

ESTUDO DOS PRODUTOS DA PIRÓLISE E POTENCIAL ENERGÉTICO DA FIBRA DE COCO DA BAÍA

Elaine da Cunha Silva Paz ¹, Ricardo Resplandes de Sousa Paz ², Caio Augusto Chaves², Marcelo Mendes Pedroza ¹, Luciana Rezende Alves de Oliveira³

¹ Docentes do Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia Do Tocantins - Campus Palmas. e-mail: <elaine@ifto.edu.br>, <mendes@ifto.edu.br>.

² Discente do Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia Do Tocantins - Campus Palmas. e-mail: <ricardosousapaz@gmail.com>, <caioa273@gmail.com>

³ Docente da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP <lroliveira@unaerp.br>

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo estudar os produtos da pirólise e potencial energético da fibra de coco da baía. O resíduo do coco foi escolhido devido sua abundância no Brasil. A produção de carvão desta fibra é uma alternativa energética econômica e ambientalmente vantajosa. Foi caracterizado a biomassa através das análises imediata, elementar, os compostos químicos, densidade e poder calorífico. O potencial calorífico da biomassa e do carvão estudado foi de 17,5 MJ/kg e 28,14 MJ/Kg respectivamente, os rendimentos dos produtos da pirólise obtidos através de um reator de leito fixo foram de 28,57% para o líquido pirolenhoso, 35,57% de carvão e 35,86% de gás. Mediante ao estudo foi possível concluir que os resíduos do coco constituem uma importante fonte de energia alternativa.

Palavras-chave: carvão, energias renováveis, fibra de coco

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, o Porto nacional, Araguaína, Wanderlândia, Filadélfia e Monte do Carmo, sendo este último o que possui a maior área colhida com 130 hectares (IBGE, 2015). O Estado exporta frutos para Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Minas Gerais e São Paulo.

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.

Cabral (2015) buscou avaliar o potencial da casca de coco verde como matéria-prima na produção de etanol de segunda geração. Satiro et al., (2012), também estudou a possibilidade de usar a fibra da casca do coco verde como matéria-prima para a obtenção de etanol lignocelulósico, através da deslignificação das fibras e obtenção de açúcares fermentáveis.

Segundo Silva (2008), o endocarpo *in natura* pode ser comercializado para a produção de carvão ativado e ou combustível, dado o seu poder calorífico. Atualmente, este material vem sendo utilizado para revestimento de paredes e móveis na forma de pastilhas, dentre outros produtos ligados a atividades artesanais.

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).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a fibra de coco da baía e o processo de pirólise como alternativa de aproveitamento do resíduo do coco *in natura* proveniente da industrialização da água de coco em uma perspectiva de geração de energia, tendo como finalidade a obtenção de finos de biocarvão e biocombustível, possibilitando assim a redução da disposição desses resíduos sólidos e agregando valor a essa importante cadeia produtiva econômica.

2 METODOLOGIA

O material 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 em um triturador de coco modelo TRC-40 5V mono TRAPP para a obtenção da fibra, em seguida eles foram submetidos a secagem a temperatura ambiente. Para aceleração da secagem, o material produzido foi submetido à temperatura de 50 °C por um período de 24 horas em estufa de marca Thorth, modelo Th-520- 150.

2.1. Análise Elementar

Amostras de fibra de coco pulverizada *in natura* foram avaliadas através do método de ignição 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 em conformidade com a norma ASTM D 5373 (ASTM, 2002).

2.2 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 após ficar imerso em acetona por um período de 2-3 minutos.

2.2 Análise Imediata

Para a determinação do teor de umidade seguiu-se a norma ASTM D 3173-85. O teor de material volátil foi determinado segundo o método sugerido por Sánchez et al., (2009). Pesou-se em cadinhos aproximadamente 1,0 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 20 min em estufa, deixou-se resfriar por 15 min em um dessecador e pesou-se em uma balança analítica. Na determinação do teor de cinzas, pesou-se em cadinhos aproximadamente 1,0 g de biomassa, em seguida foram calcinados em mufla na presença de oxigênio à temperatura de 920 °C por 20 minutos. Para a determinação do teor de carbono fixo, os cálculos foram feitos por diferença de 100% menos os percentuais obtidos das análises anteriores.

2.3 Análise da Densidade Biomassa

Para a obtenção da densidade aparente da biomassa, acoplou-se uma proveta de 100 mL em uma balança analítica, zerou-se a balança e adicionou-se na proveta a biomassa de fibra de coco *in natura* seca na forma de pó. Obteve-se as massas (g) dos cinco respectivos volumes de biomassa: 20 mL, 40 mL, 60 mL, 80 mL e 100 mL. Calculou-se a densidade média e o desvio padrão.

2.4. Poder Calorífico Superior da Fibra de coco e carvão - PCS

Na determinação do PCS da fibra de coco foi utilizada uma bomba calorimétrica Parr 1341. A

combustão ocorreu na presença de oxigênio - O₂ em excesso sob uma pressão de 30 atm. Como padrão na determinação calorífica (C), utilizou-se o ácido benzoico, uma vez que este possui um valor de referência conhecido equivalente a 6,315 cal g⁻¹.

O poder calorífico do carvão de coco foi realizado em conformidade com a norma Standard Method of Test for Heat Combustion of Liquid hydrocarbon fuels bomb Calorimeter (ASTM D-240). O poder calorífico superior mede o calor liberado na combustão da amostra em excesso de oxigênio O₂ sob pressão de 20 a 30 bar. Este parâmetro foi determinado através de uma bomba calorimétrica C-200 da marca IKA® modelo C5010 com fio de algodão de 50J alocada no LEDBIO / UFT.

2.4 Processo de Pirólise da Biomassa e Rendimento do Carvão

A biomassa foi ao reator na forma de briquete no formato de 20 cm de comprimento e 30 mm 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 4 mL / min, taxa de aquecimento de 10 °C / min. O tempo de residência da biomassa no reator foi de 60 minutos. 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 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os resultados das 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 de Coco Babaçu	3,16	6,18	10,82	80,13

(REIS, 2015)

Fonte: Autor, (2018)

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

A umidade corresponde à perda de água, em peso, sofrida pelo produto quando este é aquecido. 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. O menor valor do teor de carbono fixo encontrado para o carvão em estudo quando comparado ao coco de babaçu aponta uma queima mais rápida.

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.

A Tabela 2 mostra 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 et al (2010)
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

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. 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 entre 160-900 °C.

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

Compostos Químicos (%)		Outros autores	
Elementos	Autor (2018)	Figueiredo (2011)	Cabral (2015)
Lignina	32,1	31,77	40,1
Celulose	36	35,88	25,7
Hemicelulose	11,2	10,81	12,26

A quantidade de compostos químicos encontrados para fibra de coco foi similar à de outros autores, que é satisfatória para fins energéticos. 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 à produção de carvão vegetal.

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

	Densidade (g/cm ³)
Biomassa	0,1581
Bio-óleo	1,62

Fonte: Autor, (2018).

A densidade aparente é uma correlação entre a massa da biomassa e o espaço permitido para a circulação de ar. O valor encontrado para a biomassa de fibra de coco foi de 0,1581 g cm⁻³. Segundo Brito et al., (1987) elevados valores de densidades possibilita a produção de carvões mais densos, e, portanto, de qualidade mais desejáveis.

3.1 Poder Calorífico Superior (PCS) da Fibra de coco e carvão

Segundo Viera, (2012) O poder calorífico superior está relacionado com a qualidade do combustível e indica a quantidade de energia liberada durante a transferência de calor. Para Brand (2010), o poder calorífico superior é um parâmetro para se avaliar o potencial energético de um combustível.

O poder calorífico superior é a quantidade de calor (energia) liberada quando um material entra em combustão e os gases da descarga são resfriados de modo que o vapor de água neles seja condensado. O Poder Calorífico Superior encontrado na fibra de coco e o carvão de coco foi de 17,5 MJ Kg⁻¹ e 28,14 MJ Kg⁻¹ respectivamente, estes valores são satisfatórios para destinação energética em

combustão para ambos os materiais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de pirólise da biomassa constituída do resíduo do coco da baía verde apresentou bom rendimento para produtos com valor comercial e ambiental, como o carvão ativado, o bio-óleo e o biogás. Além destas vantagens, a biomassa se apresenta como uma fonte alternativa de uso energético, pois resulta em uma fonte alternativa para geração de energia, devido à quantidade de calor gerado ao ser carbonizado.

REFERÊNCIAS

- BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. P. 131
- 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
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisa>>. Acessado em outubro 2018.
- 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.
- REIS, A. R. S.; SILVA, J. R.; CARVALHO, J.C.; SOUZA, D. V. **Comparação entre o carvão de coco babaçu e o carvão de resíduos madeireiros comercializados em Altamira – PA**. Ciência da Madeira. V6(2). P.100-106, 2015

SILVA, L. C. F. **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

VIEIRA, A. C. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, PR, 2012. 56f.