

USO DE CARVÃO ATIVADO DE ENDOCARPO DE COCO NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Kendra D`Abreu Neto Fernandes

Aluna da Faculdade de Engenharia

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
Av. Ipiranga, 6681. Partenon. Porto Alegre/RS. CEP 90619-900.

RESUMO

A água para o abastecimento público muitas vezes requer uma etapa complementar para além do tratamento convencional com objetivo de adequação ao consumo humano. O carvão ativado (CA) se apresenta como uma das melhores alternativas para a remoção de compostos orgânicos e inorgânicos presentes nas águas de abastecimento público devido a seu alto poder de adsorção. As substâncias causadoras de cor, gosto e odor, como metil-isoborneol (MIB) e geosmina, agrotóxicos e cianotoxinas podem ser removidas da água através da adsorção por CA. Esse trabalho propõe a utilização do carvão ativado fisicamente, no tratamento de água, preparado a partir do endocarpo de coco. O carvão ativado fisicamente apresentou o Número de Iodo de 631 mg I₂/g e 81,3% da sua granulometria menor que 250 µm.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento de água, carvão ativado, endocarpo de coco.

ABSTRACT

The water for public supply often requires an additional step beyond the conventional treatment with the goal of fitness for human consumption. The activated carbon (AC) presents itself as one of the best alternatives for the removal of organic and inorganic compounds present in public water supply due to their high power adsorption. Substances that cause color, taste and odor, such as methyl-isoborneol (MIB) and geosmin, pesticides and cyanotoxins can be removed from water through adsorption by CA. This paper proposes the use of the physically activated carbon for water treatment, prepared from coconut shells. Activated carbon is physically presented the Iodine Number of 631 mg I₂/g and 81.3% of its grain size less than 250 micrometers.

KEY-WORDS: water treatment, activated carbon, coconut shells.

1 INTRODUÇÃO

O tratamento de água para o abastecimento público é um conjunto de processos e operações com o objetivo de adequar as características físico-químicas e biológicas da água bruta, visando o consumo humano.

Apesar de ser indispensável ao organismo, a água pode conter compostos inorgânicos e orgânicos que são prejudiciais a saúde humana, se não forem eliminados ou sua concentração reduzida. A maioria desses compostos aparece na água, ou seja, nos mananciais em decorrência da atividade industriais e domésticas (Di Bernardo e Dantas, 2005).

A adsorção em carvão ativado tem sido usada como uma etapa complementar ao tratamento de água convencional, para remoção de substâncias causadoras de cor, odor e sabor, como metil-isoborneol (MIB), geosmina, agrotóxicos e cianotoxinas (Di Bernardo e Dantas, 2005). Também é usado no tratamento de efluentes industriais, mais especificamente para remoção de metais pesados desses mesmos efluentes.

O presente trabalho tem como objetivo o uso de carvão ativado de endocarpo de coco no tratamento de água. Para tal será preparado o carvão ativado fisicamente a partir do endocarpo de coco. A água utilizada neste trabalho será captada no arroio Dilúvio, o principal córrego da cidade de Porto Alegre e um dos arroios que formam o Lago Guaíba, donde é captada a água para o abastecimento público em Porto Alegre.

Segundo o Departamento de Esgotos Pluviais de Porto Alegre (DEP, 2010), o arroio Dilúvio nasce na Lomba do Pinheiro, Zona Leste de Porto Alegre, na Represa da Lomba do Sabão e deságua no limite entre os parques Marinha do Brasil e Maurício Sirotsky Sobrinho (Parque de Harmonia) no lago Guaíba. O arroio tem uma extensão de aproximadamente 12 quilômetros, e ao longo desses 12 quilômetros ele recebe vários afluentes como os arroios dos Marianos, Moinho, São Vicente e Cascatinha. Além desses afluentes a arroio recebe diariamente o esgoto cloacal de três bairros de Porto Alegre.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O Coco

O coqueiro é uma monocotiledônea pertencente à família Palmae, originária do sudeste asiático e foi introduzida no Brasil em 1553 pelos portugueses. O seu fruto é uma drupa, o coco, formada por uma epiderme lisa esverdeada ou amarelada, o epicarpo. Sob o epicarpo está a camada de fibras, o mesocarpo, ficando mais no interior o endocarpo, que é a camada pétrea e muito dura que envolve a parte comestível e a água de coco. A Figura 1 apresenta o corte longitudinal do coco, com as suas partes (Andrade et al., 2004; Brasil/Embrapa).

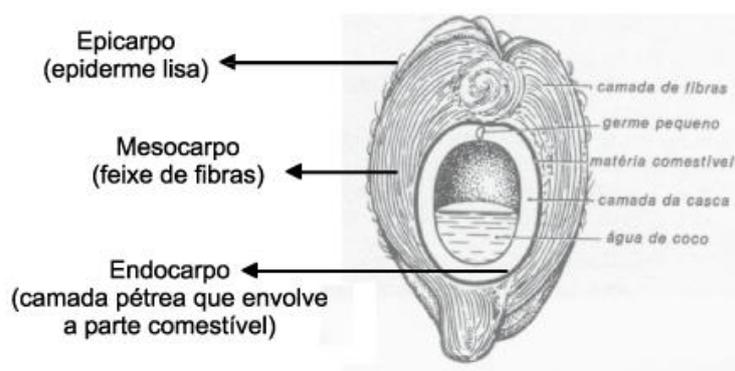


Figura 1: Corte longitudinal do coco.
Fonte: Andrade et al., 2004.

O coco pode ser consumido *in natura* ou industrializado, na forma de leite de coco, coco ralado entre outros produtos. O Brasil é um grande produtor de coco sendo a região nordeste o maior produtor brasileiro. Na Tabela 1 são apresentados os percentuais de participação regional na produção e área colhida com coco no Brasil.

Tabela 1: Evolução do rendimento e dos percentuais de participação regional na produção e área colhida com coco, entre 1985 e 2001.

Região	% de Produção		% de área colhida		Rendimento/ha	
	1985	2001	1985	2001	1985	2001
Nordeste	94,4	71,2	96,2	87,6	3.354	4.070
Norte	3,8	14,8	2,3	7,7	5.642	9.692
Sudeste	1,8	14,0	1,5	4,7	4.207	14.869

Fonte: Brasil/Embrapa.

O resíduo resultante tanto do consumo *in natura* como industrial, o mesocarpo e endocarpo, podem ser aproveitados para a produção de diversos materiais. A fibra de mesocarpo, por exemplo, é utilizada para a produção de colchões, sacarias, acolchoados para

a indústria automobilística, pincéis, entre outros. Já o endocarpo é utilizado para a produção de carvão ativado (Andrade et al.,2004).

2.2 Carvão Ativado

O carvão ativado (CA) é uma substância carbonácea inerte, obtido geralmente de substâncias com alto teor de carbono, como osso, casca de coco, sementes e casca de frutas, madeira, carvão mineral e polímeros sintéticos.

Na sua maioria, os materiais com alto teor de carbono podem ser ativados. Essas matérias carbonáceas possuem certo grau de porosidade e uma área superficial que varia de 10 à 15 m²/g. Durante a ativação a área superficial aumenta com a oxidação dos átomos de carbono, podendo o carvão apresentar área superficial superior a 800 m²/g, após ativação (Claudino, 2003).

2.2.1 Características do Carvão Ativado

O CA é um material carbonoso de alta porosidade e com área superficial interna e essas características lhe oferecem a propriedade de alta adsorção podendo adsorver moléculas tanto na fase líquida como na fase gasosa (Coutinho et al; 2000).

De acordo com Coutinho et al. (2000), o CA é um excelente adsorvente, muito usado para purificar, desintoxicar, desodorizar, filtrar, descolorir, declorificar e remover uma gama de materiais líquidos e gasosos.

As características mais importantes dos carvões ativados segundo Amaral (1984), são: área superficial, estrutura dos poros, propriedades eletroforéticas e acidez superficial, essas características dependem da fonte do carvão ativado e dos métodos de ativação.

A capacidade de adsorção do CA pode ser avaliada através de diferentes índices, como seguem (Di Bernardo e Dantas, 2005):

- 1) número de Melaço ou Índice de Descoloração;
- 2) índice de fenol;
- 3) índice de Azul de Metileno;
- 4) número de Iodo.

Os parâmetros mais importantes para avaliar essa capacidade são Número de Iodo, Índice de Azul de Metileno, distribuição de tamanhos dos poros e área superficial dos poros.

2.2.2 Produção de Carvão Ativado

Cerca de 400.000 toneladas de CA são produzidas anualmente no mundo. Essas toneladas são obtidas a partir de um milhão de toneladas de precursores diferentes (Claudino, 2003). O CA pode ser encontrado comercialmente na forma granular (CAG) e em pó (CAP). No Brasil os precursores mais utilizados na produção de CA são madeira, osso, casca de coco e carvão betuminoso e sub-betuminoso (Di Bernardo e Dantas, 2005 e Claudino, 2003). Na produção de CA, a matéria-prima é submetida aos processos de carbonização e ativação.

De acordo com Claudino (2003) e Mohan e Pittman (2006), a carbonização consiste na pirólise do material a ser carbonizado na ausência de ar a temperatura superior a 473K. Nesta etapa são removidos os componentes voláteis e gases leves como CO, H₂, CO₂ e CH₄, e é produzida uma massa de carbono fixo e uma estrutura porosa primária que posteriormente irá favorecer a ativação. A taxa de aquecimento, a temperatura final, o fluxo de gás de arraste e a natureza de matéria prima são parâmetros importantes que irão determinar a qualidade e o rendimento do CA.

A ativação visa o aumento da área superficial de carvão proporcionando, desde modo o aumento da sua porosidade. O propósito do processo de ativação é o controle das características básicas do material como distribuição de poros, área superficial específica, a resistência mecânica, etc. A ativação pode ser química ou física (Soares, 2001 apud Claudino, 2003; Borges et al, 2003; Mohan e Pittman, 2006):

- a) ativação química: consiste na impregnação de agentes ativantes como cloreto de zinco (ZnCl₂), ácido fosfórico (H₃PO₄) no material ainda não carbonizado, onde estes agentes proporcionaram a formação de ligações cruzadas, tornando o material menos propenso a volatilização quando aquecido a temperatura elevada.
- b) ativação física: a ativação física consiste na reação do carvão com vapores de água, CO₂, ou uma mistura destes dois gases, após a carbonização.

Após a produção, os grãos do CA podem apresentar diferentes poros. Estes são definidos segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada – IUPAC, em:

- macroporos: apresentando diâmetro maior que 50nm;
- mesoporos: com diâmetro entre 2 e 50nm;
- microporos Secundários: apresentando diâmetro ente 0,8 e 2nm;
- microporos Primário: apresentando diâmetro menor que 0,8nm.

2.3 Uso de Carvão Ativado no Tratamento de Água

2.3.1 Tratamento de Água Convencional

A água para o abastecimento público deve ser tratada, porque muitos dos mananciais utilizados como fontes de água estão com a sua qualidade comprometida. A Resolução CONAMA nº 357/2005 “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, dispõe que águas que se enquadram na classe 2 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, as que enquadram na classe 3 também podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado.

O tratamento convencional é a tecnologia de tratamento de água empregada na maioria das estações de tratamento no Brasil, consiste nas seguintes etapas coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. A água para o abastecimento público muitas vezes requer um tratamento complementar além das etapas mencionadas anteriormente, com objetivo de remover algumas substâncias causadoras de sabor, cor e odor na mesma.

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), a maioria de substâncias causadoras de sabor, cor, odor, mutagenicidade e toxicidade como agroquímicos, geosmina, MIB e cianotoxinas em geral, pode ser adsorvida em carvão ativado. Entretanto não se pode afirmar que qualquer tipo de carvão ativado irá adsorver qualquer substância orgânica indesejável na água. A massa molecular das substâncias orgânicas está diretamente relacionada ao tamanho dos poros dos grãos do carvão ativado, logo o conhecimento prévio das principais propriedades dos diferentes tipos de carvão ativado é necessário.

2.3.2 Adsorção

Em um processo de adsorção, as moléculas ou átomos ou íons em um gás ou líquido difundem para superfície sólida, onde se ligam quimicamente com a superfície sólida ou são mantidos lá por fracas forças intermoleculares. Os solutos adsorvidos são referidos como adsorvatos, fase líquida ou gasosa, enquanto que o material sólido, ou seja, a fase sólida é o adsorvente (Seader, 1998). Se tratando da adsorção de substâncias presentes na água por CA as fases são líquido/sólido.

No processo de adsorção as moléculas do adsorvato são transferidas para a superfície do adsorvente, permanecendo aí retidas. Este processo ocorre nas interfaces líquido/sólido. A adsorção pode ser física, envolvendo interações eletrostáticas e as forças de Van der Waals entre o adsorvato e o adsorvente, ou química, quando há reação química entre o sítio ativo de adsorção e o adsorvato (Di Bernardo et al., 2002).

A eficiência de CA pode ser avaliada através de uma isoterma de adsorção. A isoterma de adsorção é uma representação gráfica que mostra a relação entre a quantidade adsorvida por unidade de peso do adsorvente e da quantidade de adsorvato remanescente em um meio de ensaio em equilíbrio. Os dados são específicos para cada sistema, por isso deve ser determinada uma isoterma para cada aplicação. Os principais fatores que determinam a forma de uma isoterma são o número de compostos em solução, a concentração inicial em solução, o grau de concorrência dos solutos para os sítios de adsorção e as características do CA (NG et al., 2002).

Existem vários modelos matemáticos que podem descrever a relação entre a quantidade adsorvida por unidade de peso do adsorvente e a concentração de adsorvato na água, os mais usados são o de Langmuir e o de Freundlich (Müller, 2003).

A isoterma de Langmuir é o mais simples modelo usado para descrever a adsorção de monocamada. A equação se baseia em cinética de adsorção, uma superfície uniforme, uma única camada de material adsorvido e temperatura constante. Este modelo se torna útil quando há uma forte interação específica entre a superfície de adsorvente e o adsorvato, sem que ocorra a formação de múltiplas camadas (NG et al., 2002).

A isoterma de Freundlich é o modelo mais popular, é uma equação empírica que se baseia na distribuição do adsorvato entre fase sólida e a fase líquida no equilíbrio (NG et al., 2002). Pode ser aplicada a sistemas em adsorção de multicamada.

2.3.3 Adsorção por carvão ativado em Pó (CAP) e por carvão ativado granular (CAG)

Aplicação do CAP diretamente em água para abastecimento público se constitui em melhor alternativa para a remoção de compostos orgânicos causadores de gosto e odor na água (Ferreira Filho et al, 2005). O CAP pode ser aplicado na captação de água bruta, ou seja, na entrada na ETA, juntamente com o coagulante na unidade de mistura rápida e na entrada dos filtros. A aplicação do CAP na entrada estação de tratamento de água (ETA) pode favorecer o processo de adsorção, devido ao maior tempo de contato entre o CAP e a água, mas para que isso aconteça deve existir uma distância considerável entre a ETA e a captação. É importante salientar que a aplicação neste ponto requer uma dosagem maior de CPA, pois as substâncias que poderiam ser removidas nas etapas subsequentes poderão ser adsorvidas pelo carvão. Na etapa de coagulação é ponto de aplicação mais comum na ETA convencional. O único inconveniente seria a ocorrência de interferência do coagulante no processo de adsorção, por isso se recomenda a aplicação do coagulante trinta minutos após a aplicação do CA. Na entrada dos filtros as interferências no processo de adsorção seriam minimizadas, mas pode ocorrer a passagem de CPA pelos filtros, prejudicando a qualidade da água filtrada (Müller, 2003). Já o CAG é aplicado no tratamento de água após a filtração ou como meio filtrante.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Os cocos verdes após terem sido adquiridos em Porto Alegre, tiveram os seus endocarpos separados. O carvão ativado vegetal comercial foi utilizado como padrão de comparação para o carvão ativado de endocarpo de coco. A água bruta para análise foi coletada no arroio Dilúvio.

3.2 Métodos

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Processos Ambientais (LAPA), no Laboratório de Metalografia e Tratamentos Térmicos (LAMETT/NUCLEMAT) e no Centro de Microscopia e Microanálise (CEMM) da Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Inicialmente o endocarpo de coco (EC) foi seco ao ar livre, triturado, seco em estufa a aproximadamente 50°C durante 2 horas e posteriormente triturado até ser obtida a granulometria desejada para as etapas de pirólise e ativação.

3.2.1 Preparação dos Carvões Ativados

Na preparação do carvão ativado o endocarpo de coco triturado foi pirolizado e ativado com vapor d'água, respectivamente.

Para cada ensaio de pirólise foram pesados em balança eletrônica (Acculab V- 200) aproximadamente 15g de EC. Os ensaios foram realizados em forno elétrico (Sanchis Fornos Elétricos; Figura 2), à pressão atmosférica e em atmosfera inerte de N₂ (1L/mim). O tempo de cada ensaio foi de trinta minutos com faixa de temperatura fixada em 500°C. A ativação foi realizada com vapor d'água utilizando o nitrogênio como gás de arraste na vazão de 1L/mim na mesma temperatura de pirólise no forno elétrico (Sanchis Fornos Elétricos). Segundo Claudino (2003) a temperatura de ativação deve ser igual ou menor que a temperatura de pirólise de forma a se evitar uma pós-devolatilização que conduziria a uma alteração estrutural das amostras.

Tanto na etapa de pirólise como a da ativação as amostras foram introduzidas no forno a temperatura de 500°C.



Figura 2: Forno Elétrico (marca Sanchis Fornos Elétricos).

3.2.2 Água Bruta

As amostras de água do arroio Dilúvio utilizados nos ensaios foram coletadas na Avenida Ipiranga em frente ao Parque Esportivo da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul no mês de maio de 2010 e transportadas até o laboratório em frascos plásticos de 5L.

A água bruta foi caracterizada através de parâmetros físico-químicos. Os métodos analíticos empregados (Tabela 2), para a caracterização da água seguiram as normas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Tabela 2 – Métodos analíticos empregados nas análises físico-químicas da água bruta.

Parâmetro	Método analítico
pH	NBR - 9251- Método eletrométrico
Cor aparente	NBR – 13798 – Método de comparação visual
Turbidez	MB – 3227 – Método nefelométrico
Oxigênio dissolvido	MB – 3030 – Método eletrodo de membrana
Demanda Química de Oxigênio – DQO	NBR – 10357- Método do refluxo aberto e titulométrico

3.2.3 Ensaio de Adsorção

Foram colocados 400 mL de água bruta em erlenmeyers de 500 mL, contendo dois gramas de cada amostra pesadas em balança analítica (modelo BEL ENGINEERING), em mesa agitadora (marca Nova Técnica), com uma velocidade de agitação de 60 rpm por 4 horas. Ao final dessas 4 horas, a solução foi filtrada, à vácuo em papel-filtro qualitativo, e determinadas as características do filtrado pelos métodos analíticos apresentados na Tabela 2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características do carvão ativado

Após a preparação, o carvão ativado fisicamente foi caracterizado quanto a seu Número de Iodo segundo a norma NBR 12073 da ABNT e sua granulometria segundo a norma NBR 12075 adaptadas para a peneira com tamanho de abertura de 250 μm . Os mesmos testes foram realizados para o carvão ativado comercial, e os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados de granulometria e Número de Iodo.

	Granulometria (% em massa passante na abertura de 250 μm)	Número de Iodo (mg I_2/g)
CAED*	81,3	631
CAC**	91,6	914

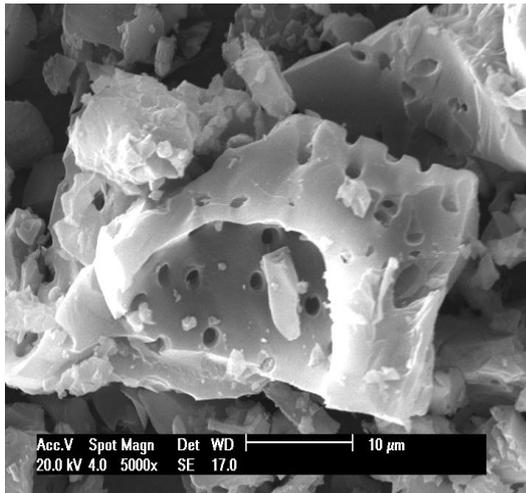
* Carvão ativado de endocarpo de coco.

** Carvão ativado comercial.

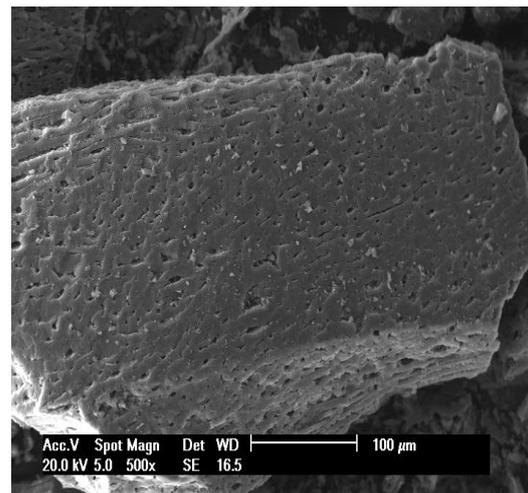
A caracterização granulométrica é utilizada para que se conheça o tamanho dos grãos do CA, uma vez que quanto menores forem os grãos, maior será a sua área superficial, facilitando a adsorção. Analisando os valores da Tabela 3 pode-se observar que 81,3% da amostra do CAED apresentou granulometria menor que 250 μm e 91,6% da amostra do CAC apresentou a granulometria menor que 250 μm .

O Número de Iodo expressa a quantidade de iodo que é adsorvida pelo CA e está relacionado com a adsorção de moléculas de pequena massa molecular (Di Bernardo e Dantas, 2005). A norma ABNT/EB-2133 estabelece que para o fornecimento de carvão ativado pulverizado, utilizado no tratamento de água para abastecimento público, o Número de Iodo deve ser no mínimo de 600 mg I_2/g . Tanto o CAED como o CAC apresentaram valores dentro do mínimo exigido.

A Figura 3 e 4 apresenta os resultados da microscopia eletrônica de varredura, antes e depois de ativação, para o CAED.

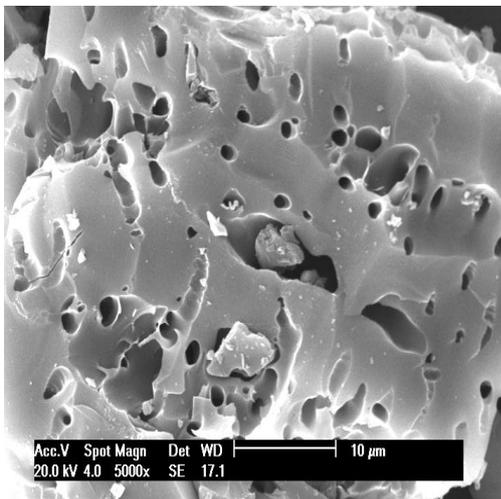


(a)

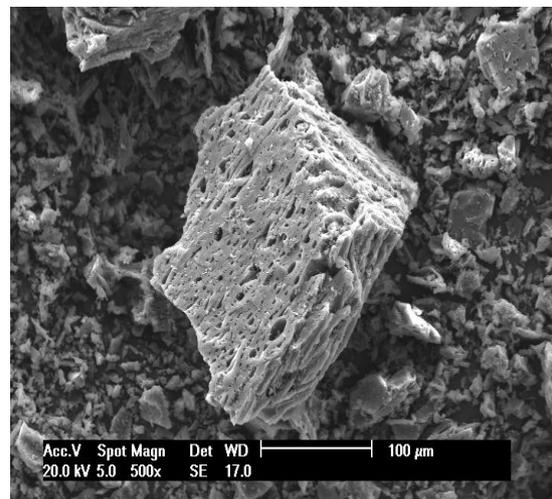


(b)

Figura 3: Microscopia eletrônica de varredura para CAED antes da ativação. (a) 5000x; (b) 500x



(a)



(b)

Figura 4: Microscopia eletrônica de varredura para CAED após ativação. (a) 5000x; (b) 500x

Analisando as figuras pode-se observar que com a ativação houve um aumento significativo do diâmetro dos poros e a formação de novos poros, o que é desejável para o processo de adsorção.

Nas Figuras 5 e 6 são apresentadas a microscopia eletrônica de varredura para o CAED e o CAC. Podemos observar que o CAC apresenta o tamanho de partículas menores em relação ao CAED, comprovando a caracterização granulométrica.

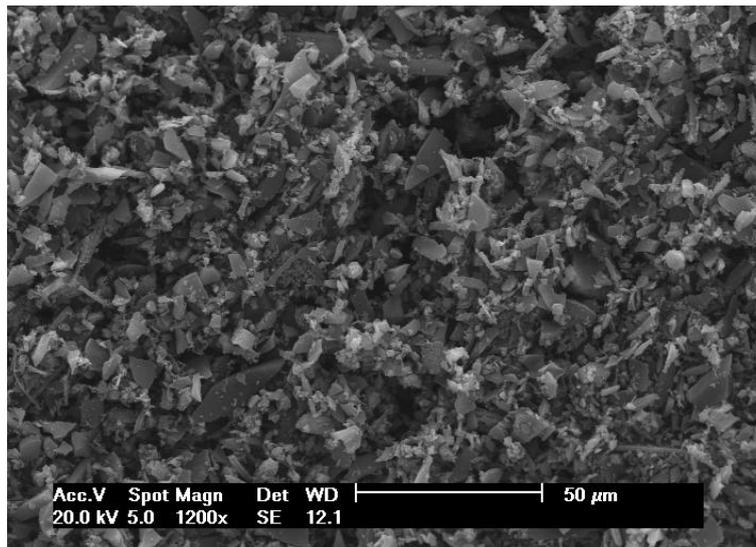


Figura 5: Microscopia eletrônica de varredura para CAC.

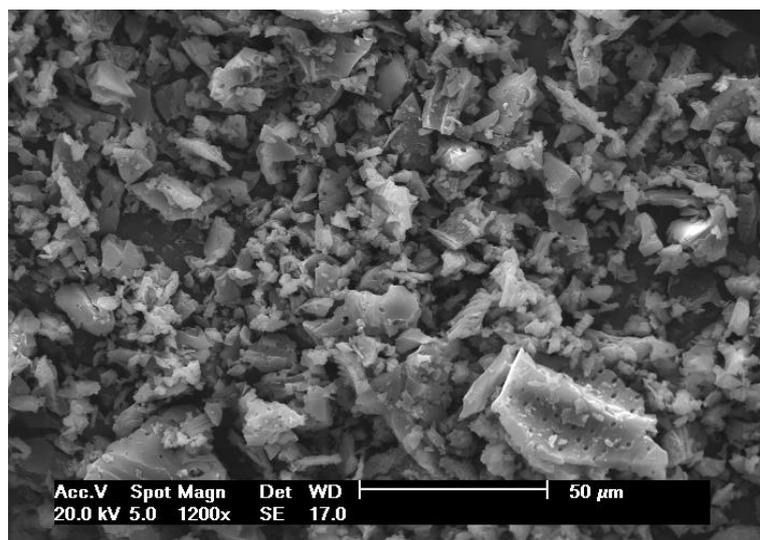


Figura 6: Microscopia eletrônica de varredura para CAED.

4.2 Características da Água Bruta

Na Tabela 4 são apresentados os parâmetros físico-químicos da água bruta caracterizada segundo os métodos analíticos descritos no item 3.2.2.

Tabela 4: Parâmetros físico-químicos da água bruta.

Parâmetros	Valor
pH	7,63
Cor aparente (mg Pt-Co/L)	250
Turbidez (uT)	15,37
Oxigênio dissolvido (mg O ₂ .L ⁻¹)	7,48
Demanda química de oxigênio (mg O ₂ .L ⁻¹)	462

4.3 Resultados dos ensaios de adsorção

Os parâmetros físico-químicos da água após os ensaios de adsorção estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5: Parâmetros físico-químicos da água após os ensaios de adsorção.

Parâmetros	H₂O CAED	H₂O CAC
pH	8,40	8,10
Cor aparente (mg Pt-Co/L)	30	10
Turbidez (uT)	12,56	6,10
Oxigênio dissolvido (mg O ₂ .L ⁻¹)	8,07	8,71
Demanda química de oxigênio DQO (mg O ₂ .L ⁻¹)	481	562

Houve uma redução significativa na cor tanto para água tratada com o CAED como a tratada com CAC. Em relação à turbidez a redução não foi tão significativa para o CAED. Para os parâmetros com pH e oxigênio dissolvido houve um aumento ficando as águas tratadas com ambos carvões ativados na mesma faixa para os dois parâmetros.

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que água dentro de padrão de aceitação para o consumo humano os valores máximos permitidos para a cor aparente é de

15 mgPt-Co/L, turbidez é de 5 uT e pH deve ser mantido nas faixas de 6,0 a 9,5. A Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece que o valor do oxigênio dissolvido não deva ser inferior aos 6 mg O₂.L⁻¹ para água destinada ao abastecimento para o consumo humano. Analisando os valores da Tabela 5 pode ser observado que somente os parâmetros pH e oxigênio dissolvido para a água tratada com CAED e CAC, e cor aparente da água tratada com o CAC ficaram dentro dos padrões exigidos pela legislação.

A demanda química de oxigênio (DQO) corresponde à quantidade O₂ requerida para oxidar a matéria orgânica. Este parâmetro foi utilizado para se avaliar possível incorporação de carga orgânica na água pelos carvões ativados. Como podemos observar comparando o CAED com o CAC, o CAED foi o que menos incorporou carga orgânica à água.

5 CONCLUSÃO

O CAED apresentou uma granulometria maior, ou seja, uma menor área superficial em relação ao CAC, isto pode ser observado na Tabela 3 como nas Figuras 5 e 6. Os valores do Número de Iodo para os dois CAs ficaram dentro do mínimo exigido, embora para o CAED este valor tenha ficado muito próximo do mínimo exigido.

Nos ensaios de adsorção, o CAED se apresentou menos eficiente em relação ao CAC, um dos fatores que pode ter levado a esse resultado, é a granulometria do CAED. Somente em relação um parâmetro físico-químico, DQO, o CAED se apresentou mais eficiente, ou seja, acrescentou menos matéria orgânica a água.

SUGESTÕES

Com base nas conclusões geradas pelo trabalho de pesquisa, foi possível estabelecer as seguintes sugestões.

- a) Testar diferentes temperaturas de carbonização e diferentes tempos de ativação de modo que sejam avaliadas a influencia da temperatura e o tempo de ativação no CA.
- b) Avaliar o grau de carbonização e de ativação do CA.
- c) Avaliar as características físico-químicas do CA, como a umidade, teor de cinza, carbono fixo, matéria volátil, densidade aparente, área superficial e pH, através de testes específicos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a professora Adriene Maria Sampaio Pereira, a Fernanda Abreu dos Santos e ao Sérgio Domingos Alegre pelo auxílio durante a realização deste trabalho, e a minha orientadora, professor Gerti W. Brun.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1991). Carvão Ativado Pulverizado - Especificação – EB – 2133.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1991). Carvão Ativado Pulverizado - Determinação do Número de Iodo – NBR- 12073.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1991). Carvão Ativado Pulverizado - Determinação Granulométrica – NBR- 12075.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986). Águas- Determinação do pH – Método Eletrométrico – NBR- 9251.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997). Águas –Determinação de Cor – Método de Comparação Visual – NBR- 13798.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1990). Águas Minerais e de Mesa - Determinação de Turbidez – Método Nefelométrico– MB - 3227.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989). Águas - Determinação de Oxigênio Dissolvido – Método Eletrodo de Membrana – MB- 3030.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1988). Águas – Determinação da Demanda Química de Oxigênio (DQO) – Método do Refluxo Aberto e Titulométrico – NBR- 10357.

AMARAL, S. T. Remoção de Metais Pesados de Efluentes Industriais por Adsorção em Coque Poroso. Porto Alegre 1984. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia. UFRGS.

ANDRANDE et al. Pirólise de resíduos do coco-da-baía (*Cocos nucifera* Linn) e análise do carvão vegetal. Revista *Árvore*. v 28, n 5, Set/Out. 2004. Disponível em <<http://www.scielo.br/ing-revistas-rarv-v28n5-23409f1.gif.mht>>. Acessado em 30/03/2010.

BORGES, F. M. et al. Desenvolvimento e criação de uma unidade produtiva de carvão ativado. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23, 2003, Ouro Preto, MG. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2003_TR0502_0601.pdf>. Acessado em 29/03/2010.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <http://www.agrolab.com.br/portaria%20518_04.pdf>. Acessado em 03/06/2010.

BRASIL, Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Embrapa. A cultura do Coqueiro. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Coco/ACulturadoCoqueiro/importancia.htm>>. Acessado em 11/04/2010.

CLAUDINO, A. Preparação de Carvão Ativado a partir de Turfa e sua Utilização na Remoção de Poluentes, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2003, Disponível em: <<http://www2.enq.ufsc.br/teses/m101.pdf>>. Acessado em 04/04/2010.

CONAMA, Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, Dispõe sobre a Classificação dos Corpos de Água e Padrões de Lançamento de Efluentes. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado em 03/06/2010.

COUTINHO, A. R. et al. Preparação de carvão ativado a partir de fibras de celulose. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE ADSORÇÃO, 2, 2000, Florianópolis. Anais. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. p. 139-161.

DEPARTAMENTO DE ESGOTOS PLUVIAIS. O arroio Dilúvio, Porto Alegre. Disponível em <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/>>. Acessado em 24/04/2010.

DI BERNARDO, L.; DIBERNARDO, A; CENTURIONE FILHO, P. L. Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos: Rima, 2002. 237p.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2 ed. São Carlos: Rima, 2005. 1565p .

FERREIRA FILHO, S. S.; MARCHETTO, M. Otimização Multi-objetiva de Estação de Tratamento de Águas de abastecimento: remoção de turbidez, carbônico orgânico total e gosto e cor. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 11, n. 1, p.7-15, 2006.

MOHAN, D. and PITTMAN Jr, C. U. Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri and hexavalent chromium from water. Journal of Hazardous Materials. B 137, p.762-811, 2006.

MULLER, C.C. Avaliação da Utilização de Carvão Ativado em Pó na Remoção de Microcistina em Água para Abastecimento Público. Porto Alegre 2008. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia. UFRGS.

NG, C. et al, Freundlich adsorption isotherms of agricultural by-product-based powdered activated carbons in a geosmin-water system. Bioresource Technology, v. 85, p. 131-135, 2002.

SAEDER, J. D. Separation Process Principles. Ed. John Wiley & Sons. New York, 1998, 886p.