

PRODUÇÃO DE CARVÃO ATRAVÉS DA PIRÓLISE DE SERRAGEM

Evanuzia Miranda da Silva¹, Marcelo Mendes Pedroza², Pedro Oliveira Bittencourt³, Elaine da Cunha Silva Paz⁴, Michelle Ludmila Guedes dos Santos⁴

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins (PPGEA/UFT. e-mail: evamiranda@ifto.edu.br)

²Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins (PPGEA/UFT. e-mail: mendes@ifto.edu.br)

³Estudante de IC do Instituto Federal do Tocantins-IFTO, Graduando em Engenharia Civil- IFTO. e-mail: pedro.agrimensor.ifto@gmail.com

⁴Mestrandas do programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto- UNAERP. e-mail: elaine@ifto.edu.br; ludmilaguedes@ifto.edu.br

Resumo: A serragem é um resíduo proveniente do uso da madeira que pode ter aproveitamento econômico, como a utilização para produção de carvão ativado e bio-óleo. O objeto de estudo deste trabalho, é caracterizar o carvão de serragem obtido por pirólise através das análises de cinética de secagem, densidade aparente, análise imediata e de adsorção. O carvão em estudo foi obtido em um reator da marca FLYEVER do modelo FE50RPN de leito fixo bipartido de aço inox, de 100 cm de comprimento e diâmetro externo de 10 cm, linha 05/50 com microcontrolador acoplado em um forno tubular de 1200 °C 1 zona nas condições de 550 °C de temperatura, taxa de aquecimento de 20 °C/min, nitrogênio foi usado como gás de arraste com uma vazão de 4 mL/min. O tempo de permanência da biomassa no reator foi de 60 minutos. O valor da densidade aparente da serragem de madeira encontrado foi de 0,79 g/mL. O resultado da análise imediata foi de 0,1% cinzas, 4,6% umidade, 90,03% material volátil e 5,11% carbono fixo foi satisfatórios, pois o baixo teor de cinzas indica poucos minerais, fator importante na produção de carvão ativado. O carvão ativado pode ser usado para adsorção de contaminantes em meio aquoso. Na análise de adsorção, utilizando ácido acético em solução aquosa na concentração de 0,720 mol.L⁻¹, a quantidade máxima adsorvida ocorreu com massa de carvão em torno de 0,1 g, onde a remoção foi de 70 mg de ácido acético por mg de carvão serragem.

Palavras-chave: carvão, resíduos sólidos urbanos, serragem

1 INTRODUÇÃO

A grande quantidade de resíduos sólidos que é gerada pelo comércio, pelas indústrias e sociedade de modo geral tem despertado interesse de pesquisadores que buscam alternativas para o melhor aproveitamento do que hoje, no Brasil, é depositado em aterros sanitários ou lixões.

A serragem é um resíduo proveniente de indústrias madeireira gerada pelo processo de manipulação da madeira através da usinagem com serras. Em uma serraria que trabalha apenas com eucalipto, gera em média de 78 toneladas de serragem ao mês, o qual se aproveita pouca quantidade, sendo descartada a maior parte do resíduo (COUTO, 2009). Com isso, despreza um grande quantitativo de matéria prima que poderia ser direcionada para fins que possa gerar lucro.

O Brasil é visto como o país com maior cobertura florestal e o maior em florestas primárias tropicais do mundo, possui uma área coberta por estas florestas em torno de 477 milhões de hectares, o que representa mais de 55% da área territorial do país (SFB, 2011).

Por ser um país que possui uma vasta área territorial com florestas e com investimentos nas plantações de eucaliptos e madeiras de Lei, o Brasil é um grande extrator de madeiras, possuindo inúmeras indústrias madeireiras que trabalha na fabricação de móveis e demais subprodutos que gera uma grande quantidade de serragem, apesar de ser utilizada como adubo, na fabricação de briquetes e em caldeiras, ainda tem-se muito o que aproveitar.

A serragem é um dos diversos resíduos gerados nas serrarias, por ser de granulometria pequena, é pouco aproveitada, assim, verifica-se a necessidade de se ter tecnologias apropriadas para ter um melhor aproveitamento deste resíduo e evitar problemas ambientais devido ao seu acúmulo desordenado no meio ambiente (RODRIGUES, 2013).

O estado do Tocantins está inserido na Amazônia Legal, faz divisa com estados que a extração de madeiras contribui com a economia regional, como é o caso da região do Pará. A comercialização de madeira *in natura* e de móveis é comum em diversas cidades do estado. Com isso, há uma vasta quantidade de serrarias que produz resíduos. A serragem da região, assim como nos grandes centros indústrias, tem pouca utilização, sendo, na maioria das vezes, desprezada no meio ambiente.

Uma das finalidades que pode ser aplicada à serragem, objeto de estudo deste trabalho, é sua utilização para fins de produção de carvão ativado e bio-óleo. Estudos como o de Nobre (2015), Couto (2009), Ribeiro (2013) verificam a possibilidade de aproveitamento de serragem para produção de carvão ativado e concluíram em seus trabalhos que há um potencial para utilizar a serragem como matéria prima na produção de carvão ativado, apresentando bons resultados em suas pesquisas.

O objetivo desse trabalho foi produzir e caracterizar o carvão de serragem obtido através do processo de pirólise.

2 METODOLOGIA

2.1 Coleta e preparo da mostra

Os procedimentos metodológicos adotados foram a pesquisa bibliográfica, na qual realizou levantamento bibliográfico em artigos para fundamentar o problema. E na segunda etapa foi realizado coleta da amostra de serragem em uma serraria da cidade de Palmas Tocantins, a qual foi encaminhada para o Laboratório da área de Saneamento do Instituto Federal do Tocantins. A amostra foi submetida a um processo de secasse a temperatura de 40 °C por um período de 24 horas em uma estufa de marca Thoth, modelo Th-520-150.

2.2 Caracterização da Biomassa

2.2.1 Cinética de Secagem da Biomassa

A cinética de secagem foi obtida através do aquecimento da biomassa em uma temperatura constante de 50 °C em estufas SP-200 por um período de 48 horas observando-se a massa de água e voláteis perdidas em relação ao tempo de pesagem.

2.2.2 Densidade Aparente da Biomassa

A densidade aparente da serragem foi estabelecida através do princípio em que a densidade é a relação entre a massa e o volume da amostra. Sendo assim, utilizou-se o método LEDBIO 2, no qual uma proveta de 100 mL, tarada previamente, é acoplada a uma balança analítica (Figura 1), com objetivo de se obter a massa completando 5 adições sucessivas de volumes da serragem (20 mL, 40 mL, 60 mL, 80 mL e 100 mL).

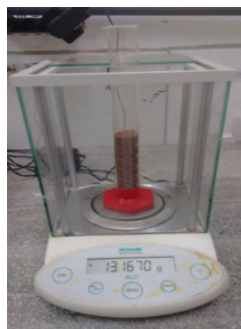


Figura 1 - Densidade Aparente da serragem de madeira

2.2.3 Caracterização da Biomassa através de análise imediata

Para a determinação do teor de umidade seguiu-se a norma ASTM D 3173-85. O teor de umidade foi obtido em conformidade com a Equação (1) abaixo:

$$\% \text{ Umidade} = [((P0 + C) - P1) / C] \times 100\%$$

Equação 1

Onde: P0= peso do cadinho vazio

P1= peso do cadinho mais amostra

C= amostra inicial

O teor de material volátil foi determinado segundo o método sugerido Sánchez *et al.*, (2009). Onde pesou-se em cadinhos aproximadamente 1 g (C) de biomassa, em seguida foram submetidos a uma temperatura de 810 °C na ausência de oxigênio por um período de 20 minutos

em estufa, deixou resfriar por 15 minutos em um dessecador e pesou-se novamente em uma balança analítica. Obteve-se a massa do material volátil da amostra com a Equação (2).

$$\% \text{ Material Volátil} = [((P1 - P2) / C)] \times 100\% \quad \text{Equação 2}$$

Onde: P1= peso do cadinho mais amostra

P2= peso do cadinho mais amostra após aquecimento

C= amostra inicial

Na determinação do teor de cinzas, pesou-se em cadinhos aproximadamente 1 g (C) de biomassa em seguida foram submetidos a uma temperatura mufla na presença de oxigênio à temperatura de 920 °C por 20 minutos. O teor de cinzas foi obtido a partir da Equação (3).

$$\% \text{ Cinzas} = [(P1 - P0)] \times 100\% \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

P0= peso do cadinho vazio

P1= peso do cadinho mais amostra

Para a determinação do teor de carbono fixo, os cálculos são feitos por diferença de 100% menos os percentuais obtidos das análises anteriores conforme a Equação (4) abaixo:

$$\% \text{ CF} = 100 - (\% \text{ Umidade} + \% \text{ Cinzas} + \% \text{ Material Volátil}) \quad \text{Equação 4}$$

2.3 Processo de Pirólise de Serragem a partir de briquetes para obtenção de carvão, líquido pirolenhoso

Os *briquetes* foram produzidos a partir da biomassa de serragem de madeira seca e na forma de pó, pesado em uma balança de precisão usando a biomassa no volume de 100 mL em um béquer de 500 mL, possuindo massa aproximadamente de 20 g. Adicionou-se a essa biomassa, 100 mL de água destilada para hidratação e deixou-se em repouso por 2 horas. Para obtenção do formato dos *briquetes*, a biomassa hidratada foi prensada dentro de um cano de 20 cm de comprimento x 32 mm de diâmetro. Os briquetes obtidos foram secos em uma estufa a 40 °C por 24 horas. A biomassa no formato dos briquetes foi submetido ao processo de pirólise em um reator de leito fixo bipartido da marca FLYEVER do modelo FE50RPN de aço inox, de 100 cm de

comprimento e diâmetro externo de 10 cm, linha 05/50 com microcontrolador acoplado em um forno tubular de 1200 °C 1 zona nas condições de 550 °C de temperatura, taxa de aquecimento de 20 °C/min, nitrogênio foi usado como gás de arraste com uma vazão de 4 mL/min. O tempo de permanência da biomassa no reator foi de 60 minutos. O carvão produzido foi quantificado no balanceamento de massas dos produtos (carvão, extrato líquido e gás) obtidos.

2.4 Análise de Adsorção de Ácido Acético no Carvão na concentração de 0,720 mol.L⁻¹ em massas diferentes de carvão de serragem

Preparou-se 1 litro de solução de ácido acético na concentração de 0,720 mol.L⁻¹ e 1 litro de solução de NaOH na concentração de 0,3 mol.L⁻¹. Depois das soluções preparadas pesou-se as seguintes massas em duplicata de 0,10 g; 0,15 g; 0,20 g; 0,25 g; 0,30 g; 0,35 g; 0,40 g; 0,45 e 0,50 g de carvão de serragem obtido nas condições descritas acima. Em seguida adicionou-se 50 mL de ácido acético na concentração de 0,720 mol.L⁻¹ e agitou-se em shaker por 30 min. As amostras retiradas da mesa agitadora foram filtradas em um papel filtro de 20 cm e tituladas com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,3 mol.L⁻¹. A massa de ácido acético adsorvido no carvão em mg/mg foi calculado de acordo com a Equação (5).

Massa do carvão em mg/g = $[M(\text{branco}) - M(\text{amostra})] / \text{massa do carvão adicionado}$ **Equação 5**

Onde: M = concentração em mol.L⁻¹

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Cinética de Secagem da Biomassa

A Figura 2 mostra a curva de secagem da serragem de madeira em função da temperatura e do tempo, respectivamente. Observa-se que houve uma redução da umidade do material com a manutenção da temperatura e aquecimento com o passar do tempo, atingindo uma constante a partir das 24 horas.

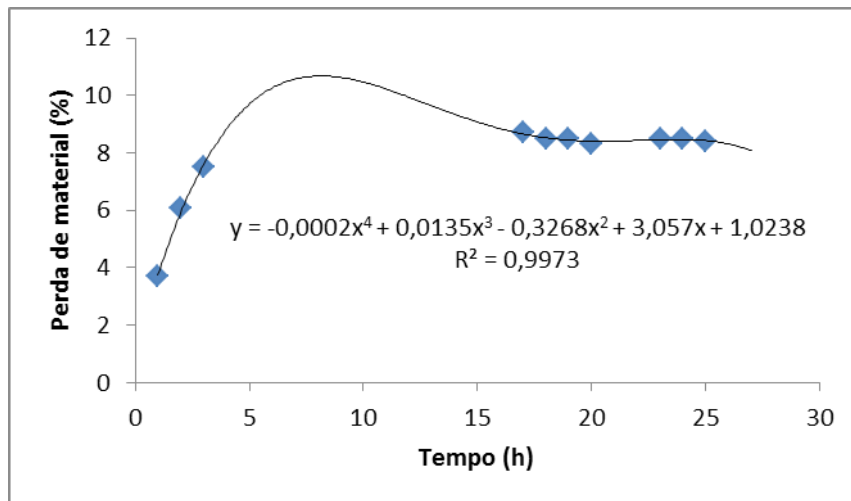


Figura 2 - Cinética de secagem a 40 °C

A redução da umidade da biomassa em relação ao tempo é visível nas primeiras cinco horas. Nas horas seguintes ficou oscilando, encontrando a estabilidade em aproximadamente 24 horas. Apresentando resultados satisfatório, comparando a perda em relação ao tempo e o resultado apresentado.

Resultado que tem respaldo na literatura, pois o R2 está bem próximo a 1. Isto significa que o modelo de ordem 4, apresentado na figura 3 ajusta bem os dados experimentais obtidos durante a secagem da amostra de serragem.

O valor da densidade aparente da serragem de madeira encontrado foi de 0,79 g/mL. Sendo mais um dado que caracteriza a biomassa em estudo. Este valor está associado à umidade e à qualidade da serragem.

3.2 Caracterização da Biomassa através de Análise Imediata

O processo de análise imediata fornece as frações em peso de umidade, voláteis, cinzas e carbono fixo de uma amostra de biomassa. Entre as normas usadas destacam-se ASTM para análise imediata de carvão e coque (D-3172[72] até D-3175[75]) ou as normas ASTM D 1102 e ASTM E 870 a E 872. Os resultados das análises imediatas obtidos a partir da biomassa da serragem de madeira se encontram, descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise imediata da serragem de madeira

Biomassa	Análise Imediata (%)			
	Cinzas	Umidade	Material Volátil	Carbono Fixo
Serragem	0,1	4,6	90,03	5,11

Fonte: Autor, (2016)

Pequena quantidade de cinzas obtido em uma amostra de biomassa é um fator positivo na produção de carvão ativado, pois sua presença desfavorece o processo de adsorção.

A umidade indica retenção de líquidos na biomassa. Segundo Valcarenhi e Ribeiro (2013), os poros presentes no pó da serragem é responsável pela retenção de líquidos, com isso, é variado conforme a sua origem. É uma variável que influencia na combustão, pois, quanto mais elevada, maior será o consumo de energia para sua combustão.

O valor de carbono fixo encontrado na serragem é inferior ao do estudo de Jardim (2014), que apresentou resultados de diferentes biomassas: Bambu – 13,97; bagaço de cana-de-açúcar 14,64; casca de café – 17,31; capim-elefante – 15,39 e serragem de eucalipto – 13,47. São valores relativamente superiores ao da serragem.

A Tabela 2 apresenta os resultados de testes de adsorção de ácido acético na concentração de 0,720 mol.L⁻¹ no carvão de serragem de madeira.

Tabela 2 - Adsorção de ácido acético na concentração de 0,720 mol.L⁻¹ em diferentes massas de carvão de serragem pirolisado

Nº da amostra	Massa de carvão em (g)	Massa de ácido acético Adsorvido em mg/mg de carvão de serragem
1	0,1020	70,56
2	0,1533	39,14
3	0,2011	35,80
4	0,2502	43,16
5	0,3062	35,27
6	0,3501	37,13
7	0,4004	31,47
8	0,4507	19,97
9	0,5001	25,18

Fonte: Autor, (2016)

É possível verificar que quantidade máxima de adsorção ocorreu em uma massa de carvão em torno de 0,1 g, onde a remoção foi de 70 mg de ácido acético por mg de carvão serragem.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados parciais encontrados para o carvão de serragem, conclui-se que nas análises imediatas os resultados foram satisfatórios, pois o baixo teor de cinzas indica que há poucos minerais nesta biomassa, fator importante a ser considerado na produção de carvão ativado. Quanto à adsorção em ácido acético, o melhor resultado obtido neste processo foi com massa de

0,1 g de carvão, indicado na Tabela 2. Onde a massa de ácido acético adsorvido em mg/mg de carvão de serragem foi de 70,56.

Assim, vale ressaltar a necessidade de mais análises para obter maiores informações da biomassa em estudo em que o carvão de serragem possa ser apresentado como alternativa de destinação final adequada e viável para este resíduo.

REFERÊNCIAS

- FERREIRA FILHO, S. S.; MARCHETTO, M. **Otimização Multi-objetiva de Estação de Tratamento de Águas de abastecimento: remoção de turbidez, carbônico orgânico total e gosto e cor.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **11**(1), 2006. p.7-15.
- JARDIM, J. M. **Potencial Energético de Diferentes Biomassas Agroflorestais.** Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, 2014.
- NOBRE, J. R. C. **Caracterização do Carvão ativado Produzido a Partir de Serragens de Maçaranduba.** *Scientia Forestalis* **43**(107), 693-702, 2015.
- PEDROZA, M. M. **Bio-óleo e Biogás da degradação termoquímica de lodo de esgoto doméstico em cilindro rotativo.** Tese de Doutorado, Universidade do Rio Grande do Norte, 2011. p. 210.
- RODRIGUES, T. O. **Avaliação dos Impactos Ambientais da Produção de Bioóleo a partir de Serragem no Estado do Pará.** Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.TD – 29/2013, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013. p. 184.
- SFB / IPAM. **Florestas Nativas de Produção Brasileira.** Serviço Florestal Brasileiro / Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Relatório, Brasília, DF, 2011.
- VALCARENGUI, G.; RIBEIRO, L. F. P. **Adsorção de azul de metileno de solução aquosa com utilização de pó de serragem de mdf e madeirite e carvão ativado granular.** *XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química.* Florianópolis, Brasil. DOI: 10.5151/chemeng-cobeq2014-1174-20660-181424, 2014.