

III-057 - REMOÇÃO DE CLORO EM SOLUÇÃO AQUOSA USANDO CARVÃO DE COCOS NUCÍFERA L.

Luciana Rezende Alves de Oliveira⁽¹⁾

Possui graduação em Química pela Universidade de Ribeirão Preto, Mestrado em Bioquímica pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo / USP e Doutorado em Química pela FFCLRP - Universidade de São Paulo / USP. Coordenadora do Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental da UNAERP do Campus Ribeirão Preto. E-mail: lroliveira@unaerp.br.

Elaine da Cunha Silva Paz⁽²⁾

Doutoranda em Tecnologia Ambiental – UNAERP. Docente do Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia Do Tocantins - Campus Palmas. e-mail: elaine@ifto.edu.br

Marcelo Mendes Pedroza⁽³⁾

Doutor em Engenharia Química. Docente do Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia Do Tocantins - Campus Palmas. e-mail: mendes@ifto.edu.br

Michelle Ludmila Guedes dos Santos⁽⁴⁾

Doutoranda em Tecnologia Ambiental – UNAERP. Docente do Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia Do Tocantins - Campus Palmas. e-mail: ludmilaguedes@ifto.edu.br

Ricardo Resplandes de Sousa Paz⁽⁵⁾

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

Endereço⁽¹⁾: Universidade de Ribeirão Preto. AV. Costábile Romano, 2.201 Ribeirânia, Ribeirão PRETO – SP, CEP: 14099-900.

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, TGA, Densidade aparente, Análise elementar (CNH), pH do Carvão, Poder Calorífico, Grupo Funcional e MEV. O carvão usado foi obtido através de pirólise, como rendimento dos produtos da pirólise 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 intermitentemente 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: Carvão, Coco verde, Pirólise, Adsorção, Resíduo Agroindustrial.

1. INTRODUÇÃO

A crescente contaminação dos sistemas de água doce com milhares de compostos químicos naturais e industriais têm um grande impacto na saúde mundial. As ingestões de agentes patogênicos, mesmo em baixas concentrações, ocasionam problemas de saúde (TEIXEIRA, 2014).

O interesse no processo de adsorção se intensificou nos anos de 1970, com o interesse de remoção de substâncias orgânicas de águas para abastecimento, devido a preocupação de agentes contaminantes de esgotos industriais, municipais e da produção agrícola (CRITTENDEN et al., 2012).

Algumas substâncias inorgânicas e orgânicas indesejáveis presentes na água destinado a consumo humano, podem requerer tratamento complementar aos processos empregado nas estações de tratamento de água (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção) (Müller, 2008). A adsorção de poluentes por carvão vegetal ativado é uma das técnicas mais efetivas e seguras utilizadas para o tratamento de água (BRINQUES, 2005).

A adsorção de substâncias é um fenômeno de transferência de massas que ocorre na interação de três componentes: adsorvente, adsorvato e solvente (normalmente é a água). Na fase líquida, estão as moléculas a serem adsorvidas, chamadas de adsorvato. A fase sólida, onde se dá a adsorção, chama-se de adsorvente. Os adsorvatos são retidos na superfície do adsorvente por forças químicas como pontes de hidrogênio, interação dipolo-dipolo e forças de Van de Waals, a reação é reversível. As moléculas acumulam-se na superfície do adsorvente até a reação de adsorção se equilibre com a reação de dessorção, atingindo o equilíbrio e não ocorre mais acumulação (Müller, 2008).

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 micro contaminantes orgânicos (TEIXEIRA, 2014)

O Brasil ocupa o primeiro lugar na produção mundial de carvão vegetal e, segundo o pesquisador da Embrapa Florestas, Antonio Francisco Bellote, o Brasil deve investir cada vez mais no plantio de florestas para fins comerciais (FROELICH E MOURA, 2014, p. 2)

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 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).

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).

A produção de coco verde em 2017 foi de 1,8 bilhão de frutos no Brasil, 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)

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 mediante 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.

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

2. OBJETIVO

Avaliar o potencial adsorvente de cloro do carvão de coco verde obtido por pirólise em reator de leito fixo.

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 *cocos nucifera* da espécie anão na condição in natura foram coletados no parque Cesamar no setor urbano de Palmas no Tocantins.

As normas utilizadas na caracterização do carvão na Tabela 1 onde relaciona os parâmetros analisados e o método utilizado.

Tabela 1: Normas utilizadas da caracterização da fibra de coco e carvão

Biomassa	
Compostos Químicos (%)	Método de “KLASON”
Carvão	
Análise imediata	ASTMD 3173-85
Densidade aparente	Sugerido por Figueiredo, (2011)
Análise elementar (CNH)	ASTM D 5373 (ASTM, 2002)
pH do Carvão	ASTMD3838-80
Poder calorífico	NBR 8633 (ABNT, 1984)
Grupo funcional	FTIR

3.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As estruturas do carvão da biomassa de coco foram avaliadas através da Microscopia Eletrônica de Varredura pelo Laboratório de Caracterização Estrutural de Materiais (DEMAT), na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). O equipamento utilizado é da marca Hitachi, modelo TM 3000 com ampliação de 1,5k, onde foram avaliados o tamanho dos poros e sua distribuição.

3.2 Análise Termogravimétrica- TGA

A caracterização termogravimétrica- TGA foi realizada na fibra de coco pulverizada com taxas de aquecimento de 10 e 30 °C/min. no equipamento Thermogravimetric Analyser (Marca Shimadzu e Modelo TGA-50) no laboratório da Universidade Federal do Cariri- CE com o objetivo de obter informações sobre o processo da perda de massa da biomassa em função da temperatura e do estudo cinético.

3.3 Pirólise da Biomassa e Rendimento do carvão.

Foi submetido ao processo pirólise rápida briquetes da biomassa de coco verde nas dimensões de 20cm de comprimento e 30mm 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. 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 60min. 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

O rendimento do carvão foi obtido através do balanceamento de massas dos produtos (carvão, extrato líquidos e gás) obtidos no processo de pirólise. A temperatura máxima interna no reator que foi atingida foi de 370°C.

3.4 Análise de adsorção de cloro

O ensaio para a avaliação 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 uma bomba dosadora da marca ProMinent, modelo D-69123 Heidelberg, que alimentou com solução de água com cloro uma coluna com 8 gramas de carvão. O sistema montado para o ensaio é ilustrado na figura 2. A bomba dosadora manteve fluxo contínuo com vazão média 5 ml/min. A solução de água com cloro utilizada no ensaio foi preparada com a concentração de 2 mg/L, concentração máxima de cloro permitida para consumo humano de acordo com a Portaria 2914 (2011) expedida pelo Ministério da Saúde, e que dispõe os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

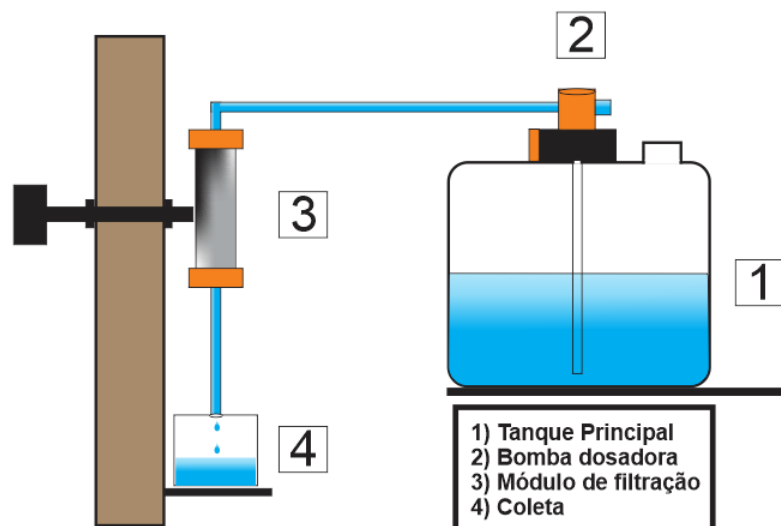


Figura 2: Esquema do sistema de filtração

A concentração de cloro foi aferida pelo clorímetro da marca *Tecnal* modelo YSI 900. As análises foram realizadas com amostras da solução de cloro antes e depois de ser tratada pelo carvão. O clorímetro YSI 900 é um instrumento para a medição de cloro total ou cloro livre. O período do ensaio foi de 70 dias sem interrupções.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização dos produtos

A caracterização da biomassa, 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- 900°C.

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 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 Tabela 3 apresenta os valores encontrados para a densidade e pH da biomassa e do carvão de coco.

Tabela 3: Densidade e pH da biomassa e carvão obtido por pirólise da fibra de cocos nucifera.

Propriedades Físicas		
	Densidade (g/cm ³)	pH
Biomassa	0,1581	-----
Carvão	0,208	8,95

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 0,1581g/cm³. Segundo Brito et al., (1987) elevados valores de densidades possibilita a produção de carvões mais densos, e, portanto, de qualidade mais desejáveis. A Tabela 4 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 4: 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 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 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).

4.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e adsorção de cloro em carvão de coco verde.

Na Figura 3(a) é possível observar uma superfície rugosa, com presença de fendas, assim como a presença de microcristais, que provavelmente trata-se de depósitos inorgânicos de silicatos impregnados na fibra. Os silicatos, compostos formado por átomos de silício e oxigênio (SiO₂) são minerais constituintes das rochas, logo sua presença evidencia a influência do solo na composição da fibra de coco. Pode-se inferir mediante a imagem que não se trata de uma estrutura compacta, o que sugere uma matéria com presença de espaços vazios. Estes espaços vazios, em um processo de pirólise podem contribuir na transferência de calor e, portanto no processo de degradação termogravimétrico.

A Figura 3(b) fornece informações sobre o tamanho dos poros observados no carvão de fibra de coco obtido no processo de pirólise. Segundo Mohan et al., (2014) o processo de pirólise confere ao carvão uma estrutura microporosa ao carvão formado com potencial de filtração e adsorção de poluentes orgânicos e inorgânicos. É importante salientar que de acordo com Westerhof et al., (2009) as propriedades dos produtos formados a partir de pirólise sofrem influência significativa de acordo com a temperatura atribuída ao processo. 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.

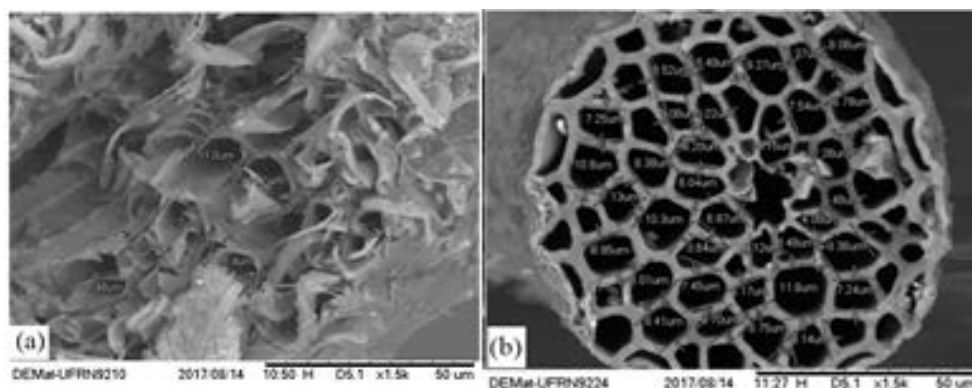


Figura 3 : Microfotografias (a) Fibra de coco verde e (b) Carvão de fibra de coco

O cloro é adicionado à água para fins de desinfecção e reage com compostos orgânicos e inorgânicos dissolvidos na água, formando outros produtos. A quantidade de cloro que é usada durante esse processo é chamada de demanda de cloro da água. A dosagem de cloro deve ser alta o suficiente para uma quantidade significativa de cloro permanecer na água para desinfecção. Segundo Schmidt (2011), a demanda de cloro é determinada pela quantidade de matéria orgânica na água de, pH da água, tempo de contato e temperatura. O cloro reage com matéria orgânica para desinfecção de bioprodutos, tais como trihalometanos (THM) e ácido acético halogenado. De acordo com Magee (1995) a cloração da água é realizado até o ponto em que a demanda de cloro é cumprida e toda a amônia presente é oxidada, para que apenas o cloro livre permaneça.

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.

O gráfico da Figura 4 apresenta 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.

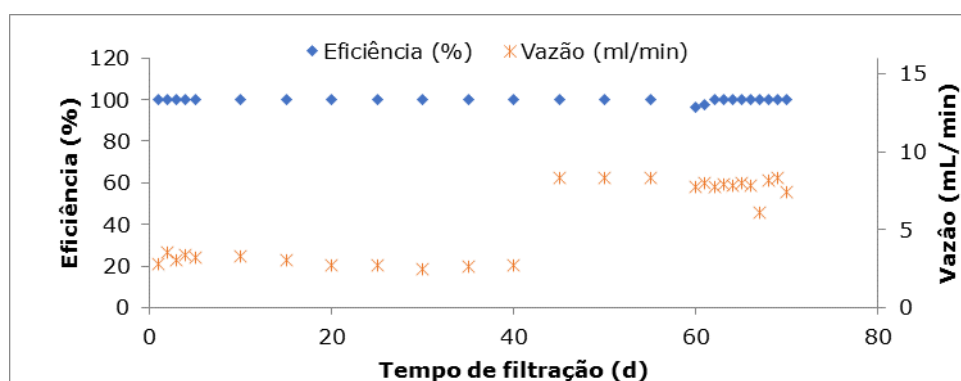


Figura 4: Adsorção de cloro em carvão de coco verde

4.3 Análise Termogravimétrica –ATG

Na Figura 5 são apresentadas as curvas termogravimétricas (TG) para biomassa de fibra de coco. As curvas foram obtidas aplicando-se as taxas de aquecimento de 10 e 30 °C/min.

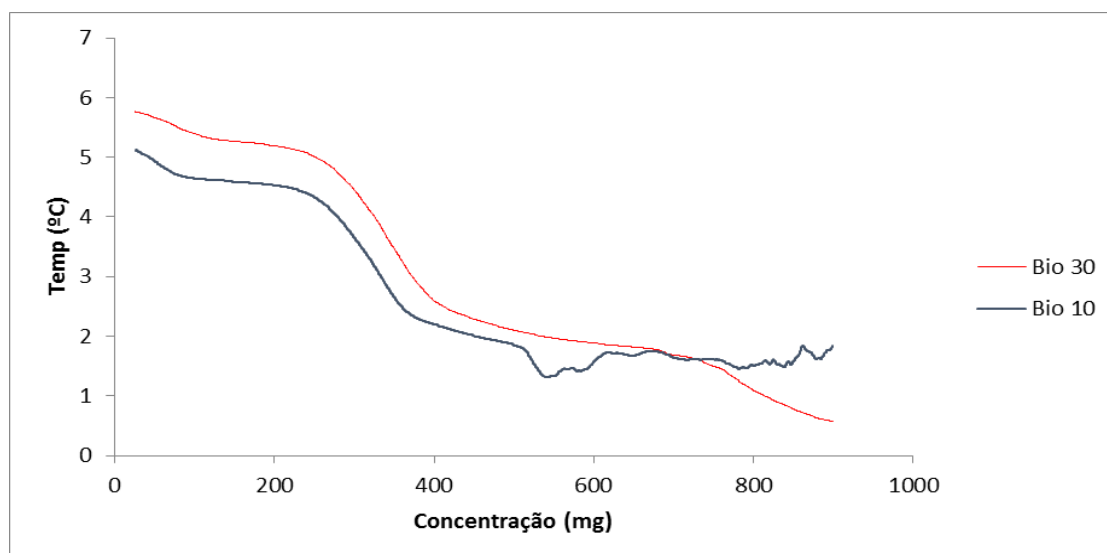


Figura 5: Curva de degradação termogravimétrica da fibra de coco.

As curvas de ATG apresentam 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.

Segundo Albinante, (2013) as fibras naturais são compostas por celulose, hemicelulose, pectina, lignina e extrativos (gorduras, proteínas e sais inorgânicos), sendo a celulose responsável por sua resistência, devido ao seu alto grau de polimerização e orientação molecular. Para Penha (2008), os eventos observados no intervalo de 400° a 900°C devem ser conferidos a degradação da matriz lignocelulósica.

Vale salientar que a perda em massa sofrida a partir de 200 até por volta de 360°C deve ser 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.

CONCLUSÕES

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.

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,

A partir dos resultados obtidos, fica evidenciado o potencial da utilização do carvão de fibra de coco em ensaios de adsorção de poluentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16098 Aparelho para melhoria da qualidade da água para uso doméstico. ABNT, 1 ed, 2012.
2. Brasil, IBGE. (2017). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA. Brasília. Acesso em 08/05/2018. Disponível em www.ibge.gov.br.
3. 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.
4. BRINQUES, G. BRUSCH; MENDES, T. F; WADA, K.; CARDOZO, M. P. Adsorption of toluene from aqueous solution onto a granular activated carbon bed in a pilot plant. 2º Mercosur Congresso n Chemical Engineering, p. 1, 2005.
5. CABRAL, Mirelle Márcio Santos et al. Aproveitamento da casca do coco verde para a produção de etanol de segunda geração. 2015.
6. 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
7. FIGUEIREDO, A. L. Pirólise termoquímica de pós da fibra de coco seco em um reator de cilindro rotativo para produção de bioóleo. 2011. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia do Petróleo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.
8. FROEHLICH, Paulo Leandro; MOURA, Angela B. D. Carvão Vegetal: Propriedades Físico-Químicas e principais aplicações. Revista Tecnologias e Tendências, v. 9, n. 1, p. 2, 2014.
9. 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
10. 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.
11. 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.
12. Müller, C. C. Avaliação da utilização de carvão ativado em pó na remoção de microcistina em água para abastecimento público. Dissertação de metrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 38-41, 2008.
13. 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.
14. SANTOS, K. G.(2011) *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.
15. Schimidt, C.G. Desenvolvimento de Filtros de Carvão Ativado para Remoção do Cloro da Água Potável. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 10p, 2011.
16. 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
17. V. Magee; Bsc.; PhD. Thesis – London university, 1995.
18. WESTERHOF, R. J., BRILMAN, D. W., VAN SWAAIJ, W. P., & KERSTEN, S. R. Effect of temperature in fluidized bed fast pyrolysis of biomass: oil quality assessment in test units. Industrial & Engineering Chemistry Research, v. 49, n. 3, p. 1160-1168, 2009.