

ESTUDO DO POTENCIAL DE ADSORÇÃO DO CARVÃO E PODER CALORÍFICO OBTIDO A PARTIR DE BIOMASSA DO COCO DA BAÍA.

Elaine da Cunha Silva Paz¹, Luciana Rezende Alves de Oliveira², Marcelo Mendes Pedroza³, Ricardo Resplandes de Sousa Paz⁴, Pedro Oliveira Bittencourt⁵

¹Pesquisadora do Instituto Federal do Tocantins-IFTO, Mestranda da Universidade de Ribeirão Preto-UNAERP. e-mail: <elaine@ifto.edu.br>

²Pesquisadora da Universidade de Ribeirão Preto-UNAERP, Doutora em Química – USP. e-mail: <lroliveira@unaerp.br>

³Pesquisador do Instituto Federal do Tocantins-IFTO, Doutor em Engenharia Química- UFRN. e-mail: <mendes@ifto.edu.br>

⁴Estudante de IC do Instituto Federal do Tocantins-IFTO, Graduando em Engenharia Civil- IFTO. e-mail: <ricardosousapaz@gmail.com>

⁵Estudante de IC do Instituto Federal do Tocantins-IFTO, Graduando em Engenharia Civil- IFTO. e-mail: <pedro.agrimensor.ifto@gmail.com>

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo avaliar o potencial adsorvente do carvão obtido por pirólise em reator de leito fixo de resíduos sólidos do coco da baía. O resíduo do coco foi escolhido devido sua abundancia no Brasil sendo assim, a inserção deste, na produção de carvão é econômico e ambientalmente vantajoso, por ser de baixo custo para a indústria. Constatou-se o poder calorífico de 17,5 MJ/kg na biomassa estudada. O carvão usado no processo de adsorção foi obtido através de pirólise em reator de leito fixo na temperatura de 550°C, sendo o nitrogênio o gás de arraste com uma vazão de 4mL/min, taxa de aquecimento de 10 °C/min. O tempo de residência da biomassa no reator foi de 60min. Os rendimentos dos produtos da pirólise foram de 28,57% para o líquido pirolenhoso, 35,57% de carvão e 35,86% de gás. Na análise de adsorção com azul de metileno notou-se que 9,54 g de carvão obtido por pirólise da fibra de coco da baía adsorveu todo o Azul de metileno de 3 litros de solução na concentração 9,33 mg/L, totalizando 28 mg de corante adsorvida.

Palavras-chave: carvão vegetal, energia, fibra de coco, pirólise, adsorção

1 INTRODUÇÃO

O mercado do coco verde no Brasil tem crescido nos últimos anos. A evolução do mercado é evidenciada no setor industrial, focado em disponibilizar o produto nas prateleiras dos supermercados em diferentes embalagens (MARTINS, 2014).

O Tocantins, estado mais novo da federação, detêm regiões que são favoráveis para a produção do coco da baía, apresentam como aspectos positivos boas condições climáticas e solo adequado para o cultivo e produção do vegetal. Entre os municípios, encontram-se os maiores produtores Porto nacional, Araguaína, Wanderlândia, Filadélfia e Monte do Carmo, sendo este último o que possui a maior área colhida com 130 hectares (IBGE, 2015).

Os resíduos sólidos, proveniente do consumo do coco *in natura*, cujas cascas são ricas em fibras formam amontoados em locais inadequados, tais como parques e calçadas onde esses produtos são comercializados, ou até mesmo quando depositados em terrenos baldios, ruas, onde normalmente é considerado lixo urbano. Estes degradam a paisagem, produzem mau cheiro, e colocam em risco o meio ambiente e a saúde pública.

No Brasil, a lei nº 594, de 24 de dezembro de 1948 concede incentivos ao uso da fibra de coco a qualquer empresa legalmente constituída para a exploração industrial da fibra. Ao aproveitar a matéria-prima nacional, esta, possui isenção de imposto de importação e taxas aduaneiras.

Segundo Silva (2008), o endocarpo *in natura* pode ser comercializado para a produção de carvão ativado e ou combustível, dado o seu poder calorífico. Para Santos (2011), no processo de pirólise ocorre a degradação da biomassa por meio do aquecimento, formando o carvão, óleo e gás político, sendo que as condições do reator são fatores determinantes no processo de rendimento dos produtos gerados.

A pirólise pode ser definida como a degradação térmica do material orgânico na ausência parcial ou total de um agente oxidante, ou mesmo num ambiente com uma concentração de oxigênio capaz de impedir a gaseificação intensiva do material orgânico. A pirólise ocorre, a partir de uma temperatura de 400 ° C, até ao início do sistema de gaseificação (PEDROZA *et al.*, 2010; PEDROZA, 2011).

Objetivou-se, portanto, estudar o potencial adsorvente em moléculas orgânicas do carvão obtido por pirólise em reator de leito fixo e o potencial energético de resíduos sólidos do coco da baía.

2 METODOLOGIA

. Os resíduos de coco-da-baía da espécie anão na condição *in natura* foram coletados no Parque Cesamar no setor urbano de Palmas no Tocantins. Os frutos verdes inteiros (mesocarpo e albúmen) foram triturados no triturador de coco modelo TRC-40 5V mono TRAPP para a obtenção da fibra, em seguida eles foram submetidos a secagem a sombra em meio ambiente. Para aceleração do material obtido, este foi submetido a temperatura de 50° C por um período de 24 horas em uma estufa de marca Thorth, modelo Th-520- 150.

2.1 Caracterização

2.1.1 Análise Elementar

Amostras de fibra de coco *in natura* foram analisadas em um analisador elementar Perkin-Elmer CHNS/O 2400 series II com o intuito de determinar os teores de carbono, hidrogênio e nitrogênio da biomassa.

2.1.2 Análise do Teor de Lignina, Celulose e Hemicelulose

Na determinação dos teores de lignina, celulose e hemicelulose da amostra de coco-da-baía *in natura* empregará o método de “KLASON” de acordo com Silva; Queiroz (2002). A extração com o método “KLASON” ocorreu em 3 etapas, considerando uma sequência de solventes (detergente neutro- DN, detergente ácido – DA, e solução de ácido sulfúrico a 72%). Para o percentual de lignina a solução de ácido sulfúrico é utilizada na temperatura de 15°C por um período de 3 horas, e em seguida lavagem com água destilada para que na sequência o material vá a molho em acetona por cerca de 2 a 3 minutos.

2.1.3 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):
$$\%Umidade = \left[\frac{(P_0 + C) - P}{C} \right] * 100\% \quad \text{Equação 1.}$$

O teor de material volátil foi determinado segundo o método sugerido Sánchez *et al.*, (2009). Onde pesou-se em cadinhos aproximadamente 1g das amostras de biomassa e carvão, em seguida foram submetidos a uma temperatura de 810°C na ausência de oxigênio por um período de 20min em estufa, deixou resfriar por 15 min em um dessecador e pesou-se novamente em uma balança analítica. Obteve-se a massa do material volátil da amostra

com a Equação 2:
$$\%Material\ Volátil = \left[\frac{P_1 - P_2}{C} \right] * 100\% \quad \text{Equação 2.}$$

Na determinação do teor de cinzas, pesou-se em cadinhos aproximadamente 1g de biomassa, em seguida foram submetidos a mufla na presença de oxigênio à temperatura de 920°C, por 20 minutos. O teor de cinzas foi obtido a partir da Equação 3:
$$\%Cinzas = (P_1 - P_0) * 100\% \quad \text{Equação 3.}$$

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

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

2.2 Análise da Densidade Biomassa

Para a obtenção da densidade aparente da biomassa, acoplou-se uma proveta de 100mL em uma balança analítica, zerou-se a balança e adicionou-se a biomassa de fibra de coco *in natura* na forma de pó e obteve-se as

massas (g) nas cinco sucessivas adições nos respectivos volumes de 20mL, 40mL, 60mL, 80mL e 100mL. Calculou-se a densidade média e o desvio padrão.

2.3 Processo De Pirólise Da Biomassa e Rendimento Do Carvão

A biomassa foi ao reator na forma de *briquete* formato 20 cm de comprimento e 30 mm de diâmetro (Figura 1). A conversão foi efetuada em um reator de leito fixo bipartido de aço inox, de 100 cm de comprimento e diâmetro externo de 10 cm de marca FLYEVER do modelo FE50RPN, linha 05/50 com um microcontrolador acoplado em um forno tubular 1200°C 1 zona. O reator foi aquecido por forno bipartido de aço inox nas condições de temperaturas de 500°C e 550°C, sendo o nitrogênio o gás de arraste com uma vazão de 4mL /min, taxa de aquecimento de 10 °C/min. O reator de pirólise acoplado a um termopar foi inicialmente aquecido a uma temperatura de forno de 200°C. Ao termopar acusar a temperatura 130°C a interna do tubo de pirólise, elevou-se a temperatura do aparelho de acordo com as condições de 500°C ou 550°C, atingindo uma temperatura do tubo pirolítico de até 370°C O tempo de residência da biomassa no reator foi de 60min



Figura 1 - Processo de pirólise do briquete da fibra de coco

2.4 Análise De Adsorção De Azul De Metileno

O teste foi feito em filtro descendente contendo como meio filtrante os seguintes materiais: pedregulho, areia e carvão da pirólise do coco. Durante os testes de adsorção foram avaliadas as seguintes variáveis de processo: tempo, granulometria do carvão e concentração do corante. Foi utilizado o corante sintético do tipo azul de metileno na concentração de 9,3 mg/L.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta-se os resultados obtidos nas análises imediatas da fibra de coco e do carvão.

Tabela 1 - Análise imediata da fibra de coco

Análise Imediata (%) da Biomassa e do Carvão Obtido por Pirólise

	Cinzas	Umidade	Material Volátil	Carbono Fixo
Fibra de Coco	1,98	7,6	81,5	8,92
Carvão 500°C	8,92	4,33	42,45	44,3
Carvão a 550°C	7,23	5,76	43,79	43,22
Carvão a 525°C	7,63	6,69	42,56	43,12

Fonte: Autor, (2016)

O teor de cinzas está diretamente relacionado com a presença de substâncias minerais como: cálcio, potássio, fósforo, magnésio, ferro, sódio concentrados principalmente no mesocarpo. Valores elevados de cinzas representam baixo poder calorífico, e por consequência um carvão de má qualidade no qual pode provocar corrosão dos equipamentos utilizados na conversão energética.

A umidade corresponde à perda, em peso, sofrida pelo produto quando é aquecido em condições na qual a água é removida. Na verdade, não é apenas água a ser removida, mas também outras substâncias voláteis nessas condições. Quando se analisa um combustível o principal critério a ser levado em conta é o poder calorífico, e este sofre influência direta com o aumento da umidade. Quanto maior o conteúdo de umidade, menor é o seu poder de combustão, devido ao processo de evaporação da umidade, o qual absorve energia em combustão.

Sabe-se que para um processo de obtenção de energia, a determinação de material volátil e de carbono fixos é de fundamental importância, uma vez que, valores elevados de material volátil e baixo teor de carbono fixo correspondem a uma queima rápida do combustível.

A análise elementar consiste em determinar os elementos constituintes de uma amostra orgânica e a sua proporção, permitindo o cálculo da fórmula empírica. De acordo com Cortez et al., (2010) os valores obtidos na análise elementar podem variar em virtude da variedade analisada bem como do grau de maturação.

Compreende-se que o poder calorífico de combustíveis é a quantidade de energia interna contida no combustível, sendo que quanto mais alto o poder calorífico, maior será a energia contida. O poder calorífico superior encontrado na fibra de coco foi de 17,5 (MJ kg⁻¹).

A Tabela 2 informa a composição elementar da fibra de coco estudada bem como um comparativo com os resultados obtidos por outros autores o que mostra uma proximidade de valores.

Tabela 2 - Análise elementar da fibra de coco em análise e de outros autores

Análise Elementar		Outros autores	
Elementos	Valores (%)	Figueiredo (2011)	Cortez

			<i>et al (2010)</i>
Carbono (C)	45.1	44.18	42.11
Hidrogênio (H)	6.8	6.74	5.23
Nitrogênio (N)	0.4	0.53	2.98
Enxofre (S)/Oxigênio (O)	47.7	48.55	-
Enxofre (S)	-	-	0.12

Fonte: Autor, (2016); Figueiredo (2011); Cortez *et al.* (2010).

Entende-se que uma elevada concentração de carbono é uma característica da potencialidade energética da biomassa vegetal, e está correlacionado ao poder calorífico. Os teores de enxofre e nitrogênio em uma biomassa estão relacionados com o potencial poluidor após sua combustão, uma vez que são passíveis de formar compostos como óxidos de nitrogênio (NOx) e de enxofre (SOx).

A determinação dos teores de cada composto químico (lignina, celulose e hemicelulose) presente na fibra de coco apresentados na Tabela 3 foi de suma importância uma vez que a composição da biomassa está diretamente relacionada com o produto final da pirólise.

Tabela 3 - Compostos químicos presentes na fibra de coco em análise e de outros autores

Elementos	Compostos Químicos (%)		
	Autor (2016)	Figueiredo (2011)	Cabral (2015)
Lignina	32.1	31,77	40,1
Celulose	36	35,88	25,7
Hemicelulose	11,2	10,81	12,26

Fonte: Autor (2016); Figueiredo (2011); Cabral (2015).

Para Protásio *et al.*, (2012) o teor de lignina, está diretamente relacionado ao poder calorífico da biomassa vegetal por apresentar um maior teor de carbono, apresenta elevada estabilidade térmica correlaciona-se com a qualidade e produção do carvão vegetal.

O carvão vegetal é produzido a partir da lenha pelo processo de carbonização ou pirólise. Os rendimentos dos produtos da pirólise foram respectivamente de 28,57% e 35,57% para líquidos e carvão, sugerindo condições mais favoráveis a produção de carvão vegetal.

A densidade aparente é uma correlação entre a massa da biomassa e o espaço permitido para a circulação de ar. O valor encontrado a biomassa de fibra de coco foi de 0,1581g/cm³. Segundo Brito *et al.*, (1987) elevados valores de densidades possibilita a produção de carvões mais densos, e, portanto, de qualidade mais desejáveis.

O carvão pulverizado é indicado como adsorvente para tratamento em meio aquoso com objetivo de remover cor, cheiro e outras impurezas. Sendo estas empregadas principalmente quando em baixas concentrações e que o tamanho poro do carvão seja diretamente relacionado ao tamanho da partícula a ser removida. Na figura 2

encontra-se o resultado obtido referentes os testes de adsorção de Azul de Metileno na concentração de 9,54 mg/L em 9,3 gramas do carvão de fibra de coco.

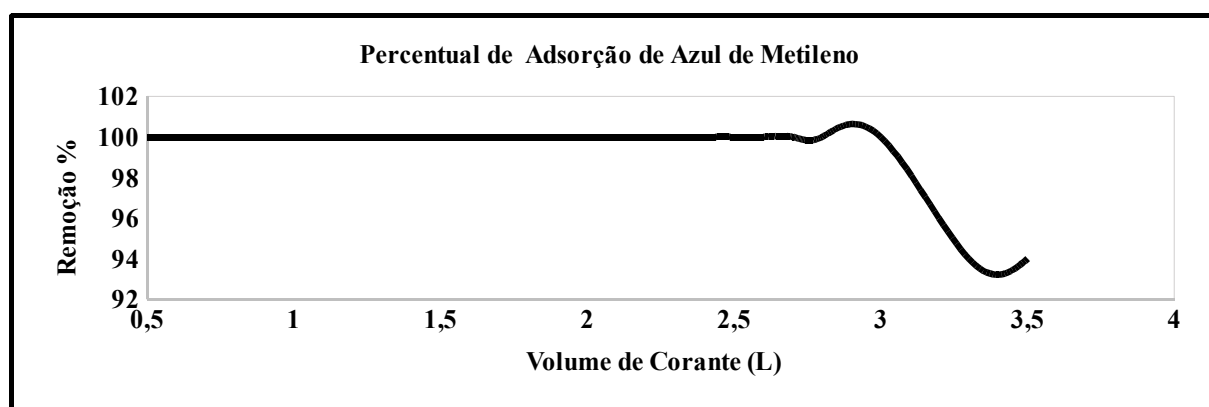


Figura 5: Percentual de remoção de Azul de metileno.

A Figura 2 apresenta o percentual de remoção do corante em 4 litros de solução do corante, constatam-se que a remoção de Azul de Metileno foi de 100% até o volume de 3 litros de solução tratada, ao ser adicionado mais 1 litro, o percentual de remoção diminui, que indica o início da saturação do carvão.

Nota-se que que 9,54 g de carvão obtido por pirólise da fibra de coco da baía adsorveu todo o Azul de metileno de 3 litros de solução na concentração 9,33 mg/L, totalizando 28 mg de corante adsorvida. A capacidade de adsorção de Azul de Metileno foi de aproximadamente 3 mg de azul de metileno por 1 g de carvão.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do coco da baía *in natura* para a geração de energia é uma alternativa de minimização de quantidade de resíduos sólidos urbanos, uma vez que sua disponibilidade é alta em parques, locais turísticos entre outros além de nos permitir minimizar problemas de saúde pública, já que é passível de acumular água de chuva, local propício para o depósito e desenvolvimento de vetores transmissores de doenças. Sendo assim, a produção de carvão ativado torna-se uma alternativa de reaproveitamento para resíduos de atividade agroindustriais. Mediante análise dos resultados obtidos, fica evidenciado o potencial da utilização do carvão obtido durante a pirólise de coco da baía em ensaios de adsorção. Além desta vantagem, o processo de pirólise da biomassa apresentou bom rendimento para

outros produtos com valor comercial e ambiental, como o bio-óleo e o biogás. Sugere-se o estudo do poder calorífico destes produtos para a utilização como fonte de energia.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 594, de 24 de dezembro de 1948. Concede favores às fábricas que se instalarem para exploração da fibra do coco, com o aproveitamento de matéria prima nacional. Diário Oficial da União - Seção 1 – Página 18461. Brasília, 29 de dezembro de 1948. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1940-1949/lei-594-24-dezembro-1948-367387-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acessado em 10 maio de 2016.

BRITO, J. O. Expressão da produção florestal em unidades energéticas. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., CONGRESSO FLORESTAL 118 BRASILEIRO, 7.; 1993, Curitiba. Anais... Curitiba: SBS, SBEF, 1993. P. 280-282.

CABRAL, Mirelle Márcio Santos *et al.* Aproveitamento da casca do coco verde para a produção de etanol de segunda geração. 2015.

FIGUEIREDO, A. L. Pirólise termoquímica de pós da fibra de coco seco em um reator de cilindro rotativo para produção de bioóleo. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia do Petróleo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 113 p, 2011

MARTINS, C. R.; JESUS Jr. L. A. Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio Internacional. Documentos 184. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 2014.

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, 210 p, 2011.

PEDROZA, M. M., VIEIRA, G. E. G., SOUSA, J. F., PICKLER, A. C., LEAL, E. R. M., MILHOMEN, C. C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. Revista Liberato, 11, p.147-157, dez. 2010.

PROTÁSIO, T.P.; TRUGILHO, P.F.; NEVES, T.A.; VIEIRA, C.M.M. Análise de correlação canônica entre características da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus. Scientia Forestalis, Piracicaba, SP, v.40, n.95, p.317-326, 2012.



SANTOS, K. G. Aspectos fundamentais da pirólise de biomassa em leito de jorro: fluidodinâmica e cinética do processo. 2011. 261 f. Tese (Doutorado em engenharia química) - Universidade Federal de Uberlândia, MG, 2011.

SILVA, Luiz Cláudio Ferreira da Utilização de Resíduo Lignocelulósico na obtenção de Chapa de Madeira Aglomerada Homogênea e Compósito Reforçado com Fibra de Vidro-E. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tese de Doutorado. Natal, 2008