



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

PREPARAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO EM BAIXAS TEMPERATURAS
DE PIRÓLISE A PARTIR DA TORTA DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha
curcas*) UTILIZANDO O FeCl_3 COMO AGENTE ATIVANTE

Isadora Ribeiro Barbosa
Voluntária

Manaus - AM
Agosto/2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL
PIB-E/0083/2012

PREPARAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO EM BAIXAS TEMPERATURAS
DE PIRÓLISE A PARTIR DA TORTA DO PINHÃO-MANSO (*Jatropha
curcas*) UTILIZANDO O FeCl_3 COMO AGENTE ATIVANTE

Isadora Ribeiro Barbosa
Voluntária

Prof. Dr. Paulo Rogério da Costa Couceiro
Orientador

Manaus - AM
Agosto/2013

RESUMO

Os carvões ativados foram preparados a partir da torta das sementes do pinhão-manso (*Jatropha curcas*) utilizando FeCl_3 como agente ativante, na proporção 1:1 (m/m), sob atmosfera inerte (N_2) em baixas temperaturas de pirólise (200, 250, 300, 350 e 400 °C). Análises espectroscópicas no infravermelho revelaram a presença de grupos OH (água e/ou álcool), C-H (metílicos e metilenos), C=O (aldeído e/ou acetato) e bandas fracas de C=C (aromáticos), e termogravimétrica mostrou estabilidade térmica em 300 °C. A área superficial específica (método do azul de metileno) teve valor máximo de $210 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. Os resultados de adsorção dos carvões foram comparados com o carvão comercial Merck. Os testes de adsorção foram realizados com tempo máximo de saturação de 120 min. Os dados foram ajustados com os modelos matemáticos de Langmuir e Freundlich. Os carvões mostraram-se favoráveis ao processo de adsorção e dentre os carvões produzidos, os carvões a 300 e 400°C adequaram-se melhor ao modelo de Freundlich, o qual descreve a adsorção de várias camadas; e a adsorção do carvão comercial e dos carvões preparados a 200, 250 e 350°C adequaram-se melhor ao modelo de Langmuir, o qual descreve principalmente a saturação da superfície a partir de uma monocamada. Foram realizados experimentos envolvendo a adsorção do vermelho congo pelos carvões ativados, entretanto, os resultados preliminares para os carvões ativados ainda não são satisfatórios.

Palavras-chave: carvão ativado, adsorção, azul de metileno

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- ASE - Área Superficial Específica
- ATG - Análise Termogravimétrica
- CA - Carvão Ativado
- CA-C - Carvão ativado Comercial (Merck)
- CA-200 - Carvão ativado a 200°C
- CA-250 - Carvão ativado a 250°C
- CA-300 - Carvão ativado a 300°C
- CA-350 - Carvão ativado a 350°C
- CA-400 - Carvão ativado a 400°C
- CR - Vermelho Congo (Vermelho Reativo)
- IUPAC - União Internacional de Química Pura e Aplicada (sigla inglesa de International Union PureAppliedChemistry)
- IV-TF - Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier
- K_F - Constante de Freundlich
- K_L - Constante de Langmuir
- MB - Azul de Metileno (sigla inglesa de Methylene Blue)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquerda - exemplar das sementes do Pinhão-manso (<i>Jatropha curcas</i>). Direita – exemplar da torta da semente do Pinhão-manso (<i>Jatropha curcas</i>).	11
Figura 2. Espectro do IV-FT das amostras de CA's: CA-C, CA-200, CA-250, CA-300, CA-350 e CA-400.	12
Figura 3. Curvas de TGA das amostras de CA's: CA-C, CA-200, CA-250, CA-300, CA-350 e CA-400.	13
Figura 4. Efeito da concentração final da adsorção do MB pelos CA's em função do tempo de contato.....	14
Figura 5. Curvas experimentais do comportamento da adsorção do MB sobre CA's.....	14
Figura 6. Ajuste matemático dos CA's ao modelo de Langmuir.	14
Figura 7. Ajuste matemático dos CA's ao modelo de Freundlich.....	15

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Rendimento da preparação e área superficial específica (ASE) dos carvões ativados.	12
Tabela 2. Perdas de massas de água (H ₂ O), Compostos Orgânicos Voláteis (COV) e resíduos inorgânicos obtidas a partir das curvas de ATG das amostras de CA'S: CA-C, CA-200, CA-250, CA-300, CA-350 e CA-400.....	13
Tabela 3. Parâmetros dos modelos matemáticos de adsorção do MB pelos CA's.	15

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
3. MÉTODOS UTILIZADOS.....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
5. CONCLUSÃO	16
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
7. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	19

1. INTRODUÇÃO

A preservação do meio ambiente é uma dos grandes desafios da atualidade devido aos despejos de contaminantes ambientais, principalmente em efluentes aquosos. Esses contaminantes são originários, principalmente de indústrias têxteis a partir da elevada utilização de corantes orgânicos. Para isto, busca-se desenvolver técnicas mais eficientes no tratamento de água visando a remoção de contaminantes do meio aquoso para descarte no ambiente. Adsorção é a técnica mais utilizada para a remoção de contaminantes ambientais, que consiste na retirada de um composto de uma fase e acumulado na superfície da segunda fase.

Os CA's, que atuam como adsorvente e são materiais carbonosos porosos comumente empregados em processos de purificação e filtração desodorização de contaminantes ambientais. Os CA's são materiais amorfos com e estabilidade térmica.

Os materiais precursores que podem ser utilizados na preparação dos carvões são materiais lignocelulósicos (casca de arroz, cascas de coco), madeira, turfa (carvão fóssil) e carvão de pedra (brasa), pois ambos são materiais ricos em carbono e de baixo teor de inorgânicos.

Os CA's podem ser preparados utilizando-se dois métodos: Na ativação física, onde o material precursor é colocado em presença vapor d'água e/ou gás carbônico em elevadas temperaturas; e ativação química, onde o material é submetido a reações químicas em presença de agentes ativantes sob atmosfera inerte. Uma das vantagens em utilizar a ativação química é a baixa temperatura de pirólise, diminuindo significativamente o custo de produção.

Devido a necessidade de remoção de contaminantes ambientais do meio aquoso e um aproveitamento do descarte dos resíduos da agroindústria, esse projeto tem como objetivo produzir CA a partir da torta do pinhão-manso (*Jatropha curcas*), e FeCl_3 como agente ativante com baixas temperaturas de pirólise, e em seguida realizar estudos de adsorção dos corantes Azul de Metileno e Vermelho Congo em meio aquoso.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os problemas ambientais tem se tornado cada vez mais frequentes devido, principalmente, ao crescimento das atividades industriais, pois durante o processo de tingimento, é necessário grande quantidade de água e como consequência gera grande quantidade de efluentes altamente poluidores, os quais, quando não são tratados corretamente, têm como resultado cor acentuada dos efluentes e a presença de compostos químicos tóxicos, causando sérios danos ambientais (Trombini, 2012 e Perini *et al.*, 2012).

Um dos adsorventes mais utilizados para a remoção de contaminantes ambientais é o CA devido a sua elevada área superficial, bem como sua efetiva reatividade a vários corantes. Os precursores da produção do carvão são materiais ricos em carbono como madeira, restos de couro, pneus, sementes de frutas, bagaço de cana de açúcar, cascas e caroços de frutas ambos resíduos da agroindústria. Devido ao seu alto custo de produção, há uma necessidade de buscar materiais de baixo custo para produção de CA, a partir da utilização de resíduos, principalmente da agroindústria (Tan *et al.*, 2008 e Brum *et al.*, 2008).

Os CA's são materiais carbonosos que tem a estrutura amorfa. Suas principais características são porosidade, elevada área superficial específica e química de superfície. A porosidade relaciona as diferentes formas e tamanhos de poros presentes na superfície do carvão. Segundo a IUPAC, a porosidade possui a seguinte classificação: microporos ($\Phi_m < 2 \text{ nm}$) - adsorção de gases e solventes comuns; mesoporos ($2 \text{ nm} \leq \Phi_m \leq 50 \text{ nm}$) - adsorção de moléculas grandes e macroporos ($\Phi_m > 50 \text{ nm}$) - serve de transporte para moléculas gasosas (Claudino, 2003 e Gregg e Sing, 1982).

A área superficial está relacionada diretamente com a capacidade de realização do processo de adsorção. Em um sólido estão presentes dois tipos de área superficial: externa que é constituída pelos espaços existentes entre as partículas e a interna que é formada pela parede de sulcos, poros e cavidades mais profundas que representa a maioria da área total dos sólidos. A química de superfície está associada à existência de heteroátomos em sua superfície, como por exemplo os oxigenados, pois influenciam diretamente a estrutura do carvão. Essas características dos CA's são muito importantes, pois influenciam diretamente na capacidade de adsorção de moléculas nas fases aquosa e gasosa (Rodrigues-Reinoso e Molina-Sabio, 1998; Coutinho *et al.*, 2001).

Existem duas etapas na preparação de CA: a primeira chama-se pirólise, onde o material é submetido a altas temperaturas em atmosfera inerte visando à remoção de componentes voláteis na superfície como CH_4 , H_2 , CO_2 , CO ; a segunda chama-se ativação, consiste em submeter o material a reações secundárias visando o aumento da área

superficial. A ativação pode ser realizada a partir da ativação física que consiste em submeter o material a vapores como H₂O, CO₂ a temperaturas entre 800°C e 1100°C, e química que consiste na utilização de reagentes ácidos, básicos, como HCl, H₂SO₄, NaOH, e KOH respectivamente (Soares, 2001; Ramos *et al.*, 2009; Oliveira *et al.* 2008).

Um dos processos utilizados para remoção de contaminantes ambientais é a adsorção, que consiste em um fenômeno em que o soluto é removido de uma fase e acumulado na superfície da segunda fase. O material adsorvido é chamado de adsorvato e a superfície onde se faz o acúmulo do material é chamada de adsorvente. A adsorção pode ocorrer em uma única camada de moléculas acima da superfície sólida (unimolecular ou monomolecular) ou também pode ocorrer em diversas camadas (adsorção multimolecular). Os dados resultantes do processo de adsorção podem ser ajustados a vários modelos matemáticos e os mais comuns são chamados de Isotermas de Langmuir e Freundlich (Clark, 2010; Nunes, 2009 e Peruzzo, 2003).

O modelo de Langmuir é o modelo mais simples, pois descreve a formação de uma monocamada e a capacidade de prever a saturação da superfície. É representada pela equação

$$q_e = \frac{q_0 b C_{eq}}{1 + b C_{eq}} \quad (1)$$

ou pode ser expressa na forma linearizada por

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_0 b C_{eq}} + \frac{1}{q_0} \quad (2)$$

onde C_{eq} é a concentração no equilíbrio na fase líquida (mg L⁻¹) e q_0 é um parâmetro de Langmuir que representa a máxima capacidade de cobertura da monocamada (mg_{adsorvato}/g_{adsorvente}). A constante b também é um parâmetro de Langmuir, que está relacionado com a constante de equilíbrio de Langmuir, K_L , dada pela equação $K_L = q_0 \times b$ (Brandão, 2006). Uma das características da isoterma de Langmuir é a definição de um fator adimensional, R_L , calculado através da equação $R_L = \frac{1}{(1 + b q_0)}$. Este fator indica o perfil da isoterma e se o processo é favorável ou desfavorável. A adsorção é considerada favorável se ($0 < R_L < 1$), desfavorável se ($R_L > 1$), linear ($R_L = 1$) e irreversível ($R_L = 0$) (Baldissarelli, 2006).

O modelo de Freundlich descreve a formação multicamada, e não prevê a saturação da superfície. Pode ser representada pela equação 3

$$q_e = K_F C_{eq}^{1/n} \quad (3)$$

ou pode ser expressa na forma linearizada por (Equação 4)

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (4)$$

3. MÉTODOS UTILIZADOS

3.1. Materiais e Reagentes – Carvão Ativado (CA) Comercial Merck; Cloreto Férrico Hexahidratado ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), Azul de Metileno (MB) PA ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), Vermelho Congo (CR) PA ($\text{C}_{32}\text{H}_{22}\text{N}_6\text{Na}_2\text{O}_6\text{S}_2$), Ácido Clorídrico PA (HCl).

3.2. Matéria-prima – Amostras de sementes de Pinhão-Manso (*Jatropha curcas*) foram coletadas no município de Itacoatiara/AM. As amêndoas foram prensadas e a torta foi armazenada em recipiente adequado.

3.3. Preparação dos CA's – Cerca de 10 g de torta de pinhão manso foi misturada com 20 mL de solução de FeCl_3 (na proporção 1,0:1,5 g g^{-1} – torta/agente ativante) por 24 h a temperatura ambiente. A amostra impregnada previamente seca foi pirolisada em um forno tubular, sob fluxo de N_2 na temperatura de ativação de 200° C por 3 h. O mesmo procedimento foi realizado para outras amostras a temperatura de 250, 300, 350 e 400 °C, respectivamente. Então, a amostra foi mergulhada em uma solução de HCl 0,1 mol L^{-1} em que a razão líquido/sólido foi de 10 mL g^{-1} . A mistura foi repousada durante a noite a temperatura ambiente e então foi filtrada e subsequentemente lavada repetidamente com água destilada até pH 6,5-7. Em seguida, a amostra foi seca em estufa a 110 °C por 24 h. Finalmente a amostra foi estocada em frasco fechado (Theydan e Ahmed, 2012; Oliveira *et al.*, 2008).

3.4. Área Superficial Específica (ASE) pelo método do Azul de Metileno (MB) – Foi adicionado uma solução de MB 0,001 mol L^{-1} gota a gota em aproximadamente 0,1 g de CA até cor azul constante, sob leve agitação. A área superficial será estimada pela fórmula $ASE = \frac{V_t}{m_{ca}} \times 6,45 \text{ mL}^{-1} \text{ m}^2$, onde V_t (mL) é o volume de azul de metileno titulado e m_{ca} é a massa de amostra de CA (Gomes, 1988).

3.5. Análise termogravimétrica (ATG) – As curvas de ATG foram obtidas em um termoanalisador Shimadzu, modelo DTG-60H. Aproximadamente 10 mg de CA foram aquecidos, sob fluxo de N_2 , a 10°C min^{-1} na faixa de temperatura de 25 a 800 °C.

3.6. Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (IV-TF) – Os espectros de absorção no IV-TF foram obtidos em um espectrômetro Nicolet IR-200, com faixa espectral de 4000 a 400 cm^{-1} e 32 scans. A amostra de CA seco com KBr foi misturada na proporção 1:100 (m/m) e prensada em disco.

3.7. Estudo de adsorção – Os processos de adsorção dos corantes MB e o CR foram realizados em um espectrofotômetro UV-Visível, modelo SP22, nos comprimentos de onda de 660 e 500 nm, respectivamente. Aproximadamente 10 mg de CA's, foram adicionados a 25 mL de solução aquosa dos corantes, na concentração de 100 ppm, sob agitação, em diferentes intervalos de tempo (5, 10, 20, 30, 60, 90, 120 min). Em seguida, uma solução aquosa de 25 mL do corante MB ou CR foi adicionada a ~10 mg de CA, em diferentes concentrações (10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 mg L^{-1}). Após os ensaios de adsorção, os dados foram ajustados aos modelos de Langmuir e Freundlich para o cálculo dos parâmetros de adsorção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de pinhão manso apresentaram forma elipsoide com extremos achatados, com médias de 2 a 4 cm de comprimento por 11 a 12 cm de largura e 9 a 10 mm de espessura. O exterior é preto, bastante estriado de linhas destacadas salientes, reticuladas e certas amostras tem muitas manchas amarelas. A torta que foi utilizada na preparação dos CA's apresentou forma pulverizada com coloração marrom (Figura 1).



Figura 1. Esquerda - exemplar das sementes do Pinhão-manso (*Jatropha curcas*). Direita – exemplar da torta da semente do Pinhão-manso (*Jatropha curcas*).

O rendimento dos carvões e a área superficial específica estimada pelo método da titulação do azul de metileno são mostrados na tabela 1.

As amostras apresentaram queda no rendimento com o aumento da temperatura proveniente da remoção dos compostos voláteis presentes na amostra. Fushiman citado por Silva (1990) afirma que na pirólise de turfa a baixas temperaturas, especialmente a 200 a 250 °C, há o rompimento de grupos carboxílicos, hemicelulose e ácidos húmicos e, em torno de 300–312 °C ocorre quebra na estrutura de carboidratos, com produção de gases contendo principalmente água e dióxido de carbono, pequena quantidade de ácido acético, amônia e monóxido de carbono. O mesmo autor afirma que a temperatura superior a 300°C há ruptura de ligação carbono-carbono que formam os compostos inicialmente presentes na turfa, sendo a estrutura aromática dos ácidos húmicos rompidos, bem como há desarranjo da lignina.

Os carvões apresentaram baixa área superficial quando comparadas com o carvão comercial, pois segundo Oliveira (2008), a temperatura de ativação não pode ter sido adequada.

Tabela 1. Rendimento da preparação e área superficial específica (ASE) dos carvões ativados.

Temperatura de Ativação/°C	Amostra	Rendimento/%m/m	ASE/m ² g ⁻¹
-	CA-M	-	640
200	CA-200	54,9	113
250	CA-250	50,2	99
300	CA-300	46,1	64
350	CA-350	40,3	97
400	CA-400	39,7	209

No espectro do IV-FT dos CA's foram identificadas bandas em 3450 cm⁻¹ associada ao grupo OH proveniente de umidade ou de álcool, também pode ser observado bandas em torno de 2930 e 2850 cm⁻¹ indicando a presença de vibrações simétricas e assimétricas de ligações C-H características dos grupos metila e metilenos, respectivamente. A banda em 1719 cm⁻¹ é característica de vibração de estiramento dos grupos carboxílicos. A banda em 1.600 cm⁻¹ é atribuída ao estiramento de ligação C=C de grupos aromáticos; a banda em 1.380 cm⁻¹ é correspondente da ligação C-H e a banda próxima de 1040 cm⁻¹ é atribuída ao estiramento do grupo C-O de alcoóis ou éteres.

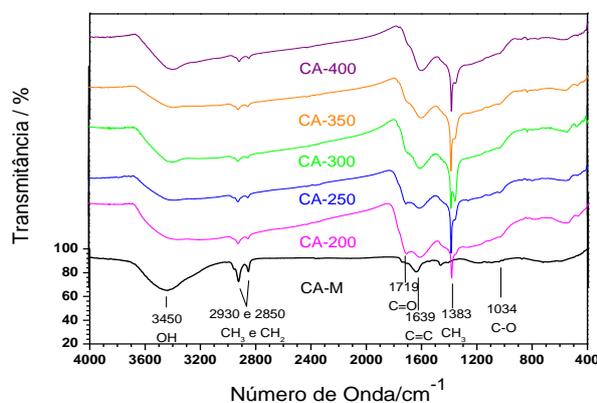


Figura 2. Espectro do IV-FT das amostras de CA's: CA-C, CA-200, CA-250, CA-300, CA-350 e CA-400.

As curvas ATG dos carvões ativados (Figura 3) apresentaram diminuição próxima de 100 °C proveniente de eliminação de umidade. Apesar de as amostras apresentarem certa similaridade na primeira eliminação em torno de 100 °C, as amostras apresentaram certa diferença de decomposição na segunda eliminação, como pode ser verificado na Tabela 2. Essa diferença pode ser explicada a partir da temperatura de carbonização, pois em temperaturas mais baixas, não houve completa carbonização do material mostrando ainda havia traços de matéria orgânica do precursor e assim, diminuindo a sua resistência a temperaturas elevadas.

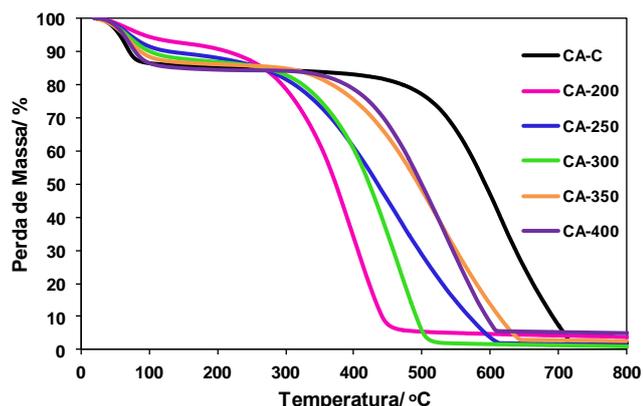


Figura 3. Curvas de TGA das amostras de CA's: CA-C, CA-200, CA-250, CA-300, CA-350 e CA-400.

A Tabela 2 também mostra que, com o aumento da temperatura de carbonização, há também um aumento na sua estabilidade térmica, uma vez que há a decomposição da matéria orgânica do precursor, há uma maior presença de grupos carbono e com isso o carvão ativado a 400 °C possui maior estabilidade que os demais. No entanto, quanto maior a temperatura de ativação maior a presença de compostos inorgânicos (cinzas) o que pode influenciar significativamente no processo de adsorção.

Tabela 2. Perdas de massas de água (H₂O), Compostos Orgânicos Voláteis (COV) e resíduos inorgânicos obtidas a partir das curvas de ATG das amostras de CA'S: CA-C, CA-200, CA-250, CA-300, CA-350 e CA-400.

Amostra	H ₂ O		COV		Resíduos inorgânicos % m/m
	T/°C	Δm/(%m/m)	T/°C	Δm (%m/m)	
CA-C	83	14,5	422	83,1	2,4
CA-200	97	8,8	189	86,3	4,9
CA-250	94	8,6	195	89,2	2,2
CA-300	94	11,8	294	86,0	2,2
CA-350	94	13,0	310	84,2	2,8
CA-400	91	13,4	352	80,9	5,7

O estudo cinético das reações do MB adsorvidos aos CA's foi de fácil acompanhamento devido à descoloração de sua solução que apresenta cor azul intensa. A curva padrão de absorvância *versus* concentração do MB (1,0 a 10,0 mg L⁻¹) mostrou uma excelente linearidade, $R \sim 0,999$.

De acordo com a Figura 4, o tempo necessário para a saturação de todos os CA's foi de aproximadamente 120 min. Esse valor foi necessário para a realização dos testes cinéticos de adsorção e seus parâmetros de adsorção.

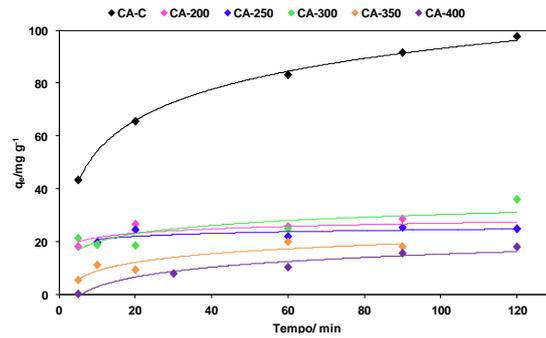


Figura 4. Efeito da concentração final da adsorção do MB pelos CA's em função do tempo de contato.

As isotermas de adsorção apresentaram forma convexa o que segundo Cussler (1997) esse tipo de isoterma é favorável, pois grandes quantidades adsorvidas podem ser obtidas com baixas concentrações do adsorvato (Figura 5).

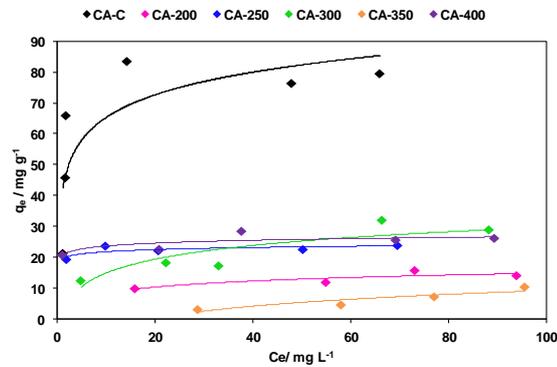


Figura 5. Curvas experimentais do comportamento da adsorção do MB sobre CA's.

Os dados foram ajustados aos modelos de Langmuir e Freundlich fornecendo os gráficos das Figuras 6, 7 respectivamente, e os parâmetros de adsorção foram calculados a partir das curvas de adsorção (Tabela 3).

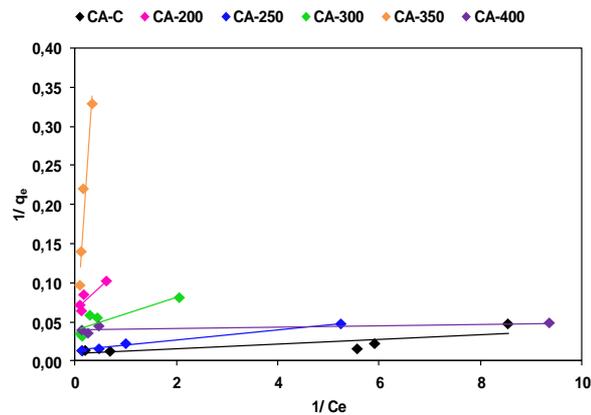


Figura 6. Ajuste matemático dos CA's ao modelo de Langmuir.

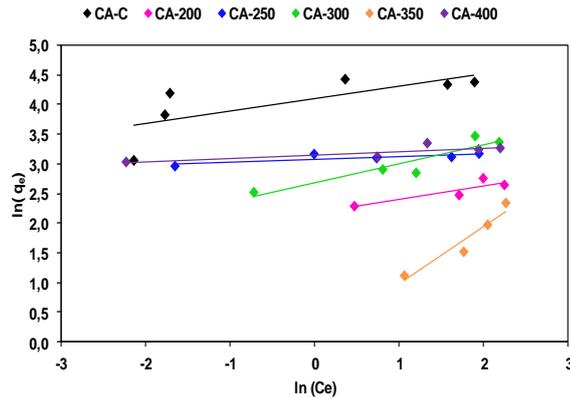


Figura 7. Ajuste matemático dos CA's ao modelo de Freundlich

Tabela 3. Parâmetros dos modelos matemáticos de adsorção do MB pelos CA's.

Amostra	Langmuir					Freundlich		
	$q_0 / \text{mg g}^{-1}$	K_L	b	R_L	R	K_F	n	R
CA-C	105,3	325,4	$2,9 \times 10^{-5}$	0,9986	0,8162	60,2	4,7	0,7288
CA-200	15,6	16,3	$3,9 \times 10^{-3}$	0,8035	0,8987	8,7	4,3	0,8920
CA-250	23,4	594,7	$7,2 \times 10^{-5}$	0,9971	0,9152	21,7	21,4	0,7914
CA-300	25,8	46,9	$8,2 \times 10^{-4}$	0,9594	0,8759	14,6	3,1	0,9276
CA-350	37,0	1,11	$2,4 \times 10^{-2}$	0,4047	0,9643	0,9	1,0	0,9604
CA-400	25,7	979,7	$3,9 \times 10^{-5}$	0,9978	0,7935	23,4	17,3	0,8192

O valor de R_L foi obtido para cada concentração utilizada no processo de adsorção. Como o valor médio encontrado para todas as amostras permaneceu entre 0 e 1, significa que o processo de adsorção do MB sobre os CA's é favorável.

A partir da tabela 3, observa-se que o modelo de Freundlich é o mais adequado para descrever a adsorção de MB pelos CA a 300 e 400 °C devido a apresentar maior valor de coeficiente de correlação da reta. Esse modelo considera a existência de uma estrutura de multicamadas, e não prevê a saturação da superfície, considerando o sólido heterogêneo e a distribuição exponencial para caracterizar os vários tipos de sítios de adsorção, os quais possuem diferentes energias adsorptivas e se aplica bem em dados experimentais de faixa de concentração limitada. O modelo de Langmuir se adequou melhor aos CA's Comercial, 200, 250 e 300 °C por apresentar maior correlação da reta. O modelo de Langmuir descreve que a superfície de um sólido é constituída por um número finito de sítios de adsorção nos quais as moléculas se adsorvem, cada sítio tem a capacidade de adsorver apenas uma molécula, todos os sítios possuem a mesma energia adsorptiva e não existem interações entre moléculas adsorvidas em sítios vizinhos (Brandão, 2006; Clark, 2010).

5. CONCLUSÃO

Devido a problemas na extração com a Castanha de cutia, os CA's foram preparados a partir da torta do Pinhão-Manso, fruto originário da Região Amazônica. Os CA's apresentaram uma queda no rendimento como aumento da temperatura. Esse comportamento pode ser explicado pela remoção de compostos voláteis presentes no material precursor.

No entanto, ao ser comparado com o carvão comercial, os CA's apresentaram baixa área superficial, onde tal comportamento pode ser explicado devido à presença de compostos orgânicos presentes no material precursor, pois as temperaturas de ativação utilizadas não pode ter sido adequada no processo de ativação.

A partir da análise no IV-TF, pode-se observar que os CA's obtidos possuem características semelhantes ao do carvão comercial devido à presença de bandas similares (mesmos grupos funcionais) que podem influenciar no processo de adsorção.

O teste de adsorção do MB pelos CA's mostrou que os carvões ativados a 300 e 400 °C adequou-se melhor ao modelo de Freundlich o qual considera o sólido heterogêneo e a presença de diferentes energias adsorptivas. Os CA's Comercial, 200, 250 e 350 °C ajustou-se melhor ao modelo de Langmuir o qual descreve a saturação da superfície e que todos os sítios de adsorção possuem a mesma energia adsorptiva.

A partir da determinação da constante adimensional (R_L), a qual permaneceu entre 0 e 1, significa que o processo de adsorção do MB sobre todos os CA's é favorável. No entanto, em comparação com o carvão comercial, a adsorção do MB pelos CA's foi relativamente baixa o que pode significar que o material não foi ativado.

Foram realizados experimentos envolvendo a adsorção do Vermelho Congo (CR) pelos CA's, entretanto, os resultados para os CA's ainda não são satisfatórios.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baldissarelli, V. Z.; Estudo da adsorção do corante reativo preto 5 sobre carvão ativado: caracterização do adsorvente e determinação de parâmetros cinéticos e termodinâmicos. 117 f. Di Dissertação de Mestrado. Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2006.
- Brandão, P. C.; Avaliação do uso do bagaço de cana como adsorvente para a remoção de contaminantes, derivados do petróleo e de efluentes. 160 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.
- Brum, S. S.; Bianchi, M. L.; Silva, V. L.; Gonçalves, M.; Guerreiro, M. C.; Oliveira, L. C. A.; Preparação e caracterização de carvão ativado produzido a partir de resíduos do beneficiamento do café. *Química Nova*, v. 31, n. 5, p.1048-1052, 2008.
- Clark, H. L. M.; Remoção de fenilalanina por adsorvente produzido a partir da torta prensada de grãos defeituosos de café. 115 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- Claudino, A.; Preparação de carvão ativado a partir da turfa e sua utilização na remoção de poluentes. 101 f. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- Coutinho, F. M. B.; Teixeira, V. G.; Gomes, A. S.; Principais métodos de caracterização da porosidade de resinas à base de divinilbenzeno. *Química Nova*, v. 24, n. 6, p. 808-818, 2001.
- Cussler, E. L. *Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems*. 2 nd . Ed., Cambridge University, Cambridge; p. 580, New York, 1997.
- Gomes, C. F.; Argilas: O que são e para que servem?.. Fundação Calouste Gulbenkian, p. 271-273, Lisboa, 1988.
- Gregg, S. J.; Sing, K. S. W.; *Adsorption, surface area and porosity*. Academic Press 2, p. 40-48, London, 1982.
- Nunes, D. L.; Preparação de carvão ativado a partir de torta prensada de *Raphanus sativus* L. e utilização para clarificação de soluções. 117 f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

Oliveira, L. C. A., Pereira, E. I., Vallone, A.; Sapag, K., Pereira, M.; Produção de carvão ativado a partir de diferentes precursores utilizando FeCl_3 como agente ativante. Química Nova, v. 31, n. 6, p. 1296-1300, 2008.

Perini, B. L. B.; Drews, J. L.; Cunha, S. K. K.; Krohl, D. R.; Sellin, N.; Adsorção de corantes de efluente têxtil por resíduos da bananicultura. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental - 19 a 22/11/2012, Goiânia/GO – 2012.

Peruzzo, L. C.; Influência de agentes auxiliares na adsorção de corantes de efluentes da indústria têxtil em colunas de leito fixo. 93 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

Ramos, P. H., Guerreiro, M. C., Resende, E. C., Gonçalves, M.; Produção e caracterização de carvão ativado produzido a partir do defeito preto, verde, ardido (pva) do café. Química Nova, v. 32, n. 5, p. 1139-1143, 2009.

Rodrigues-Reinoso, F.; Molina-Sabio, M.; Textural and chemical characterization of carbons microporous. Advances in Colloid and Interface Science, v. 76-77, p. 271-294, 1998.

Silva, D. A.; Brito, J. O.; Pirólise da turfa e análise do seu carvão. Acta Amazônica, v. 20 (único), p. 283-300, 1990.

Soares, A. G.; Adsorção de gases em carvão ativado de celulignina. 154 f. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

Tan, I. A. W.; Ahmad, A. L.; Hameed, B. H.; Adsorption of basic dye using activated carbon prepared from oil palm shell: batch and fixed bed studies. Desalination, v. 225, p. 13-28, 2008.

Theydan, S. K.; Ahmed, M. J.; Adsorption of methylene blue onto biomass-based activated carbon by FeCl_3 activation: Equilibrium, kinetics, and thermodynamic studies. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. v. 97, p. 116-122, 2012.

Trombini, R. B.; Obara-Doi, S. M.; Remoção de cor e análises físico-química de efluentes de indústrias têxteis tratados com *ganoderma spp*. Revista F@pciência, ISSN 1984-2333, v. 9, n. 12, p. 101-122, 2012.

7. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

N°	Descrição	2012					2013							
		Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	
1	Revisão da literatura	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		
2	Preparação do CA		R	R	R	R	R	R						
3	Caracterização química dos CA's – IV-TF e TGA							R	R	R				
4	Caracterização física dos CA's – área superficial e porosidade								R					
5	Apresentação Parcial				R									
6	Elaboração do relatório parcial						R							
7	Estudos cinéticos de adsorção ou degradação dos CA's com os corantes azul de metileno e vermelho reativo via espectrofotometria de UV-vis										R	R	R	R
8	Elaboração do Resumo e Relatório Final												R	
9	Preparação da Apresentação Final para o Congresso												R	

Legenda: R – realizado. N – não realizado. P – parcialmente realizado.