



## PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DA MOINHA DE CARVÃO VEGETAL

*Igor José do Nascimento<sup>1</sup>, Éder Rogério Stela<sup>2</sup>*

**RESUMO:** O Carvão Ativado (CA) é um material cuja composição básica é carbono, sua principal característica é apresentar uma grande porosidade, o qual permite ter grande capacidade de adsorção. A adsorção é um mecanismo utilizado pelo CA para eliminar substâncias físico-químicas que proporcionam cor, odor ou sabor, dissolvidas em algum fluido (água, ar, óleo, etc). Devido a esse mecanismo, diversas indústrias o utilizam para dois fins: padronização de materiais (purificação de água, óleo, bebidas, entre outros) ou tratamento de efluentes (eliminação de cor, odor, partículas, etc). Desta forma, o projeto apresenta um estudo de um meio alternativo de produção de carvão ativado, utilizando a Moinha de Carvão Vegetal, obtido a partir do processo de classificação do carvão em Empacotadoras de Carvão, o qual representa de 10 a 20% de todo o carvão produzido. Para a ativação do mesmo pode ser utilizado a física e química, a primeira consiste em pirolisar a matéria em atmosfera inerte e gaseificado com CO<sub>2</sub> ou H<sub>2</sub>O, a ativação química consiste em colocar o material precursor com um agente ativante e após pirolisar o mesmo, também em atmosfera inerte. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Química Aplicada (LQA) da Universidade Estadual do Paraná Campus de Campo Mourão (UNESPAR/FECILCAM). Para este projeto, a moinha foi recolhida em uma empacotadora localizada na cidade de Araruna-PR, primeiramente o tamanho da mesma foi padronizada, após foi utilizado a ativação química e como agente ativador foi utilizado o Hidróxido de Sódio (NaOH), posteriormente o mesmo foi pirolisado em uma Mufla Elétrica com o auxílio de um reator retangular de aço galvanizado para deixar a atmosfera inerte. Por fim, foi realizado o teste de adsorção do corante básico Azul de Metileno, desta forma, obteve-se que o carvão ativado produzido conseguiu adsorver 99,999% do corante presente na solução H<sub>2</sub>O, observado através da análise da turbidez da água. Assim sendo, o CA produzido pode ser empregado em usos industriais, principalmente no tratamento de efluentes no qual o objetivo é eliminar a cor da água, devido a produção do CA em estudo ser de baixo custo, comparado com os comerciais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Carvão Ativado; Moinha de Carvão Vegetal; Adsorção Básica; Reaproveitamento de Materiais.

### 1 INTRODUÇÃO

Segundo Schettino Junior (2004), o carvão ativado é um material composto basicamente por carbono, que apresenta uma grande porosidade e uma grande capacidade de adsorção. Macedo *apud* Niedersberg (2005) descreve o carvão ativado como um material carbonáceo de estrutura porosa, tendo como característica a elevada área superficial e alta porosidade desenvolvida, dando-lhe a capacidade de adsorver materiais presentes em fluidos.

A adsorção é o mecanismo utilizado pelo carvão ativado que, através da sua porosidade, permite que este material seja utilizado para eliminação de cor, odor, gosto e substâncias químicas dissolvidas na água ou ar, a área superficial do carvão ativado comercial varia de 600 a 1600m<sup>2</sup>/g, estando geralmente na faixa de 900m<sup>2</sup>/g (FERNANDES *et al.*, 2010).

Há registros de uso do carvão ativado desde 2.000 a.C., quando os egípcios purificavam a água utilizando-o. Porém, o uso carvão ativado tornou-se popular devido a Primeira Guerra Mundial, quando houve a necessidade de purificar o ar utilizando um equipamento simples: a máscara de gás. Após a década de 50, tornou-se comum o uso do carvão ativado para tratamento e purificação da água e no controle de emissão de poluentes (SCHETTINO, 2004).

Segundo Pereira (2010), o carvão ativado pode ser obtido por dois meios: tratamento químico e tratamento físico. Ambos utilizam o processo de carbonização em atmosfera inerte, também chamado de pirólise, com o intuito de ocorrer a decomposição térmica do material precursor, eliminando componentes voláteis e outros elementos que não fazem parte do composto carbônico.

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial da Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR, Campo Mourão – PR. Bolsista IC/Fundação Araucária – UNESPAR. Igor\_jnascimento@live.com

<sup>2</sup> Diretor da Universidade Estadual do Paraná *campus* de Campo Mourão e Professor do Departamento de Ciências Contábeis da Universidade Estadual do Paraná *campus* de Campo Mourão. eder.rogerio@fecilcam.br



O tratamento químico consiste em colocar o percussor a ser ativado em contato com um agente ativante (cloreto de zinco, hidróxido de sódio e ácido fosfórico, por exemplo). Após, o mesmo é carbonizado e sequencialmente o agente ativante é removido, formando a porosidade do carvão ativado (PEREIRA, 2010).

Ainda segundo o autor, o tratamento físico é realizado em material em que já houve a carbonização, desta forma, o mesmo geralmente é gaseificado com vapor de H<sub>2</sub>O ou CO<sub>2</sub> ou a mistura destes gases em temperatura elevada. Desta forma, com as reações químicas que ocorrem, perde-se certa quantidade de carbono, alargando e aumentando a estrutura porosa do carvão.

A primeira aplicação industrial do carvão ativado registrada foi na Inglaterra, como agente descolorante do açúcar, em 1794. Atualmente, o carvão ativado é utilizado em vários setores industriais, tanto na produção como no tratamento de rejeitos. Segundo Pereira (2010), as utilizações que mais se destacam, são:

- Tratamento de água: Em grandes centros há a necessidade de um tratamento intensivo da água a ser ingerida, portanto, devido a suas propriedades adsorptivas que eliminam cor, sabor, odor e elementos químicos indesejados, como detergentes, pesticidas, entre outros, o carvão ativo é amplamente utilizado.
- Descolorante: Como citado anteriormente, o primeiro uso industrial do carvão ativado foi como material descolorante, na atualidade esta técnica ainda é utilizada.
- Filtros de proteção: Áreas que trabalham com gases com alto grau de periculosidade utilizam máscaras com filtro de carvão ativado. Essas áreas vão de industrial, como as indústrias químicas e até mesmo as áreas nuclear e militar.
- Catalisadores: Muitos veículos automotores utilizam do sistema de catalisação para diminuir a emissão de gases poluentes para a atmosfera. As indústrias também utilizam catalisadores para redução de poluentes.

Segundo o dicionário Aurélio (2009), o carvão é um combustível sólido de cor negra, resultante da combustão incompleta de matérias orgânicas e que encerra uma proporção elevada de carbono. O carvão vegetal é definido como um produto obtido a partir da queima parcial da madeira e tem sua maior utilização em siderúrgicas, principalmente na fabricação de ferro-gusa (SANTOS, 2007).

Entretanto, além do uso em siderúrgicas, o carvão vegetal possui o uso doméstico, cuja utilização é em lareiras e churrasqueiras. O processo de beneficiamento do carvão vegetal gera um resíduo conhecido por finos ou moinha de carvão, a moinha de carvão pode ser definida como o pó ou pequenos pedaços gerado a partir do atrito do carvão, que não suporta o próprio peso e se quebra. Este atrito, geralmente, é causado no transporte a longas distâncias. Desta forma, na seleção do carvão em siderúrgicas e carvoarias, separa-se o mesmo da moinha, gerando assim este sub-produto. (LUCENA *et al.*, 2008).

Uma pequena parte da moinha gerada é transformada em briquete, conhecido também por carvão ecológico devido ao reaproveitamento da moinha de carvão. O produto se forma a partir da mistura da moinha com um material para dar liga, utilizando uma máquina de extrusão, porém, sabe-se que toda moinha produzida não é reutilizada devido ao carvão ecológico não ser de conhecimento por grande parte do mercado consumidor, além de não ter elevada aceitação do mercado. Desta forma, surge a necessidade da utilização desta moinha em outros setores para eliminar este resíduo sólido.

Segundo dados do IBGE (2012), o Brasil produziu no ano de 2012 cerca de 1,16 milhões de toneladas de carvão de extração vegetal nativo e cerca de 5,01 milhões de toneladas de carvão de lenha proveniente do reflorestamento. Segundo Antunes (1982), de todo carvão produzido, de 10 a 20% se transforma em moinha, o que representa de 600 mil a 1 milhão de toneladas de moinha de carvão vegetal, em grandes siderúrgicas, o reaproveitamento desta é feito por briquetagem, como citado anteriormente, ou a injeção direta, misturado com O<sub>2</sub>, em fornos para aquecimento do mesmo.

Como dito anteriormente, o carvão ativado é um material composto basicamente por carbono obtido através da pirólise de materiais orgânicos, já o carvão vegetal é a queima parcial da madeira, desta forma, tem-se a ideia de utilizar a moinha de carvão vegetal para obtenção do carvão ativado. A utilização da mesma pode ser benéfica, por reutilizar um resíduo sólido, além de diminuir a energia gasta para obtenção do carvão ativado, devido ao mesmo já ter sido parcialmente queimado e, portanto, retirado grande parte dos compostos químicos presente na madeira.

Desta forma, o objetivo geral do trabalho foi desenvolver um carvão ativado utilizando a moinha de carvão vegetal, sendo assim, os objetivos específicos são:

- Estudar as principais características do carvão ativado;
- Estudar os métodos de obtenção do carvão ativado;
- Aplicar o melhor método de obtenção do carvão ativado utilizando como material percussor a moinha de carvão;
- Avaliar as características de adsorção do carvão ativado produzido.

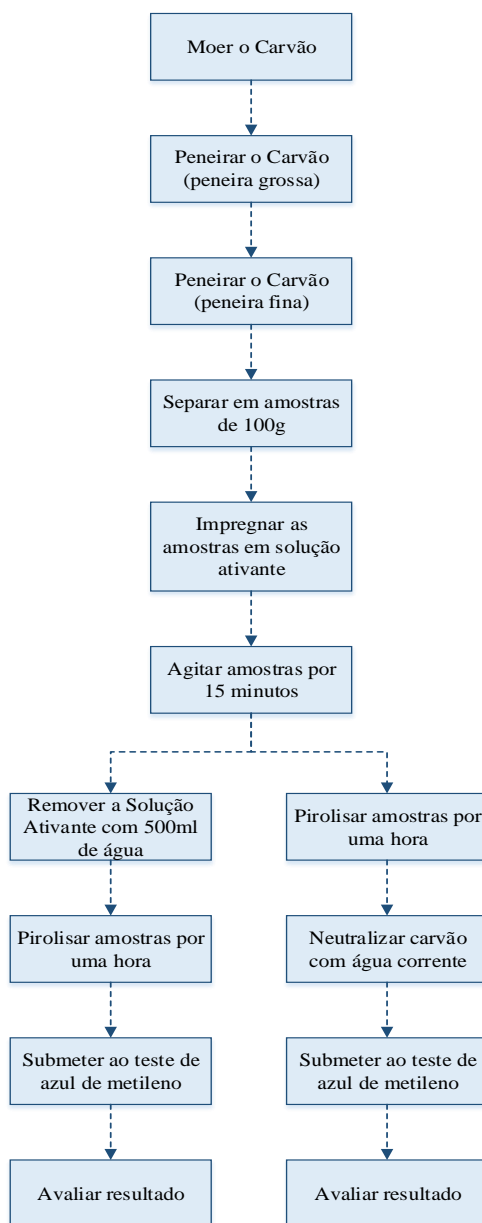


O processo de obtenção do carvão ativado é relativamente caro, devido ao alto consumo de energia em sua fabricação, além do uso de matéria-prima cara, portanto fica necessário o estudo de novos materiais percussores para redução de custos de produção. Sendo assim, a moinha de carvão foi escolhida como material percussor devido a abundância, ao baixo custo e principalmente devido ao aproveitamento de parte de um resíduo antes descartado, para a fabricação de um produto de alto valor comercial, sendo que este resíduo é descartado muita das vezes de forma errada, o que pode trazer malefícios para o meio ambiente.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa classifica-se quanto aos fins como descritiva e explicativa, quanto aos meios como bibliográfica e pesquisa de laboratório, uma vez que foi realizada uma revisão bibliográfica para o levantamento de informações acerca da pesquisa e posteriormente foi realizados ensaios de obtenção do carvão ativado, os dados utilizados classificam-se como quali-quantitativos.

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica para levantar os materiais e métodos padrões para obtenção do carvão ativado e também uma revisão literária para levantamento de informações a cerca de trabalhos realizados com o mesmo objetivo. Após, foi estabelecido a metodologia a ser seguida, presente no Fluxograma 1.



**Fluxograma 1** – Metodologia adotada para produção de Carvão ativado

**Fonte:** Elaborado pelo Autor



Salienta-se que na etapa 5, o material escolhido como agente ativador foi o Hidróxido de Sódio, considerado básico na escala de pH (aproximadamente 13,5) e na etapa da pirólise foi utilizada as temperaturas de 656°C e 757°C.

Para pesagem dos materiais, foi utilizado uma balança analítica SF-400 5Kg, também foi utilizado algumas vidrarias tais como a Proveta Graduada de 250ml e de 100ml para medição de água, Placa de Petri, para pesagem dos materiais, Becker. Também foram utilizados outros materiais tais como colher, Funil, filtro para os testes, potes para estoque. Para a pirólise foi utilizado um forno tipo Mufla da marca Quimis e para o teste foi utilizado um turbidímetro Policontrol AP2000.

A moinha utilizada na pesquisa foi obtida em uma empacotadora de carvão para churrasco localizada na cidade de Araruna-PR. Os experimentos foram desenvolvidos do Laboratório de Química Aplicada (LQA) da Universidade Estadual do Paraná – Campus de Campo Mourão (UNESPAR/FECILCAM), desta forma, este projeto beneficia a instituição devido ao desenvolvimento de novos instrumentos que serão utilizados pela sociedade além da contribuição da mesma para a formação de novos pesquisadores.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Atualmente, a moinha da empacotadora onde a matéria-prima foi recolhida é ensacada e armazenada, pois não há grande mercado para a comercialização da mesma, sendo assim, a matéria-prima em questão pode ser uma ótima alternativa para produção do carvão ativado, pois de acordo com o Decreto nº 7.404, de 23 de Dezembro de 2010, compete ao Comitê Interministerial incentivar a pesquisa e ao desenvolvimento de produtos que utilizam ou aproveitam resíduos sólidos, além de que na produção do carvão ativado comercializado, costuma-se utilizar subprodutos agrícolas, tais como endocarpo do coco, galhos de árvores, sabugo de milho, cascas de arroz, nozes, entre outros.

Com a matéria-prima em mãos, o primeiro passo, descrito no Fluxograma 1 (apresentado anteriormente), foi padronizar a moinha a fim de retirar o material muito fino presente e diminuir o tamanho dos pedaços maiores, para isso utilizou-se duas peneiras, uma fina e outra média, e um liquidificador, apresentados na Figura 1.



**Figura 1** – Equipamentos utilizados na padronização da moinha de carvão vegetal

**Fonte:** Autor

O resultado da moinha padronizada está apresentado na Figura 2.



**Figura 2** – Moinha de carvão vegetal padronizada

**Fonte:** Autor

Após a padronização, foi realizado o primeiro ensaio que consistiu em pegar 100g de moinha de carvão e impregná-lo em uma solução de 200ml de água com 25g de NaOH (em escamas a 96-98%). A moinha ficou imersa por 15 minutos com agitação moderada, após, a solução foi retirada utilizando 500 ml de água, um filtro de papel e um funil.



A mufla utilizada na pesquisa possui o termostato analógico, desta forma, o mesmo impossibilita o ajuste fino da temperatura, havendo apenas a possibilidade de chegar a uma temperatura próxima, portanto, a temperatura utilizada para este primeiro teste foi a de 656°C. A Figura 3 apresenta a mufla utilizada.



**Figura 3** – Mufla utilizada na pirólise para obtenção do carvão ativado

**Fonte:** QUIMIS (2015)

A madeira *in natura* inicia sua combustão a um ambiente com temperatura de aproximadamente 260°C, ou seja, temperaturas acima disto as moléculas da madeira se agitam e se unem com a do oxigênio presente no ar e se incendiam, assim sendo, para não transformar todo material utilizado na pesquisa em cinzas, houve a necessidade de confeccionar um reator que, ao ser submetido a altas temperaturas, expulsasse todo o oxigênio presente dentro do reator e não permitisse a entrada do mesmo, eliminando o contato da matéria-prima utilizada com o oxigênio e conseqüentemente, impossibilitando a combustão da moinha. Portanto, foi confeccionado um reator de formato retangular (para melhor aproveitar o espaço da mufla). O mesmo está apresentado na Figura 4.



**Figura 4** – Reator retangular utilizado na fabricação do carvão ativado

**Fonte:** Autor

Portanto, a moinha lavada com NaOH foi colocada dentro do reator e levado a mufla, após o forno foi desligado e deixado voltar a temperatura ambiente (30°C) para então ser retirado o carvão ativado de dentro do reator. A Figura 5 apresenta o carvão ativado obtido experimentalmente.



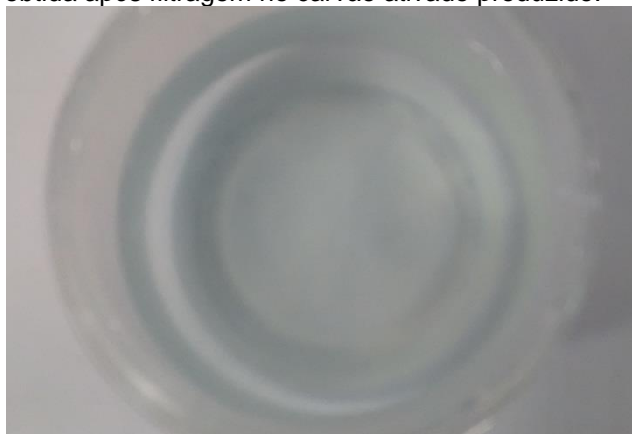
**Figura 5** – Carvão ativado com NaOH a 656°C**Fonte:** Autor

Para testar sua eficiência foi realizado um teste denominado Azul de Metileno com uma análise visual. Foi diluído 14g de azul de metileno em 1400ml de água, ou seja, sua concentração é de 10g/L. Foi pesado 15g de carvão ativado e 100ml desta solução. Com o auxílio de um filtro, a solução foi passada pelo carvão ativado para verificar a quantidade de corante que o mesmo removeria. A Figura 6 apresenta a solução de azul de metileno (1), e a água obtida após filtragem no carvão ativado produzido (2).

**Figura 6** – Teste azul de metileno para o carvão ativado produzido**Fonte:** Autor

Segundo o fluxograma, o segundo teste consistiu em pirolisar o material antes de ser lavado com água corrente. Portanto, foi utilizada uma amostra de 100g de moinha de carvão vegetal, 25g de NaOH (em escamas a 96-98%) e agitado moderadamente por 15 minutos, após foi colocado no reator e levado para a mufla no qual permaneceu a uma temperatura de 757°C por 1 hora e desligado e aguardado até que voltasse a temperatura ambiente (30°C).

Para essa mostra também utilizou o teste de azul de metileno com a mesma concentração do teste anterior, foi pesado 15g de carvão ativado e 100ml desta solução. Com o auxílio de um filtro, a solução foi passada pelo carvão ativado para verificar a quantidade de corante que o mesmo removeria. A Figura 7 apresenta a solução de azul de metileno obtida após filtragem no carvão ativado produzido.

**Figura 7** – Solução Azul de Metileno após passagem pelo Carvão Ativado produzido**Fonte:** Autor

Porém além da avaliação visual, para este teste também foi realizada a avaliação por um turbidímetro (aparelho que mede a turbidez da água). Tendo a água límpida como referência e sabendo que a mesma representa Zero NTU, o teste apresentou que a solução azul de metileno possui uma turbidez de 2832 NTU e a água filtrada com o carvão ativado produzido, possui uma turbidez de 0,02 NTU, bem próximo da água límpida. A fim de comparação, foi pesado 15g de moinha de carvão vegetal e 100ml de solução azul de metileno e passado pelo filtro para comparação, a turbidez encontrada foi de 1335 NTU.



## 4 CONCLUSÃO

O carvão ativado obtido no primeiro teste obteve um bom resultado, porém o mesmo ainda não possui adsorção suficiente para ser utilizado em filtros de água residenciais devido a não total remoção do corante azul de metileno. O segundo teste obteve-se um carvão com uma qualidade superior ao primeiro, porém ainda não tendo a eficiência necessária para ser considerado um carvão ativado que possa ser comercializado como um purificador de água mesmo apresentando um índice de turbidez próximo a de uma água purificada, limitando sua aplicação a tratamento de efluentes industriais, onde o objetivo é reduzir ao máximo qualquer impureza e cor presente na água para então ser eliminada em um corpo receptor, além de ser um material produzido com baixo custo.

Como trabalhos futuros, sugere-se a utilização de um agente ativador com pH ácido para comparação com o pH básico utilizado neste projeto de pesquisa, outra recomendação seria a utilização de outros tipos de matérias-primas para a comparação de resultados.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, R. C. **Briquetagem de Carvão Vegetal**. 1982. p. 197. In: Produção e Utilização de Carvão Vegetal. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC. Belo Horizonte – MG. 1982
- FERNANDES, K. A. N.; SANTOS, F. A.; BRUN, G. W. **Uso de carvão ativado de endocarpo de coco no tratamento de água**. In: Salão de Iniciação Científica PUCRS, XI. 2010, Rio Grande do Sul. PUC-RS. 2010. p. 3.
- FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2004.
- HSING, T. Y. PAULA, N. F. **Produção e Caracterização de Carvão Ativado de Quatro Espécies de Bambu**. 2011. In: IV Semana Tecnológica do Curso de Biocombustíveis da Faculdade de Tecnologia do Jaboticabal. FATEC-JB. Jaboticabal – SP. 2011.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PEVS 2012: Silvicultura e extrativismo produzem R\$ 18,4 bilhões. 2013**. Disponível em: [www.saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2533](http://www.saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2533) Acesso em: 23/05/2015 às 20:23.
- LUCENA, D. A. et. al. **Aglomerado de moinha de carvão vegetal e sua possível aplicação em alto-forno e geração de energia**. 2008. In: Tecnologia em Metalurgia e Materiais. ABM Brasil. São Paulo – SP. 2008
- NIEDERSBERG, C. **Ensaio de Adsorção com Carvão Ativado produzido a partir da casca do Túngue**. Disponível em: [http://www.unisc.br/portal/upload/com\\_arquivo/dissertacao\\_carolina\\_niedesberg.pdf](http://www.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/dissertacao_carolina_niedesberg.pdf). Acesso em: 20/02/2015.
- PEREIRA, E. I. **Produção de Carvão ativado a partir de diferentes percursos utilizando FeCl<sub>3</sub> como agente ativante**. 2010. p. 72. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais – MG, 2010.
- SANTOS, S. F. O. M. **Produção de Carvão Vegetal em Cilindros Metálicos Verticais: Alguns Aspectos Referentes a Sustentabilidade**. 2007. Dissertação (mestrado), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa- PR. 2007.
- SCHETTINO JUNIOR, M. A. **Ativação química do carvão de casca de arroz utilizando NaOH**. 2004. p. 79. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória – ES. 2004.
- TRAMONTIN, D. P. et al. **Adsorção do Corante Básico (Azul de Metileno) por Carvão Ativado Preparado a partir de Finos de Carvão**. SD. In: Rede de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação do Carvão Mineral. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. SD