



UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS FLORESTAIS NA PRODUÇÃO DE BRIQUETES: USO DE PÓ DE SERRA ORIUNDO DE UMA EMPRESA DE *PALLETS*

RICARDO DA SILVA MANCA, GABRIELLY MARIA COUTINHO ROSA

RESUMO

A bioenergia no Brasil vem sendo cada vez mais frequente, revelando novas oportunidades de negócios, dentre elas pode-se citar o briquete, uma forma de energia térmica renovável. O bioproduto foi produzido através de resíduos florestais, mais especificamente, o pó de serra, oriundo da Recipall, uma empresa que utiliza a fabricação de pallets. A atividade serralheira proporciona a simetria da madeira natural, que é composta de 99% de *Pinus Elliottii* e 1% do *Eucalipito Grandis*. Nesta atividade é gerado o pó de serra utilizado nesta pesquisa. No estudo foi analisado as características físicas do briquete tais como: Teor de umidade e de voláteis, teor de cinzas e tempo de chamas, bem como as características físicas da matéria prima, que foi realizado pelo Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia da UNESP de Botucatu. Com os resultados comparou-se a viabilidade do produto em relação as lenhas comercializadas e vendidas em mercados na cidade de Mogi Guaçu, que são utilizadas em residências em fogões à lenha. A comparação julgou parâmetros como a facilidade de armazenamento, e o poder energético. O briquete composto de 30g de pó de serra e 20g de parafina, atingiu um tempo de chama de 19:55 minutos, o que é positivo comparado com a lenha comercial.

Palavras-chave: Briquete; energia térmica; bioenergia; pó de serra; aglutinantes.

1 INTRODUÇÃO

A geração de energia pode ser descrita como a capacidade de gerar trabalho através da alteração da matéria. No sentido de produzir energia limpa, o mercado brasileiro vem explorando a bioenergia obtida por meio da biomassa. A biomassa consiste na matéria vegetal formada por meio da fotossíntese e seus derivados como: produtos florestais e agrícolas, resíduos animais, resíduos orgânicos industriais e urbanos. Atualmente, a produção de bioenergia no Brasil apresenta excelente oportunidade de negócio (SILVA *et al*, 2017).

Historicamente, a biomassa florestal tem um papel importante como insumo energético para a humanidade, principalmente para os países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. A valorização da biomassa como insumo energético se deu na década de 70, motivada pela crise do petróleo no período de 1973 e 1979. Naquele cenário, a biomassa passou a ser considerada uma alternativa para suprir as demandas por energia térmica (MÜLLER, 2005 *apud* SACCOL, 2017).

Segundo o instituto Embrapa (2006), a energia pode ser obtida por quatro fontes da biomassa, tais como: as derivadas de cultivos ricos em carboidratos ou amiláceos, que geram o etanol; as derivadas de lipídios vegetais e animais, que geram o biodiesel; a madeira, que pode gerar o metanol, briquetes ou carvão vegetal; e os resíduos e dejetos da agropecuária e da agroindústria, que podem gerar calor e energia elétrica.

O setor madeireiro é um grande gerador de resíduos florestais e apresenta um potencial

para o aproveitamento desses resíduos, uma vez que as perdas são inerentes ao processo produtivo, Estimativas apontam que 40% a 70% do volume da matéria prima são perdidos e destinados de forma inadequada (BOUNDELLE et al. 2002 *apud* SACCOL, 2017).

A biomassa florestal deve ser transformada em um recurso de fácil utilização ou em um combustível renovável. A associação de técnicas de transformação dos resíduos lenhosos, madeireiros e agrícolas em um produto de fácil transporte, manuseio e armazenamento, favorece o uso desses resíduos como alternativa para os combustíveis fósseis (SANTOS et al, 2013 *apud* SACCOL, 2017).

Levando-se em consideração o potencial uso da biomassa, o presente trabalho tem como objetivo confeccionar briquetes utilizando o pó de serra, residual da indústria madeireira. Ressalta-se que, o briquete apresenta uma gama de benefícios, com destaque para a capacidade calorífica, podendo ser utilizado para geração de energia elétrica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Química da Faculdade de Engenharia Ambiental da Faculdade Municipal Professor Franco Montoro, Mogi Guaçu, no período de agosto de 2021 a dezembro de 2021.

A Recipall é uma empresa situada em um dos distritos industriais da cidade de Mogi Guaçu, interior do estado de São Paulo. Para a elaboração de seus produtos, utiliza a madeira como matéria prima, correspondente a 1% de Eucalipto da espécie *Grandis* e 99% do *Pinus Elliottii*, as tábuas são provenientes do estado de Santa Catarina, todas elas apresentando certificação FSC. A qualidade do material se dá através da quantidade de casca neles contidos, assim formarão os pallets que serão classificados em A, B e C de acordo com as particularidades.

As máquinas utilizadas no processo são: desgrosso, que tem a função de limpar a madeira, a serra circular que irá serrar as tábuas e a destopadeira que é necessária para produzir os tocos utilizados para confecção de “pés” dos *pallets*, desta forma, para a aplicação desses métodos há geração de resíduos, totalizando 99 metros cúbicos de pó de serra por semana.

Para a confecção dos briquetes foi feita a coleta in loco, da amostra em 30 pontos diferentes, no depósito de pó de serra da Recipall. Após ser coletada, a amostra permaneceu por 7 dias exposta ao sol, a fim de diminuir a umidade presente na madeira. O material foi triturado com o auxílio de um liquidificador para se obter uma biomassa com o tamanho adequado para a produção de briquetes. Posteriormente, o material particulado foi separado em uma malha de 20 mm, para obtenção de tamanhos uniformes (Figura 1). Para prensagem, foi utilizada uma prensa hidráulica artesanal (Figura 2), para que a biomassa e a parafina fosse comprimida e ganhasse forma. Aqueceu-se a parafina em banho maria, com o auxílio de um béquer de vidro, a fim de derretê-la e foi acrescentado o pó de serra juntamente com o aglutinante já derretido, após isso, os compostos foram homogeneizados com uma colher e depositados na prensa.

Figura 1 – Separação do pó de serra



FONTE: Fonte Própria (2021)

Figura 2 – Prensa hidráulica artesanal



FONTE: Fonte Própria (2021)

A fim de analisar fisicamente os resíduos gerados foi necessário fazer a coleta in loco de 3 kg do material. Essa amostra foi coletada em aproximadamente 30 pontos diferentes, gerando uma amostra composta, de maneira que representasse todo o depósito de pó de serra. Após isso a porção foi enviada para o laboratório da Unesp de Botucatu, onde foram realizados alguns procedimentos, tais como: Amostragem e preparação para análise de acordo com a NBR 14660:2004; Teor de Umidade seguindo a ABNT NBR 14929:2017; Teor de Cinzas ASTM D1102 – 84 / 2007; Material volátil ASTM E872 – 82:2006; Carbono fixo ASTM E870 – 82:2006; Poder calorífico superior ASTM E711 – 84 / 2004.

Após a confecção do briquete, analisou-se o teor de umidade apresentado no briquete. Segundo a ABNT NBR 7190 Almeida, D.H et al (2014) o teor de umidade da madeira (TU) é a relação entre a massa da água presente na amostra e a massa da amostra seca.

A Equação 1 fornece a relação para determinação do teor de umidade da madeira, onde M1 é a massa inicial da madeira (em gramas) M2 é a massa de madeira seca (em gramas).

$$TU = \frac{M1 - M2}{M2} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Calculou-se o teor de voláteis, um dado importante para amostras de biocombustíveis. Este parâmetro está diretamente relacionado à capacidade calorífica da amostra. Segundo a norma ABNT/NBR 8112 o teor de voláteis pode ser verificado pela seguinte expressão:

$$TMV = \frac{Pms - Pmv}{Pms} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde: TMV = teor de matéria volátil (%); Pms = massa da amostra seca (g); Pmv = massa da amostra após a exposição a 1000°C (em gramas)

No estudo do teor de cinzas, as amostras foram submetidas ao forno mufla a temperatura de 1000°C por 120 minutos com gradiente de subida de 5 graus por minutos.

Analisou-se também o tempo de chama de cada briquete confeccionado, comparados ao tempo de chama de uma amostra de lenha comercial.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os briquetes possuem 30g de pó de serra, e o que diferencia é a quantidade de aglutinante na composição, tentou-se produzir briquetes com as quantidades de 5g e 10g do aglutinante parafina, porém não apresentaram boa compactação (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição dos briquetes

	Biomassa (g)	Parafina (g)
Briquete 1	30	15

Fonte: Fonte Própria (2021)

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos através de análise laboratorial no Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia (LABB) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) da cidade de Botucatu, São Paulo.

Tabela 2 – Umidade, Cinzas, Materiais voláteis e Densidade básica

Identificação	Umidade Base Seca (%)	Umidade Base Úmida (%)
Pó de Serra	14,49	12,66

Fonte: LABB (2020)

Os valores encontrados de UBS e UBU foram respectivamente 14,49% e 12,66%. Santiago (2007) em seus estudos com o aproveitamento de cascas de Eucalipto *Grandis*, encontrou 20,21% para Umidade Base Úmida (UBU) e 25,33% de Umidade Base Seca (UBS).

Tabela 3 – Cinzas, Materiais voláteis e Densidade básica

Identificação	Cinzas (%)	Materiais Voláteis (%)	Carbono Fixo (%)
Pó de Serra	0,61	83,63	15,76

Fonte: LABB (2020)

Os teores médios de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo, encontrados para o pó de serra, oriundos da amostra foram de 0,61%, 83,63% e 15,76%, respectivamente. Souza et al. (2012) trabalhando com resíduos de colheita de madeira e pó de serra de *Pinus Taeda* encontraram valores de 13,44% e 14,06% para carbono fixo, 0,20% e 0,31% para cinzas e 85,09% e 86,14% para materiais voláteis, respectivamente. Péres et al. (2015) encontrou, para *Pinus Radiata*, 15,17% para carbono fixo, 0,30% para cinzas e 77,71% para materiais voláteis.

Tabela 4 – Poder calorífico

Identificação	PCS (Kcal kg ⁻¹)	PCI (kcal kg ⁻¹)	PCU (kcal kg ⁻¹)	PCS (MJ kg ⁻¹)	PCI (MJ kg ⁻¹)	PCU (MJ kg ⁻¹)
Pó de Serra	4110	4079	3487	17,21	17,08	14,60

Legenda: PCS = Poder calorífico superior (kcal kg-1 e MJ kg-1); PCI = Poder calorífico inferior (kcal kg-1 e MJ kg-1); PCU = Poder calorífico útil (kcal kg-1 e MJ kg-1)

Fonte: LABB (2020)

O poder calorífico obtido a 0% de umidade para o pó de serra da madeira de *Pinus elliotti* foi de 4110 Kcal/Kg. Segundo Staiss; Pereira (2001), o poder calorífico superior está na faixa de 4460 Kcal/Kg, para a madeira de conífera. Brito (1993) afirma que a variação do poder calorífico superior para a madeira em geral está entre 3500 Kcal/Kg a 5.000 Kcal/Kg. O poder calorífico inferior obtido foi de 4079 kcal.kg-1, valor próximo ao encontrado por Souza et al. (2012) de 4423 kcal.kg-1 para pó de serra e 4578 kcal.kg-1 para resíduos de colheita de madeira de *Pinus taeda*, 4462 kcal.kg-1 encontrado por Quirino et al. (2004) para *Pinus elliottii*,

4551 kcal.kg⁻¹ para cavacos de *Pinus spp* encontrado por Grassmann *et al.* (2016) e 4491 kcal.kg⁻¹ encontrado por Protassio *et al.* (2015) para madeira residual de pinus.

O poder calorífico útil do pó de serra da amostra, foi de 3487 kcal.kg⁻¹. Grassmann *et al.* (2016), encontraram poder calorífico útil de 4954 kcal.kg⁻¹ para cavacos torrefeitos de *Pinus spp* a 280°C próximo ao encontrado neste estudo. Protassio *et al.* (2015) encontrou 4910 kcal.kg⁻¹ para pellets torreficados a 250°C de *Pinus sp.*

Na Figura 3, observa-se conforme a tentativa de confecção de um briquete com 10g de parafina, não sendo possível obter um bom resultado, pois a quantidade utilizada foi pequena tendo em vista os recursos disponíveis.

Figura 3 – Briquete com baixa compactação **Figura 4** – Briquete 1 e briquete 2 **FONTE:** Fonte Própria (2021)



FONTE: Fonte Própria (2021)

Por meio da Equação 1 chegou-se nos resultados dos teores de umidade, conforme a Tabela 5. Foi realizada a análise em duplicata e calculou-se a média das porcentagens. Observou-se que a quantidade de aglutinante inserido ao briquete, influencia diretamente ao seu teor de umidade, tendo em vista a composição dos briquetes, onde o briquete 2 possui 15g de parafina em sua composição, enquanto o briquete 1 é composto por 20g.

Tabela 5 – Teor de Umidade

Amostras	Teor de Umidade em duplicata (%)	Média (%)
Briquete 1	4,57 - 3,27	3,92
Briquete 2	5,03 - 5,34	5,20

Fonte: Fonte Própria (2021)

Foi analisado o teor e cinza das amostras dos briquetes 1 e 2, em triplicata e calculado a média dos valores, valores esses que se comparados ao estudo feito com as amostras da matéria prima é similar. O teor de cinzas encontrado não irá comprometer a capacidade calorífica, pois, a porcentagem encontrada é baixa.

Tabela 6 – Teor de Cinzas

Amostras	Teor de Cinzas em triplicata (%)	Média
Briquete 1	0,34 - 0,36 - 1,36	0,69
Briquete 2	0,27 - 0,03 - 1,04	0,45

Fonte: Fonte Própria (2021)

Utilizando a equação 2 chegou-se nos resultados para o Teor de Voláteis.

Tabela 7 – Teor de Voláteis

Amostras	Teor de Umidade (%)	Teor de Voláteis (%)
Briquete 1	3,27	98,20
Briquete 2	5,03	99,30

Fonte: Fonte Própria (2021)

Estes resultados estão em consonância com os estudos da matéria prima enviada para Botucatu, onde encontrou-se o valor de 83,63%. Bezerra (2016) que trabalhou com a fabricação de briquetes a partir da *Eichhornia Crassipes* (aguapé), resultando num valor de 84,70% para teor de materiais voláteis. Já os resultados de Schutz, et al (2010), que trabalhou com biomassa do pó de feijão e milho e obteve um teor de voláteis de 82,90%.

Foi realizada a análise de tempo de chama, comparando os briquetes com as diferentes composições, junto a lenha comercial oriunda do Eucalipto.

Tabela 8 – Tempo de chama

Amostras	Tempo de chama (minutos)
Briquete 1	18:27
Briquete 2	19:55
Lenha comercial	17:38

Fonte: Fonte Própria (2021)

Figura 5 – Briquetes sendo queimados no fogão à lenha

FONTE: Fonte Própria (2021)

Utilizou-se lenhas vendidas comercialmente, as mesmas foram selecionadas e cortadas de forma a utilizar uma amostra com o diâmetro mais parecido possível com as medidas dos briquetes, é possível observar que os briquetes se mostram mais eficientes que a lenha em relação ao tempo que o combustível mantém a chama acesa.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou que o pó de serra constituído 1% de Eucalipto da espécie *Grandis*,

e 99% do *Pinus Elliottii* pode ser uma importante alternativa para produção de biocombustíveis sólidos que podem ser utilizados em fornalhas industriais, transformando-o em uma fonte de renda para o proprietário da empresa Recipall, sabendo que esse material era doado ou então vendido por um preço muito baixo.

Os briquetes apresentaram boa compactação e conformação. Os teores de cinza e de umidade apresentaram valores baixos e satisfatórios, pois elevados teores de cinzas e umidade podem prejudicar a capacidade calorífica dos briquetes produzidos.

Um dado importante em amostras de biocombustíveis é o teor de voláteis. Este parâmetro está diretamente relacionado à capacidade calorífica da amostra. O valor encontrado neste trabalho se assemelha a resultados obtidos por outros autores, e mostra-se superior ao da madeira. Em termos de aglutinantes a parafina mostrou ser muito eficaz na formação dos briquetes.

Os estudos feitos no pó de serra pelo laboratório, comparados ao de outros pesquisadores nos mostra uma boa eficiência ao utilizar essa fonte de energia. O tempo de chama comparado ao da lenha comercial, foi maior, o que representa um aspecto positivo. Aspecto negativo tem relação com a quantidade de fumaça emitida na queima do briquete, por conta da parafina que pode ser solucionada com a utilização de chaminés.

Houve a redução do volume dos materiais ao se produzir o briquete e como consequência disso o baixo custo e maior quantidade do produto no transporte. Sendo assim a utilização do pó de serra como matéria prima na fabricação de briquetes representa uma fonte de energia alternativa, apresentando vantagens quanto a utilização de combustíveis fósseis, além de promover a redução de resíduos da indústria gerando uma fonte de renda.

Testes realizados com o material, mostraram uma possibilidade de usá-lo como acendedor de churrasqueira ou então fogão a lenha, pois ele auxiliou na formação de uma combustão rápida.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. H.; MOLINA, J. C.; ALMEIDA, T. H.; CALIL JUNIOR, C.; ALVES, A. C. L. Determinação do Teor de Umidade e Densidade Básica para Espécies de *Pinus* e *Eucalypto*. FAEF, SP, 2014.

BEZERRA, F. B. Estudo da viabilidade da produção de briquetes a partir da biomassa da *eichhornia crassipes* (aguapé). 2016, 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras. 2016.

BIOMAX. Briquetagem. Disponível em: <http://www.biomaxind.com.br/site/br/briquetagem.html>. Acesso em: 21 de ago. 2020.

LABB - Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia. Amostragem e preparação para análise, Teor de Umidade, Teor de Cinzas, Material volátil, Carbono fixo, Poder calorífico superior. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, São Paulo. 2020.

SACCOL, A. F. O. Aproveitamento de Biomassa Florestal na Fabricação de Briquetes. 2017 64 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

SILVA, J. W.F.; CARNEIRO, R. A. F.; LOPES, J. M. Da biomassa residual ao briquete: viabilidade técnica para produção de briquetes na microrregião de dourados-ms. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.6, n.4, p. 624-646, 2017.

SILVEIRA, M. S. Aproveitamento de Cascas de Coco Verde para Produção de Briquetes em Salvador-Ba. 2008 165 f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-graduação em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

Teor de umidade da madeira -NBR 7190 Projeto de estruturas de madeira. Direção: LEMAC