é benéfico para as indústrias, pois, podem auxiliar na diminuição do uso de combustíveis fósseis e na redução dos custos de produção. O objetivo deste trabalho foi de comparar três fontes de biomassa - cavaco de eucalipto, cascas de eucalipto e materiais reciclados utilizadas durante a queima em caldeiras de geração de calor ou vapor, a fim de avaliar o potencial energético desses materiais. Os parâmetros analisados foram: umidade, cinzas, material volátil, carbono fixo, densidade aparente e poder calorífico superior. Os resultados obtidos demonstram que todas as biomassas possuem bom potencial energético, com destaque para os materiais reciclados. Apesar disso, este material apresentou altos níveis de cinza, podendo ocasionar problemas na caldeira. Conclui-se que é possível elencar as duas biomassas residuais – cascas de eucalipto e material reciclado como possíveis substitutas ao cavaco de eucalipto para queima em caldeiras de geração de calor ou vapor.*

Palavras-chave: materiais reciclados, bioenergia, ecoponto, biocombustível

Introdução

O uso de biomassa como fonte energética vem aumentando consideravelmente ao longo dos anos devido às preocupações ambientais (Goldemberg, 2017). Na matriz energética brasileira, este material já corresponde a aproximadamente 10% e é uma das principais linhas de pesquisa do país. O bagaço de cana e resíduos florestais são os mais utilizados, porém, outras fontes alternativas, como os resíduos recicláveis, por exemplo, estão sendo testados para reaproveitamento (Instituto de energia e meio ambiente - USP, 2019).

Os resíduos sólidos florestais são gerados a partir das plantações comerciais de madeira e são constituídos por partes da árvore descartadas após a colheita do tronco (folhas, galhos, cascas, pontas e tocos) e deixadas no solo após o corte. Mesmo esses resíduos favorecendo a ciclagem de nutrientes, o excesso deste material pode ocasionar diversos contratempos na área de plantio, como incêndios e manutenção de umidade excessiva no solo (Santana, 2019).



Já os resíduos recicláveis correspondem a parte de materiais secos presentes nos resíduos sólidos urbanos, sendo compostos por plástico, papel e papelão, vidro, metais e embalagens multicamadas. A falta de aproveitamento desses materiais causa perdas econômicas e problemas ambientais pelo descarte incorreto em lixões (Agência Brasil, 2022).

A demanda de redução do uso de combustíveis fósseis e busca por fontes energéticas alternativas é concomitante à necessidade de uma gestão sustentável para estes materiais (Nakashima et al., 2017). Entre as muitas tecnologias disponíveis, o processo de recuperação de energia através da incineração por queima em massa supre as duas demandas e, apesar das controvérsias, é um processo bem estabelecido.

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade da queima de cascas e cavacos de eucalipto e materiais recicláveis em caldeiras a fim de comparar o potencial energético e propriedades físico-químicas dos materiais em questão.

Material e métodos

Foram utilizadas amostras de cavaco de eucalipto, casca de eucalipto e material reciclado para comparação da queima desses biocombustíveis em caldeira de geração de calor ou vapor. As caracterizações físico-químicas e energéticas foram realizadas no Laboratório Agroflorestral de Biomassa e Bioenergia (LABB), integrante do Instituto de Pesquisas em Bioenergia (IPBEN) da UNESP, localizado na cidade de Botucatu-SP. As normas utilizadas estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1: Análises realizadas para caracterização dos combustíveis.

Análise	Método
Umidade Base Úmida	ABNT NBR 14929 (2017)
Material Volátil	ASTM E872-82 (2006)
Densidade aparente a granel	ABNT NBR 14984 (2003)
Cinzas	ASTM D11 02-84 (2007)
Carbono Fixo	ASTM E870-82 (2006)
Poder calorífico superior	ASTM D5865 (2013)

Para a análise estatística utilizou-se o software R (TEAM, 2023). Foram feitas comparações através do teste de Tukey considerando um nível de 5% de significância. A partir das caracterizações



realizadas, obteve-se histogramas que demonstram o desempenho dos combustíveis para cada variável. Além disso, evidencia-se por meio das letras o resultado obtido a partir do teste de Tukey.

Resultados e discussão

A partir das análises realizadas, obteve-se os resultados apresentados na Figura 1. Sabe-se que a umidade está diretamente relacionada ao poder calorífico útil, ou seja, a quantidade de energia que a queima da biomassa é capaz de gerar (Han et al., 2020). Segundo Carvalho et al. (2021), materiais com umidade acima de 15% apresentam perdas no aproveitamento energético. Apesar disso, na indústria são utilizadas biomassas com até 35% de umidade para queima. Nota-se que, cavaco e cascas de eucalipto apresentam resultados semelhantes entre si (41,2% e 35,7%, respectivamente), enquanto os reciclados apresentam teor de 18,5%. Levando em consideração os parâmetros estabelecidos pela indústria, os materiais reciclados apresentam resultados próximos aos ideais e, cascas de eucalipto, se encontram dentro do limite praticado.

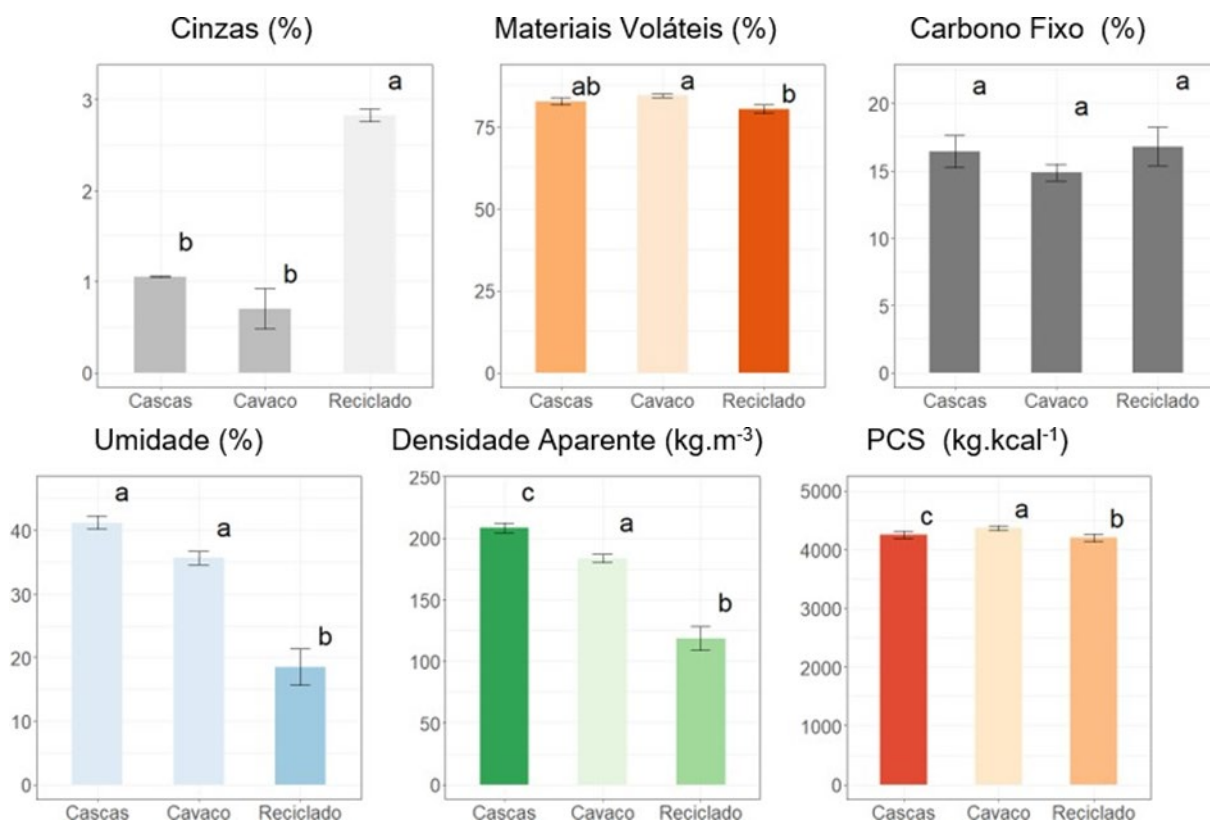
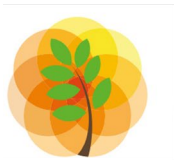


Figura 1 - Desempenho das biomassas para cada variável.



Cinzas, por se tratar de um resíduo inorgânico, ou seja, que não apresenta potencial energético, possui relação inversa ao poder calorífico. Para caldeiras, altos níveis de cinzas traduzem maiores problemas, como incrustação e escória (Reinaldo et al., 2006). Nota-se que as biomassas advindas do eucalipto (cavaco e cascas) apresentam menores quantidades desta variável, com valores de 1,0% e 0,7%, respectivamente, enquanto reciclados demonstra um teor de 2,8%, sendo necessário direcionar maiores atenções quanto ao uso desse material em caldeiras.

O teor de materiais voláteis influenciará na capacidade de combustão do material, sendo comum as biomassas apresentarem níveis de 70-85% (Carvalho et al., 2020). Nota-se que os três materiais obtiveram resultados dentro deste parâmetro, sendo que a cavaco de eucalipto apresentou maiores quantidades (84,5%), seguido de cascas de eucalipto (82,7%) e reciclados (80,4%).

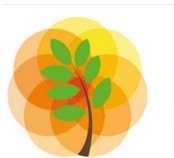
Da mesma forma que materiais voláteis, os níveis de carbono fixo influenciarão na capacidade de combustão, variando de 15-20% (Carvalho et al., 2020). A porcentagem de carbono fixo foi semelhante para os três tipos de biomassa, sendo que o menor nível (14,9%) foi apresentado pelo cavaco de eucalipto e, o maior, pelo material reciclado (16,8%). Portanto, no que tange esse parâmetro, os três combustíveis apresentaram desempenhos semelhantes aos encontrados na literatura.

Para os níveis de densidade aparente, as três biomassas apresentaram resultados estatisticamente distintos, sendo cascas de eucalipto com maiores níveis (208,3 kg m⁻³), seguido do cavaco de eucalipto (aproximadamente 183,3 kg m⁻³) e, por fim, reciclados (118,6 kg m⁻³). Segundo a literatura, quanto maior o nível de densidade aparente, melhor o desempenho energético da biomassa em caldeiras (Protásio et al., 2011).

O poder calorífico superior, sendo este a quantidade de energia liberada em forma de calor a partir da combustão, é um dos principais parâmetros para a avaliação da eficiência energética de uma biomassa (Habitzreiter et al., 2019). Apesar das três fontes de biomassa apresentarem médias similares, observa-se a partir do teste de Tukey ao nível de 5% de significância que, estatisticamente, há uma distinção entre os mesmos, com cavaco de eucalipto (4368 kg kcal⁻¹) apresentando níveis superiores em comparação a cascas de eucalipto (4250 kg kcal⁻¹) e reciclados (4200 kg kcal⁻¹).

Conclusão

Os resultados de umidade, materiais voláteis e carbono fixo podem ser associados ao comportamento da queima da biomassa, com destaque para o baixo valor de umidade para o material reciclado. Entretanto, esta biomassa apresentou um alto nível no teor de cinzas que pode ser explicado pela heterogeneidade do resíduo e sua origem dispersa e incerta. O cavaco de eucalipto se apresentou como o de maior poder calorífico superior.



Referências bibliográficas

AGÊNCIA BRASIL. Índice de reciclagem no Brasil é de apenas 4%, diz Abrelpe | Agência Brasil. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br>>. Acesso em: 9 abr. 2023.

CARVALHO, N. et al. Caracterização física e química da biomassa usada como combustível sólido em uma caldeira. Química Nova, v. 40, n. 1, 2020.

GOLDEMBERG, J. Current and Prospects in the Use of Biomass for Energy Generation. Revista Virtual de Química, v. 9, n. 1, p. 15–28, 2017.

HAN, J. et al. Development of the Process Model and Optimal Drying Conditions of Biomass Power Plants. ACS Omega, v. 5, n. 6, p. 2811–2818, 2020.

INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE - USP. Biomassa já responde por quase 10% de toda a matriz energética do Brasil. Disponível em: <<https://abrir.link/CO3Ad>>. Acesso em: 9 abr. 2023.

NAKASHIMA, G. T. et al. Lignocellulosic Materials: Characterization and Production of Briquettes. Revista Virtual de Química, v. 9, n. 1, p. 150–162, 2017.

PROTÁSIO, T. DE P. et al. Compactação de biomassa vegetal visando à produção de biocombustíveis sólidos. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 31, n. 68, p. 273–283, 2011.

TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. 2023.

REINALDO, R. F. et al. Caracterização de depósitos de cinzas de caldeira com queima de carvão pulverizado. Braz. Soc. of Mechanical Sciences and Engineering-ABCM, Curitiba, 2006.

SANTANA, E. R. Universidade Federal Da Grande Dourados Faculdade De Ciências Agrárias Caracterização E Briquetagem De Resíduos Florestais. Mato Grosso do Sul, 2019.

