

## USO DO CARVÃO DE COCO NA REMOÇÃO DO CLORO EM SOLUÇÃO AQUOSA

Elaine da Cunha S. Paz<sup>1\*</sup>, Ricardo R. De Sousa Paz<sup>2</sup>, Marcelo M. Pedroza<sup>3</sup>, Luciana A. Rezende<sup>4</sup>

1. Docente do Instituto Federal do Tocantins
2. Discente do Instituto Federal do Tocantins
3. Docente da Universidade de Ribeirão Preto

### Resumo

O coco se destaca comercialmente nas regiões litorâneas, onde a venda de sua água é intensa, gerando uma grande quantidade de resíduos após o consumo. O presente trabalho envolve o estudo da remoção do cloro da água utilizando carvão da fibra de coco verde. A biomassa e o carvão do coco verde foram caracterizados por análise imediata, pH densidade, MEV e poder calorífico. O carvão usado foi obtido através de pirólise com rendimento dos produtos de 28,57% para o líquido pirolenhoso, 35,57% de carvão e 35,86% de gás. O ensaio de adsorção de cloro foi realizado em que uma coluna de adsorção com 8 gramas de carvão alimentada interruptamente por solução de água com cloro na concentração de 2 mg/L. Após 70 dias de experimento com eficiência de 100% de adsorção, constatou-se a eficiência do carvão, evidenciando o potencial da utilização do carvão obtido durante a pirólise de coco verde em ensaios de adsorção de poluentes.

**Palavras-chave:** Pirólise, Resíduo Agroindustrial, Adsorção.

### Introdução

A agricultura é uma das principais atividades econômicas do Brasil, sendo fundamental para a produção de alimentos. No entanto, estas atividades agroindustriais geram uma grande quantidade de resíduos que são classificados como biomassa (KIELING, 2016).

A produção de coco verde no Brasil em 2017 foi de 1,8 bilhão de frutos, com o crescimento de 1,5% em relação a 2016. A Região Nordeste respondeu por 74,5% da produção nacional, destacando-se os estados da Bahia, com 552,5 mil toneladas e participação de 30,3% da produção do País; Sergipe, com 237,3 mil toneladas; Ceará, com 186,7 mil toneladas e Pernambuco, com 144,5 mil toneladas. Na Região Sudeste, o maior produtor foi o Espírito Santo, com 120,7 mil toneladas, aumento de 31,2% em relação ao ano anterior (LSPA/IBGE, 2017)

Segundo ROSA et al., (2011) 80% a 85% do peso bruto do coco verde são representados pelas cascas. Estes resíduos são de grande volume e podem gerar sérios problemas urbanos quando descartados de maneira imprópria, Estima-se que 70% dos resíduos gerados nas praias brasileiras sejam de cascas de coco verde (COLLARES, 2015).

O carvão vegetal ativado é o adsorvente mais utilizado no tratamento de água, este material apresenta a capacidade de melhorar o gosto, cor, odor da água e atua na remoção de microcontaminantes orgânicos (TEIXEIRA, 2014).

Por seu desempenho reconhecido, utiliza-se em grande escala o carvão ativado (CA) como adsorvente. Contudo, devido ao impacto ambiental gerado pela sua produção industrial, observam-se estudos sobre adsorventes alternativos como alguns resíduos industriais e agrícolas (KIELING, 2016).

A biomassa gerada pelas cascas do coco verde tem se mostrado como uma alternativa em potencial na produção de carvão vegetal, gás combustível ou ainda de bio-óleo por intermédio do processo termoquímico de pirólise. 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.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial adsorvente em moléculas de cloro do carvão obtido por pirólise em reator de leito fixo de resíduos sólidos do coco verde.

### Metodologia

O material colocado em estudo neste trabalho foi 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 verde da espécie anão na condição in natura foram coletados no parque Cesamar no setor urbano de Palmas no Tocantins.

As normas utilizadas na caracterização da biomassa e carvão de coco são apresentadas na Tabela 1, onde relaciona os parâmetros analisados e o método utilizado.

Tabela 1: Normas e métodos utilizados da caracterização física e química da biomassa e carvão de coco

Parâmetros Analíticos	Método Analítico
Análise imediata	ASTMD 3173-85
Densidade aparente	Sugerido por Figueiredo, (2011)
Lignina, celulose e hemicelulose	Método de "KLASON"
Microfotografias	Microscopia Eletrônica de Varredura
pH do Carvão	ASTMD3838-80
Poder calorífico	NBR 8633 (abnt, 1984)
Termogravimetria	ATG

Fonte: Autor 2018

### **Pirólise da Biomassa e Rendimento do carvão.**

Foi submetido ao processo pirólise rápida dos briquetes da biomassa de cocos nucifera L. nas dimensões de 20 cm de comprimento e 30 mm de diâmetro. A conversão foi efetuada em um reator de leito fixo bipartido de aço inox, marca FLYEVER do modelo FE50RPN, linha 05/50 com microcontrolador acoplado em um forno tubular 1200°C 1 zona sob as condições de temperatura de 550°C, vazão de gás N<sub>2</sub> de 4 mL/min, taxa de aquecimento de 10 °C/min. O tempo de residência da biomassa no reator foi de 60min. O rendimento do carvão foi obtido através do balanceamento de massas dos produtos (carvão, extrato líquidos e gás) obtidos no processo de pirólise.

### **Análise de adsorção de cloro**

O ensaio de adsorção de cloro foi realizado de acordo com a Norma Técnica (ABNT) 16098;2012, que estabelece os requisitos e métodos de ensaios para os aparelhos para a melhoria da qualidade da água potável. Utilizou-se de um sistema que foi alimentado com a solução de cloro, uma coluna com 8 gramas de carvão e manteve-se o fluxo de vazão em média 5 mL/min.. A concentração de cloro foi aferida pelo clorímetro da marca Tecnal modelo YSI 900.

## **Resultados e Discussão**

### **Análise Termogravimétrica da biomassa – ATG**

As curvas de ATG apresentaram um declínio no intervalo de 25 a 120 °C. Esta perda em massa possivelmente está relacionada à eliminação de água presente na biomassa. A partir da temperatura de 200°C até 450°C observa-se uma degradação maior da biomassa, o que sugere ser o intervalo em que ocorre a degradação térmica dos componentes das fibras (lignina, celulose e hemicelulose) de coco. Para Penha (2008), os eventos observados no intervalo de 400° a 900°C devem ser conferidos a degradação da matriz lignocelulósica. A perda em massa sofrida a partir de 200 até por volta de 360°C é referida a degradação de substâncias que possuam em sua composição grupos de oxigênio na superfície sugerindo serem estes respectivamente as hemiceluloses e celuloses. Enquanto que somente por volta de 500°C observa-se outra perda em massa que possivelmente esteja ligada a perda em de grupos carboxílicos, estes mais estáveis que os grupos oxigenados anteriores e que podem ser explicados pela degradação térmica da lignina.

**Caracterização da biomassa e do produto sólido obtido na pirólise**Tabela 2: Caracterização física e química da biomassa e carvão de coco (*Cocos Nucifera L.*)  
Caracterização físico-química

Parâmetros	Valores (%)	
Compostos químicos da biomassa (%)	Lignina	32,1
	Celulose	36
	Hemicelulose	11,2
Análise imediata do carvão (%)	Umidade	5,76
	Material volátil	43,79
	Cinzas	7,23
	Carbono fixo	43,22
Análise elementar do carvão (%)	Carbono (C)	69,32
	Hidrogênio (h)	2,79
	Nitrogênio (n)	1,14
	Enxofre (s)/oxigênio (o)	26,75
	Enxofre (s)	-
Densidade aparente do carvão (g/cm <sup>3</sup> )	0,208	
Ph do carvão	8,95	
Poder calorífico do carvão (mj kg <sup>-1</sup> )	17,5	

Fonte: Autor (2018)

A caracterização física e química da biomassa e carvão, apresentada na Tabela 2 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 de 160- 900C.

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.

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 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 valor encontrado para a densidade da biomassa de fibra de coco foi de 0,1581g/cm<sup>3</sup>. Segundo Brito et al., (1987) elevados valores de densidades possibilita a produção de carvões mais densos, e, portanto, de qualidade mais desejáveis.

Na análise imediata o 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.

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

### **Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e adsorção de cloro em carvão**

A microscopia eletrônica de varredura do carvão demonstrou uma superfície rugosa, com presença de fendas, assim como a presença de microcristais, que são depósitos inorgânicos de silicatos impregnados na fibra. Os silicatos, compostos formado por átomos de silício e oxigênio (SixOy) são minerais constituintes das rochas, logo sua presença evidencia a influência do solo na composição da fibra de coco. Também se observou uma matéria com presença de espaços vazios. Estes espaços vazios, em um processo de pirólise podem contribuir na transferência de calor, portanto no processo de degradação termogravimétrico. A microfotografia do carvão sugere que o diâmetro dos poros encontrados em sua superfície são compatíveis para reter partículas de cloro, que foi aferido no ensaio de adsorção.

A cloração da água pode dar origem a problemas em relação ao sabor e odor da água para consumo, para tratar este tipo de problema os filtros de carvão são um dos métodos aplicados para a remoção de cloro ou decoloração da água. O carvão adsorve o cloro e é oxidado por ele a dióxido de carbono. O cloro livre é adsorvido quando passa pela superfície ativa do carvão. A eficiência do carvão de coco verde, que adsorveu todas as partículas de cloro da solução no período do ensaio de 70 dias. Ao fim do experimento, constatou-se que o carvão havia retido em seus poros 1192,34 mg de cloro, que corresponde a 149 miligramas de cloro retido por grama de carvão.

### **Conclusões**

O carvão de coco produzido apresentou índice de remoção acima de 99% de cloro da solução, o que satisfaz a ABNT NBR 16098:2012, que estabelece os requisitos e métodos para melhoria da qualidade da água para consumo humano, neste contexto, entende-se que há um potencial no carvão de fibra de coco no que diz respeito a ensaios de adsorção de poluentes.

A fibra de coco se apresenta como uma fonte alternativa de uso energético, devido quantidade de calor gerado que pode ser confirmado pela análise de poder calorífico e por apresentar valor de carbono orgânico elevado.

A pirólise da fibra de coco apresenta-se como uma técnica vantajosa haja vista que além da produção de carvão são gerados outros produtos como o líquido pirolenhoso e gás.

O elevado teor de lignina presente na fibra de coco contribui significativamente na estrutura do carvão e porosidade. O teor de voláteis pode ter contribuído significativamente com o tamanho e a forma dos poros observados nas microfotografias de MEV.

### **Referências bibliográficas**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16098 **Aparelho para melhoria da qualidade da água para uso doméstico**. ABNT, 1 ed, 2012.

Brasil, IBGE. (2017). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA**. Brasília. Acesso em 08/10/2018. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

CRITTENDEN, J.C; TRUSSEL, R.R; HAND, D.W.; HOME, K., J.; TCHOBANOGLIOUS, G. **Water treatment: principles and design**. 3rd ed. Hoboken, N. J.: Wiley, 2012.

KIELING, A. G.; **Adsorção de btex – benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno – em cinza de casca de arroz e carvão ativado**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 24-25, 2016.

MOHAN, D. SARSWAT, A., OK, Y. S., & PITTAN, C. U. Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent—a critical review. **Bioresource technology**, v. 160, p. 191-202, 2014.

PEDROZA, M. M.(2011) **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.

TEIXEIRA, M. B. **Remoção de carbono orgânico dissolvido de águas de abastecimento por adsorção em carvão ativado granulas**. Dissertação de mestrado, Universidade federal do Rio Grande do Sul, p. 3-11, 2014.

VIEIRA, A. P., SANTANA, S. A., BEZERRA, C. W., SILVA, H. A., CHAVES, J. A., de MELO, J. C., & AIROLDI, C. **Kinetics and thermodynamics of textile dye adsorption from aqueous solutions using babassu coconut mesocarp**. **Journal of Hazardous Materials**, v. 166, n. 2, p. 1272-1278, 2009.