

ESTUDO DO POTENCIAL DE ADSORÇÃO DE CARVÃO OBTIDO A PARTIR DE BIOMASSA DA AGROINDÚSTRIA DO COCO

Elaine da Cunha Silva Paz¹ (elaine@ifto.edu.br), Luciana Rezende Alves de Oliveira² (lroliveira@unaerp.br), Marcelo Mendes Pedroza¹ (mendes@ifto.edu.br), Ricardo Resplandes de Sousa Paz¹ (ricardosousapaz@gmail.com), Pedro Oliveira Bittencour¹ (pedro.agrimissor.ifto@gmail.com)¹, Michelle Ludmila Guedes dos Santos¹ (ludmilaguedes@ifto.edu.br), Evanuzia Miranda da Silva¹ (evamiranda@ifto.edu.br), Argemiro Lima Pedrosa¹ (pedrosa@ifto.edu.br), João Victor Barbosa Moura (victor.moura@ufca.edu.br)³.

1 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS -
CAMPUS DE PALMAS
2 UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO – UNAERP
3 UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI - UFCA

RESUMO

O uso de carvão produzido a partir de biomassas agroindustriais com a finalidade de empregar técnica de adsorção para retirada de contaminantes em meio aquoso vem em crescente estudo. 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 abundância no Brasil sendo assim, a inserção deste, na produção de carvão é econômico e ambientalmente vantajoso, por ser de baixo custo para a indústria. 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 de ácido acético em diferentes concentrações usando 0,2 g de carvão pulverizado, foi possível obter uma remoção de 129 mg/mg de carvão do coco, enquanto que na adsorção de ácido acético na concentração de 0,720mol/L em diferentes massas de carvão observou-se uma remoção de 125 mg de ácido acético por mg de carvão do coco quando a massa de carvão foi de 0,2g. Em ensaios 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 antes de .

Palavras-chave: Adsorção, Carvão, Resíduo Agroindustrial.

STUDY OF COAL ADSORPTION POTENTIAL OBTAINED FROM BIOMASS OF COCONUT AGROINDUSTRY

ABSTRACT

The use of coal produced from agroindustrial biomasses with the purpose of employing adsorption technique to remove contaminants in aqueous medium has been studied in greater detail. The present work aims to evaluate the adsorbent potential of the coal obtained by pyrolysis in a fixed bed reactor of solid residues of the coconut of the bay. The residue of coconut was chosen due to its abundance in Brazil, so its insertion in the production of coal is economical and environmentally advantageous because it is of low cost to the industry. The coal used in the adsorption process was obtained by pyrolysis in a fixed bed reactor at a temperature of 550°C, nitrogen being the drag gas with a flow rate of 4mL / min, a heating rate of 10°C / min. The residence time of the biomass in the reactor was 60min. The yields of pyrolysis products were 28.57% for pyroligneous liquid, 35.57% of coal and 35.86% of gas. In the adsorption analysis of acetic acid in different concentrations using 0.2 g of pulverized coal possible to obtain a removal of 129 mg / mg of coconut coal, while in the

adsorption of acetic acid in the concentration of 0.720 mol / L in different masses of coal observed A removal of 125 mg of acetic acid per mg of coconut charcoal when the mass of charcoal was 0.2 g. In tests with methylene blue, it was observed that 9.54 g of coal obtained by pyrolysis of the coconut fiber of the bay adsorbed all the methylene blue of 3 liters of solution in the concentration 9.33 mg / L, totalizing 28 mg of dye Adsorbed.

Keywords: Adsorption, Coal, Agroindustrial Residue.

1. INTRODUÇÃO

O mercado do coco verde no Brasil tem crescido nos últimos anos, tanto pelo aumento de áreas de plantios, com o coco anão verde destinado à produção de água, quanto pelo incremento do consumo da água de coco, impulsionados principalmente pela inclusão de hábitos saudáveis no comportamento da população brasileira. A evolução do mercado também é evidenciada pelo setor industrial, focado em disponibilizar o produto nas prateleiras dos supermercados em diferentes embalagens (MARTINS, 2014).

O coco se destaca comercialmente principalmente nas regiões litorâneas, onde a venda de sua água é intensa, gerando uma grande quantidade de resíduos após o consumo. O volumoso resíduo gerado é, na maioria das vezes, descartado de forma imprópria, gerando poluição e aumentando potencialidades de doenças nas regiões afetadas.

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. Ao gozarem desses benefícios, as empresas estarão obrigadas a submeterem-se previamente a exames e a aprovação do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio todos os planos, permitir visitas de alunos de determinados cursos, quando acompanhados de professores e não acarretarem perturbações do serviço entre outras obrigações.

Com o surgimento de uma variedade de poluentes industriais e a crescente preocupação com as questões ambientais têm-se levado à pesquisa de novos métodos de tratamento e desenvolvimento de novos materiais que é capaz de reduzir estes problemas ambientais. A biomassa gerada pelas cascas do coco pode ser utilizada na produção de carvão vegetal, gás combustível ou ainda de bio-óleo por intermédio do processo termoquímico de pirólise. O uso dessa biomassa na produção de carvão pode agregar valor e constituir renda para a comunidade onde se descarta esses produtos, bem como contribuir para a diminuição de impactos à natureza.

De acordo com Pedroza *et al.*, (2014), o carvão também pode ser empregado na remoção de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas de efluentes, substituindo o carvão ativado comercial. Além disso, podem ser utilizados em caldeiras e fornos tubulares, fornos comerciais (pizzaria, padaria, etc.) e uso doméstico (lareiras e churrasqueiras).

Para Santos (2011), o processo de pirólise ocorre da degradação da biomassa por meio do aquecimento, formando o carvão, óleo e gás pirolítico, 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 a uma temperatura de 400 ° C, até ao início do sistema de gaseificação (PEDROZA *et al.*, 2010; PEDROZA, 2011).

2. OBJETIVO

Avaliar o potencial adsorvente em moléculas orgânicas do carvão obtido por pirólise em reator de leito fixo de resíduos sólidos do coco-da-baía.

3. METODOLOGIA

O material colocado em estudo neste trabalho é o resíduo proveniente do processo de extração da água de coco verde, ou seja, o fruto verde *in natura* sem a água, constituídos, portanto da epiderme, mesocarpo fibroso, endocarpo e albúmen. 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.

3.1 Caracterização dos produtos

3.1.1 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.

3.1.2 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” ocorre 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.

3.1.3 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) abaixo:

$$\% \text{ Umidade} = \left[\frac{(P_0 + C) - P_1}{C} \right] * 100\% \quad (\text{Equação 1})$$

O teor de material volátil foi determinado segundo o método sugerido Sánchez *et al.*, (2009). Onde pesou-se em cadinhos aproximadamente 1 g 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 esfriar 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.

$$\% \text{ Material Volátil} = \left[\frac{P_1 - P_2}{C} \right] * 100\% \quad (\text{Equação 2})$$

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 920C, por 20 minutos. O teor de cinzas foi obtido a partir da Equação 3.

$$\% \text{ Cinzas} = (P_1 - P_0) * 100\% \quad (\text{Equação 3})$$

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:

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

3.1.4 Análise do pH do Carvão e Bio-óleo

A determinação do potencial de Hidrogeniônico das amostras de carvão foi realizada em triplicata no Laboratório de Saneamento de acordo com a norma ASTM D 3838-80 (1999). Com cerca de 10 g de carvão foram colocados em contato com 100 mL de água destilada deionizada, a qual foi aquecida à aproximadamente 90°C e agitada por 15 minutos. Em seguida, filtrou-se a solução com papel filtro e deixou-a esfriar até a temperatura de 50°C e mediu-se o pH em pHmetro.

O pH do bio-óleo obtido foi determinado em pHmetro digital, da marca TECNAL, modelo 3MP, a uma temperatura de 20 °C.

3.1.5 Análise da Densidade Biomassa e Bio-óleo

A análise da densidade do bio-óleo foi realizada com o auxílio de um picnometro de vidro de 10 mL a uma temperatura de 20 °C. 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.

3.2 Processo de Pirólise da Biomassa e Rendimento do carvão

A biomassa foi ao reator na forma de *briquete* no formato de 20cm de comprimento e 30mm de diâmetro. 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 microcontrolador acoplado em um forno tubular 1200°C 1 zona. O reator foi aquecido por forno bipartido de aço inox nas condições de 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.

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. Os tempos de pirólises condicionados nas amostras foram de 30 e 60 minutos. O rendimento do carvão foi obtido através do balanceamento de massas dos produtos (carvão, extrato líquidos e gás) obtidos no processo de pirólise. A Figura 1 mostra o reator de pirólise de leito fixo usado no processo de obtenção do carvão em estudo.



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

3.3 Análise de Adsorção de Ácido Acético em diferentes concentrações em 0,20g de Carvão de Coco da espécie anã.

Prepararam-se 6 soluções de ácido acético nas seguintes concentrações: 2,880 mol/L, 1,440 mol/L, 0,720 mol/L, 0,360 mol/L; 0,180 mol/L; 0,90 mol/L. Pesou-se 0,2 g de carvão em cada erlenmeyer e adicionaram-se 50mL das soluções de ácido acético e submeteu a agitação em uma mesa agitadora orbital por cerca de 30 min. As adsorções foram realizadas em triplicatas, totalizando 18 adsorções. As amostras retiradas da mesa agitadora foram filtradas em um papel filtro de 20 cm e

tituladas com a solução de hidróxido de sódio na concentração de 0,430 mol/L. Usou-se como indicador fenolftaleína.

3.4 Análise de Adsorção de Ácido Acético no Carvão na concentração de 0,720 mol/L em massas diferentes de carvão de Coco da espécie anã.

Preparou-se 1 litro de solução de ácido acético na concentração de 0.720 mol/L e 1 litro de solução aquosa de NaOH na concentração de 0.3 mol/L. Depois das soluções preparadas pesaram-se as seguintes massas em duplicata de 0,10g; 0,15g; 0,20g; 0,25g; 0,30g; 0,35g; 0,40g; 0,45 e 0,50g de carvão de coco obtido nas condições descritas acima. Em seguida adicionaram-se 50 mL de ácido acético na concentração de 0,720 mols/L 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. Usou-se como indicador fenolftaleína. A massa de ácido acético adsorvido no carvão em mg/g foi calculada de acordo com a Equação 5.

$$\text{Massa de carvão em } \frac{mg}{g} = \frac{[M(\text{branco}) - M(\text{amostra})]}{\text{Massa de carvão adicionado}} \quad (\text{Equação 5})$$

3.5 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.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização dos produtos

A Tabela 1 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 1: Análise elementar da fibra de coco em análise e de outros autores.

Elementos	Análise Elementar		Outros autores	
	Valores (%)			
	Autor (2017)	Figueiredo (2011)	Cortez <i>et al</i> (2008)	
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, (2017); Figueiredo, (2011); Cortez *et al*, (2008).

A determinação dos teores de cada composto químico (lignina, celulose e hemicelulose) presente na fibra de coco apresentados na Tabela 2 é de suma importância uma vez que a composição da biomassa está diretamente relacionada com o produto final da pirólise. É interessante ressaltar que a decomposição dos compostos químicos ocorre em faixas de temperatura diferentes, enquanto

que a hemicelulose e a celulose se decompõem nas faixas de temperaturas de 220 – 315°C e 315-400°C respectivamente a lignina irá se decompor em uma faixa de temperatura bem mais ampla de 160- 900C.

Tabela 2: Compostos químicos presentes na fibra de coco em análise e de outros autores

Compostos Químicos (%)		Outros autores	
Elementos	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 teor de lignina encontrado no material estudado foi de 32,1%, um indicativo favorável para utilização desta biomassa para produção de carvão.

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 à produção de carvão vegetal.

A Tabela 3 informa os resultados obtidos em análises imediatas da biomassa da fibra de coco bem como dos carvões produzidos nas temperaturas de 500, 525 e 550°C.

Tabela 3: Análise Imediata da biomassa de coco e de carvões.

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, (2017)

É interessante ressaltar que teor de cinzas está diretamente relacionado com a presença de substâncias minerais como: cálcio, potássio, fósforo, magnésio, ferro, sódio concentrados

principalmente no mesocarpo. Entende-se que a presença de valores elevados de cinzas representa baixo poder calórico, e por consequência um carvão de baixa qualidade o qual pode provocar corrosão dos equipamentos utilizados na conversão energética.

Quanto à umidade, esta corresponde à perda em peso, sofrida pelo produto quando é aquecido em condições na qual a água é removida assim como, também outras substâncias voláteis na mesma condição.

O material volátil está diretamente relacionado ao processo de obtenção de energia. Sendo assim, a determinação de material volátil e de carbono fixo 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.

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 da madeira, menor é o seu poder de combustão, devido ao processo de evaporação da umidade, o qual absorve energia em combustão.

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) enquanto que os pesquisadores Figueiredo (2011) o valor encontrado foi de 16,24 MJ kg⁻¹, Tsamba; Yang; Blasiak (2006) de 20,51 MJ kg⁻¹ e Tsai; Lee; Chang (2006) encontrou 22,83 MJ kg⁻¹.

Na Tabela 4 Encontram-se os valores de propriedades físicas determinados na biomassa, carvão e bio-óleo da fibra de coco estudada.

Tabela 4: Propriedades físicas da biomassa, carvão e bio-óleo obtido por pirólise em reator de leito a partir da fibra de coco-da baía.

Propriedades Físicas		
	Densidade (g/cm ³)	pH
Biomassa	0,1581	-----
Carvão	-----	8,95
Bio-óleo	1,62	3,4

Fonte: Autor, (2017).

A análise de pH do carvão vegetal permite avaliar as interações eletrostáticas, fator determinante em um processo de adsorção. Sabe-se que as características ácidas ou básicas de um carvão são determinadas pelo seu modo de preparação bem como aos grupos químicos disponíveis em sua superfície. O pH do carvão analisado é de natureza básica, sugerindo a inexistência de grupos ácidos e oxigênio em sua superfície.

O pH encontrado na análise do bio-óleo foi de 3,4 o que indica a presença de compostos de natureza ácida.

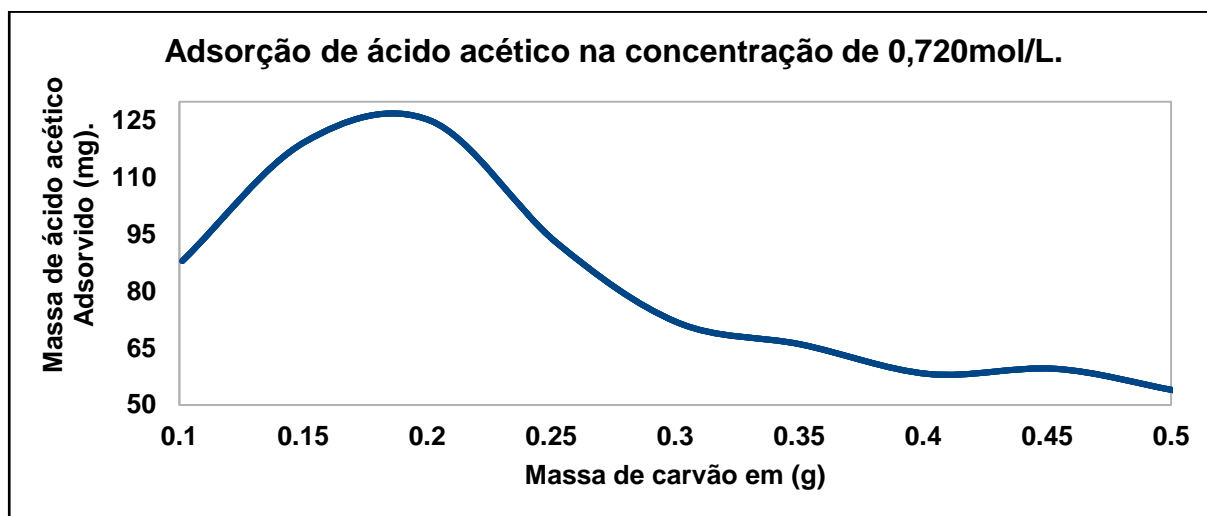
A densidade aparente é uma correlação entre a massa da biomassa e o espaço permitido para a circulação de ar. O valor encontrado a biomassa de fibra de coco foi de 0,1581 g/cm³. Segundo Brito *et al.*, (1987) elevados valores de densidades possibilita a produção de carvões mais densos, e, portanto, de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

A densidade do bio-óleo foi de 1,62 g/cm³, valor bastante elevado para óleos. Portanto, uma sugestão como aplicabilidade que o mesmo possa ser estudado com a finalidade de produzir fluídos e resinas.

4.2 Adsorção de Ácido Acético em carvão obtido da fibra de coco.

A técnica de adsorção em carvão é um método bastante prático. 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. Sabe-se que a estrutura microscópica superficial do carvão formada durante o processo de pirólise endossa o seu potencial de adsorções de poluentes, principalmente quando este carvão passa por um processo de ativação. Nas Figuras 2 e 3 encontram-se os resultados obtidos em diferentes testes de adsorção de ácido acético em carvão de fibra de coco.

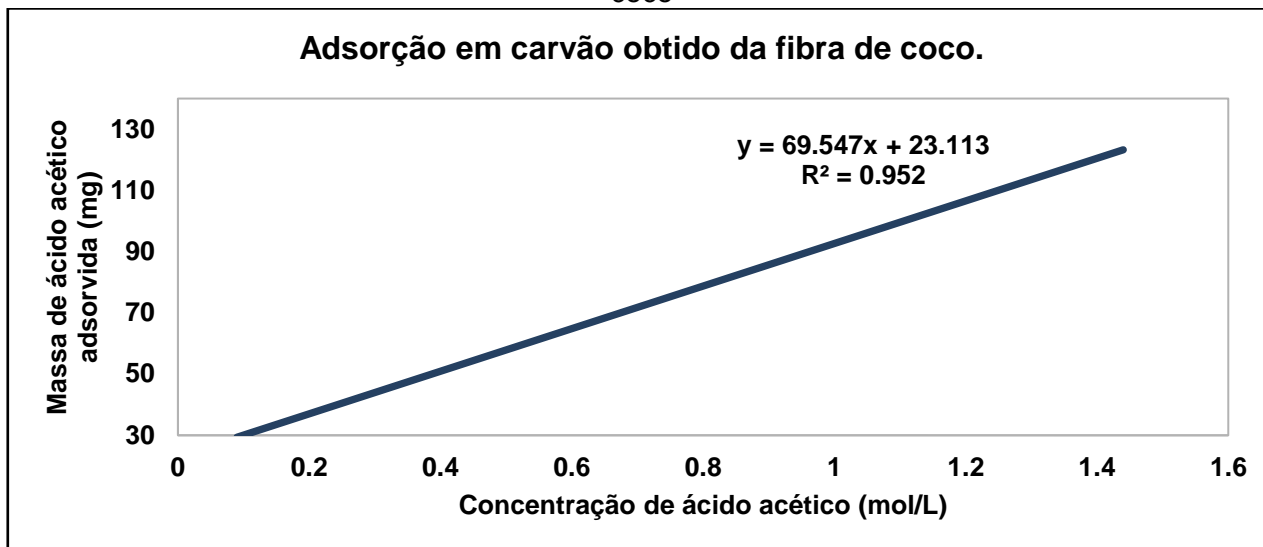
Figura 2: Adsorção de ácido acético na concentração de 0,720 mol/L em diferentes massas de carvão de fibra de coco pirolizado.



Fonte: Autor, (2017)

Na Figura 3, nota-se que ao variar a massa do carvão com o objetivo de adsorver ácido acético em uma solução preparada na concentração de 0,720mol/L a quantidade máxima de adsorção ocorreu em uma massa de carvão em torno de 0,2 g, o que permitiu obter uma remoção de 125 mg de ácido acético por mg de carvão do coco.

Figura 3: Adsorção de ácido acético em concentrações diferentes em 0.2g de carvão de fibra de COCO



Fonte: Autor, (2017)

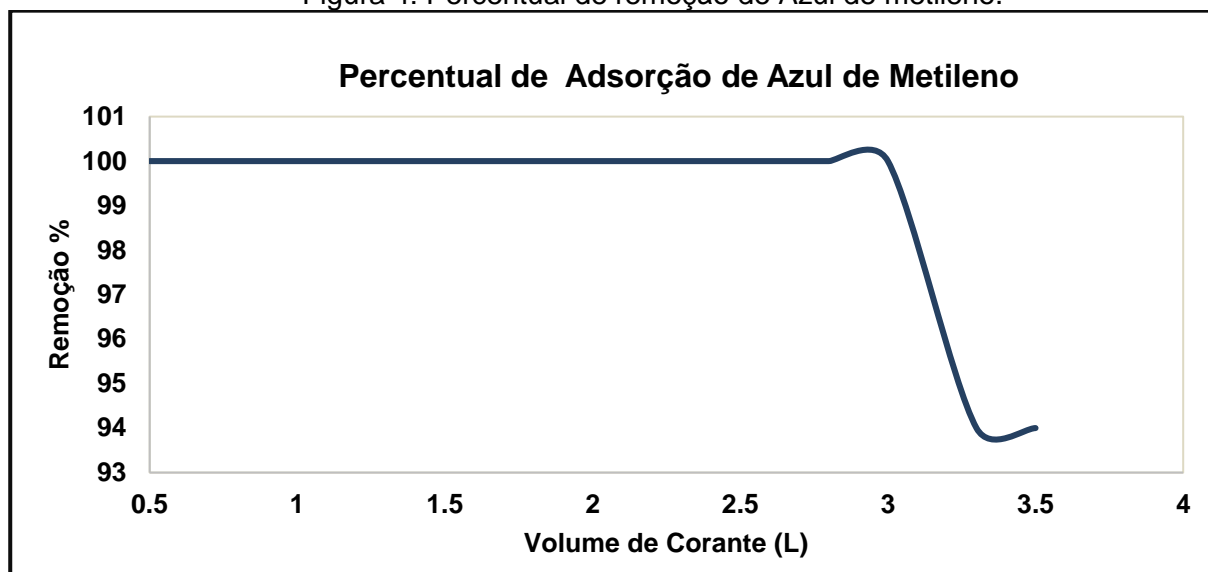
A biossorção consiste em um processo de purificação em que materiais poluentes são removidos das soluções aquosas, através da adsorção com biomassas. A figura 4 apresenta a análise de adsorção de ácido acético em diferentes concentrações no qual o adsorvente é cerca de 0,2 g de carvão de coco-da-baía obtido por pirólise de 500 °C pulverizado. Neste carvão, é possível observar uma distribuição uniforme dos poros, o que pode indicar uma boa possibilidade de as moléculas do ácido serem acondicionadas e adsorvidas no interior dos poros. Observa-se que a remoção de moléculas de ácido foi crescente como aumento da concentração da solução e que na concentração de 1,440 mol/L de ácido acético foi possível obter uma remoção de 129 mg corante por grama de carvão do coco.

4.3 Adsorção de Azul de Metileno em carvão obtido da fibra de coco.

Na Figuras 4 encontra-se os resultados obtidos referentes aos testes de adsorção de Azul de Metileno na concentração de 9,33 mg/L em 9,54 gramas do carvão de fibra de coco.

O percentual de remoção do corante em 3,5 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 0,5 litros, o percentual de remoção diminui, que indica o início da saturação do carvão.

Figura 4: Percentual de remoção de Azul de metileno.



Fonte: Autor, (2017)

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 (Equação 2) até o início da saturação do carvão.

$$TAXA DE ADSORÇÃO = \frac{MASSA DE CORANTE ADSORVIDA}{MASSA DE CARVÃO} \quad (\text{Equação 6})$$

5. CONCLUSÃO

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.

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.

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

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; AYARZA, J. A.C. Biomassa no Brasil e no mundo. In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E.; GÓMEZ, E. O. Biomassa para energia. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.

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., VIEIRA, G. E. G., SOUSA, J. F., BEZERRA, M. B. D. Characterization of the products from the pyrolysis of sewage sludge in 1 kg/h rotating cylinder reactor. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **11**, p.147-157, dez. 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.