



# Produção de carvão ativado a partir de resíduo de café retirado de cápsulas

## *Activated charcoal production from coffee residues recovered from capsules*

Barbara Gonçalves dos Santos\*, Ana Maria Ferrari Lima<sup>†</sup>, Luciana de Souza Moraes<sup>‡</sup>

### RESUMO

O presente estudo tem como finalidade a produção de carvão ativado a partir dos resíduos de café retirados de cápsulas utilizadas em máquinas domésticas. O processo de obtenção das cápsulas foi realizado dentro do campus de desenvolvimento, através de doações de consumidores. Para a produção de carvão ativado foram propostos dois processos de ativação, a ativação física que consiste em um tratamento térmico sob o fluxo de um gás oxidante, vapor de água e ar atmosférico e através da ativação química onde os agentes ativadores são compostos principalmente por substâncias inorgânicas introduzidas antes do aquecimento por impregnação dentro do precursor. A partir da produção desses carvões ativados é necessária a análise da efetividade no emprego destes, obtidos de modos diferentes para a aplicação em processos oxidativos empregando  $H_2O_2$ , testes de adsorção e testes catalíticos são empregados para obter e analisar os seus resultados, verificando a viabilidade e eficiência dos diferentes tipos, analisando também a decomposição do  $H_2O_2$  e a degradação do adsorvato.

**Palavras-chave:** carvão ativado, borra de café, material adsorvente.

### ABSTRACT

This study aims to produce activated charcoal from coffee residues removed from capsules used in domestic machines. The process of obtaining the capsules was carried out within the development campus, through donations from consumers. To produce activated carbon, two activation processes were proposed, the physical activation consisting of a thermal treatment under the flow of an oxidizing gas, water vapor and atmospheric air and through chemical activation where the activating agents are mainly composed of substances inorganics introduced prior to heating by impregnation into the precursor. From the production of these activated carbons, it is necessary to analyze the effectiveness of their use, obtained in different ways for application in oxidative processes employing  $H_2O_2$ , adsorption tests and catalytic tests are used to obtain and analyze their results, verifying the feasibility and efficiency of the different types, also analyzing the decomposition of  $H_2O_2$  and the degradation of the adsorbate.

**Keywords:** activated charcoal, coffee grounds, adsorbent material.

## 1 INTRODUÇÃO

O café tem história no Brasil: desde a época em que chegou ao país seu cultivo, devido ao clima e solos favoráveis a produção se expandiu rapidamente. O Brasil é o maior exportador de café no mercado mundial e ocupa a segunda posição, entre os países consumidores da bebida. O Brasil responde por um terço da produção mundial de café, o que o coloca como maior produtor mundial, posto que detém há mais de 150 anos (ABIC, 2021).

\* Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil; [barsan@alunos.utfpr.edu.br](mailto:barsan@alunos.utfpr.edu.br)

<sup>†</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil; [anamferrari@utfpr.edu.br](mailto:anamferrari@utfpr.edu.br)

<sup>‡</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil; [lucianamoraes@utfpr.edu.br](mailto:lucianamoraes@utfpr.edu.br)



Em uma grande produção, há também uma elevada geração de resíduos do café, sendo os principais as cascas de café, o pergaminho, a polpa, a mucilagem, a borra e os resíduos líquidos. As destinações desses resíduos normalmente são a indústria de ração animal, adubos e na queima de combustíveis (VEGRO & CARVALHO, 2006).

Com a popularização das máquinas de bebidas expresso, surgiu o problema da destinação das cápsulas usadas. Além dos componentes plásticos e de alumínio, que podem ser reprocessados, também é possível encontrar alternativas sustentáveis para o pó de café.

A borra de café é enquadrada como um resíduo classe II A - não inerte, o qual apresenta solubilidade em água, biodegradabilidade e combustibilidade (Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 10004, 2004).

Estudos feitos por Castro (2009) com a borra de café demonstraram que a sua estrutura morfológica consiste em poros profundos e homogêneos, diâmetro médio dos grãos de 389,18  $\mu\text{m}$ , quantidade de componentes orgânicos igual a 96,15% e minerais de 1,96%. Os grupos de superfície encontrados em sua maioria são grupos carboxílicos, grupos hidroxílicos, cetonas e aldeídos.

Pela composição elementar pode-se confirmar alta presença de carbono e oxigênio na borra de café, como apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 – Composição elementar da borra de café**

Elemento	C	H	O	N
(%)	53	1,6	38,1	7,3

Fonte: Castro (2021).

Várias das características físicas e químicas da borra de café observadas, a direcionam como precursora para produção de carvão ativado em busca de novas alternativas para uso deste resíduo, a fim de retirá-lo do meio ambiente e minimizar a poluição causada. Entre as opções para uso do carvão, tem-se a adsorção (RAMOS et al., 2009).

O carvão ativado pode ser proveniente de diferentes materiais, desde que este possua elevado teor de carbono como a madeira, coque de petróleo, casca de coco e borra de café, entre outros. Os precursores são materiais que se enriquecem durante o tratamento térmico. A produção envolve preparação de material bruto, carbonização e ativação.

Na carbonização, alguns parâmetros irão determinar a qualidade e o rendimento do produto carbonizado, que são a taxa de aquecimento, a temperatura final, o fluxo de gás de arraste e a natureza do precursor. A ativação, processo subsequente à pirólise, consiste em submeter o material carbonizado a reações secundárias, que resultarão em aumento significativo da porosidade e da área superficial específica do carvão Soares (2001).

Apresentando um grande potencial os resíduos do café como precursores para a produção de carvão ativado, esse trabalho tem por objetivo avaliar o potencial de utilização do pó contido em cápsulas de café descartadas para a produção de carvão ativado e adsorventes, e posterior aplicação em processos oxidativos empregando  $\text{H}_2\text{O}_2$ , visando a remoção de componentes persistentes de efluentes.

## 1.1 Carbonização



Para a preparação de carvão ativado, utiliza-se o método de aquecimento convencional, conforme metodologia de Castro et al. (2009), no qual a energia é produzida pelo forno elétrico. Além das matérias-primas, o método de preparação afeta significativamente as propriedades, qualidade e custo do carvão ativado. No método convencional, a fonte de calor situa-se fora do leito de carbono, e o calor gerado pela fonte de calor é transferido para as partículas por meio de mecanismos de convecção, condução e radiação. A superfície da amostra é aquecida antes que as partes internas. Existe gradiente de temperatura a partir da superfície para o interior de cada partícula (YADOJI et al., 2003).

## 1.2 Ativação física

Também chamada gaseificação, é o processo pelo qual o precursor desenvolve uma estrutura porosa, aumentando sua área superficial, pela ação de um tratamento térmico a uma temperatura que pode variar na faixa de 700–1000 °C sob o fluxo de um apropriado gás oxidante, vapor de água, CO<sub>2</sub> ou ar atmosférico, usados individualmente ou combinados. Esta reação dá origem à criação e desenvolvimento de poros em algumas partes da estrutura do carvão.

## 1.3 Ativação química

Na ativação química, o desenvolvimento da estrutura porosa é importante, e as temperaturas necessárias são geralmente mais baixas do que as praticadas na ativação física. Os agentes ativadores são compostos principalmente por substâncias inorgânicas introduzidas antes do aquecimento por impregnação dentro do precursor. Estes agentes de ativação podem ser ácidos (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), produtos alcalinos (KOH ou NaOH), ou sais (ZnCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub> e CaCl<sub>2</sub>) (OLIVEIRA E FRANCA, 2011).

Todos esses agentes citados possuem uma capacidade desidratante que influencia na decomposição por pirólise (MANOCHA, 2003). A ativação química gera carvões com poros maiores, sendo mais apropriados em aplicações de adsorção na fase líquida (SOARES, 2001).

As vantagens em comparação com a ativação física são, por exemplo: maior rendimento do produto, redução dos custos de energia por ser submetido a temperaturas menores, permitir obter áreas de superfície muito elevadas e a micro porosidade pode ser controlada. A principal desvantagem é a poluição causada pelos produtos químicos de ativação.

Este trabalho tem como objetivo produzir carvão ativado a partir da borra do café, este que foi obtido através de cápsulas. Para a produção do carvão serão propostos dois processos de ativação, a ativação física que consiste em um tratamento térmico sob o fluxo de um gás oxidante, vapor de água e ar atmosférico e através da ativação química onde os agentes ativadores são compostos principalmente por substâncias inorgânicas introduzidas antes do aquecimento por impregnação dentro do precursor.

## 2 MÉTODO

A obtenção da matéria-prima foi realizada no campus Apucarana da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. As cápsulas pós consumo foram coletadas através de doações de consumidores frequentes, abrangendo todos os tipos de cápsulas.



Foram realizadas as separações dos diferentes tipos de plásticos, alumínio e da borra de café. A borra de café foi separada e seca em estufa a 70°C por 24 h. Resíduos plásticos e de alumínio foram destinados a outras finalidades.

Na produção do carvão ativado, serão observadas as metodologias propostas por Oliveira e Franca (2011), Castro et al. (2009) e Brum (2008).

A borra do café utilizada foi seca e moída, aplicando a ativação química, o material é impregnado com  $ZnCl_2$  na proporção de 1:1 (m/m), seco a 100 °C por 24 h e ativado a 500 °C por 3 h. A ativação foi feita em atmosfera inerte ( $N_2$ ) em um forno. O carvão obtido foi lavado sucessivas vezes com  $HCl/H_2O$  para a retirada dos resíduos do agente ativante e desobstrução dos poros formados, conforme metodologia utilizada por Castro et al. (2009).

## 2.1 Caracterização do carvão ativado

A caracterização do carvão ativado será realizada a partir das isotermas de adsorção física de  $N_2$ , conforme metodologia de Oliveira e Franca (2011). A área superficial específica será calculada pelo método Brunauer, Emmett e Teller (BET) e as porosidades específicas pelo método Barret, Joyner and Halenda (BJH). A superfície do carvão será analisada por infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

## 2.2 Teste de adsorção

Para os ensaios de adsorção na fase líquida foi utilizado como adsorbato o corante azul de metileno. Para os testes, 10 mg de carvão serão colocados em contato com 10 mL de soluções de azul de metileno em várias concentrações (10, 25, 50, 100, 250, 500 e 1000 mg  $L^{-1}$ ) por 24 h a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C) e pH 5,3. A concentração restante do azul de metileno será analisada em um espectrofotômetro de UV/VIS no comprimento de onda de 645 nm. O mesmo procedimento será feito com o carvão ativado comercial para fim de comparação.

A fim de maximizar a ação do carvão será testado a adsorção e oxidação na presença do agente oxidante  $H_2O_2$ , serão empregados os processos utilizados por Castro et al. (2009), a utilização destes processos visa a maximização da remoção do corante azul de metileno.

## 3 RESULTADOS

Devido as medidas de prevenção ao COVID-19, a utilização dos laboratórios da universidade estava restrita durante o período de duração da pesquisa, não sendo possível a realização e emprego dos métodos propostos.

## 4 CONCLUSÃO



Como não foi possível a realização da metodologia proposta, não há resultados para serem analisados, porém, estudos anteriores mostram que é viável a produção de carvão ativado tendo como precursor a borra de café, assim também como a sua aplicação em processos oxidativos empregando  $H_2O_2$ .

Neste estudo, a borra de café empregada foi obtida das cápsulas para máquinas de café, o que possibilita a reciclagem e a reutilização desse resíduo gerado, diminuindo assim o descarte inadequado, possibilitando futuras aplicações dos outros materiais obtidos destas capsulas, como o plástico e alumínio.

Assim, esta pesquisa pode e deve ser continuada pois suas referências mostram grande potencial para a produção de carvão ativado podendo ser empregada em diversas áreas.

## REFERÊNCIAS

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ (ABIC).** O café brasileiro na atualidade. Disponível em: <https://www.abic.com.br/tudo-de-cafe/o-cafe-brasileiro-na-atualidade/> . Acesso em: 05 de set. 2021.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).** NBR 10004 – Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro. 1987.

BRUM, Sarah Silva et al. Preparação e caracterização de carvão ativado produzido a partir de resíduos do beneficiamento do café. **Química Nova [online]**. 2008, v. 31, n. 5 , p. 1048-1052. ISSN 1678-7064. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/YtgXQhcftmXXM8pfSYrf5Yb/?lang=pt#> . Acesso em: 13 set. 2021.

CASTRO, Cíntia S. et al. Remoção de compostos orgânicos em água empregando carvão ativado impregnado com óxido de ferro: ação combinada de adsorção e oxidação em presença de  $H_2O_2$ . **Química Nova**. 2009, v. 32, n. 6, pp. 1561-1565. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/tqSTDCkxmpy8RCCLDKW69Kh/?lang=pt#> . Acesso em: 11 set. 2021.

CASTRO, Cíntia S. de. **Preparação de carvão ativado a partir de borra de café: uso como adsorvente e como suporte catalítico para a remoção de poluentes orgânicos em meio aquoso**. 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/2654> . Acesso em: 06 de set. 2021.

MANOCHA, S. M. **Porous carbons**. *Sadhana*, v. 28, n. 1-2, p. 335-348, 2003. ISSN 0256-2499.

OLIVEIRA, L.; FRANCA, A. Conventional and non-conventional thermal processing for the production of activated carbons from agroindustrial wastes. Ed. James F. Kwiatkowski, *Activated Carbon: Classifications*. Nova Science Publishers Inc, 2011.

RAMOS, Paulize H. et al. Produção e caracterização de carvão ativado produzido a partir do defeito preto, verde, ardido (PVA) do café. **Química Nova [online]**. 2009, v. 32, n. 5 , pp. 1139-1143. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/w6BHgqfdpdZqMGr7HwmJ4wf/?lang=pt>. Acesso em: 5 set. 2021.

SANTANA, Maristela F. S. et al. Área superficial e porosidade da fibra alimentar do albedo De laranja. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.3, p.261-273, 2012. ISSN 1517-8595. Disponível em: <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev143/Art1439.pdf> . Acesso em: 11 set. 2021.



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um  
mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação  
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica  
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



- SOARES, A. G. **Adsorção de Gases em Carvão Ativado de Celulignina**. 2001. (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/277548/1/Soares\\_AlvaroGuedes\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/277548/1/Soares_AlvaroGuedes_D.pdf) . Acesso em: 06 de set. 2021.
- VEGRO, C. L. R.; CARVALHO, F. C. Disponibilidade e utilização de resíduos gerados no processamento agroindustrial do café. **Inf. Econ.**, v. 24, p. 9-16, 2006. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/ie/1994/tec1-0194.pdf> . Acesso em: 05 de set. 2021.
- YADOJI, P. et al. Microwave sintering of Ni–Zn ferrites: comparison with conventional sintering. **Materials Science and Engineering: B**, v. 98, n. 3, p. 269-278, 2003. ISSN 0921-5107.