

COMUNICADO  
TÉCNICO

475

Colombo, PR  
Novembro, 2021

**Embrapa**

## Carvão ativado de eucalipto para remoção de glifosato de água

Washington Luiz Esteves Magalhães  
Mailson Matos  
Aline Krolow Soares  
Fabrício Augusto Hansel

## Carvão ativado de eucalipto para remoção de glifosato de água

---

**Washington Luiz Esteves Magalhães**, Engenheiro Químico, doutor em Ciências e Engenharia de Materiais, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Mailson Matos**, Engenheiro Químico, estudante de doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais na Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR; **Aline Krolow Soares**, Engenheira Industrial Madeireira, estudante de doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais na Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR; **Fabricio Augusto Hansel**, Químico, doutor em Química, analista da Embrapa Florestas, Colombo, PR

A reutilização dos produtos da pirólise da madeira, como o carvão, faz parte dos conceitos propostos na biorrefinaria, especialmente o uso total da fonte de biomassa com perda mínima de energia e massa (Kamm et al., 2005). O carvão é uma boa fonte para o sequestro de carbono (Woolf et al., 2010) e como adsorvente para a redução de poluentes orgânicos (Chen; Chen, 2009). Além disso, o carvão pode ser usado como precursor para carbonos ativados com maior área de superfície (Nahil; Williams, 2012; Park et al., 2013).

A conversão do carvão em carvão ativado pode ser feita por métodos físicos ou químicos. A ativação física consiste na gaseificação parcial do carvão por um oxidante, como vapor ou dióxido de carbono sob temperatura entre 700-900 °C. Por outro lado, a ativação química ocorre mediante a impregnação do carvão com uma substância química, como ácidos e bases, seguida de uma etapa de carbonização sob atmosfera inerte (Prauchner; Rodríguez-Reinoso, 2012).

O glifosato (N-(fosfonometil)-glicina) é o herbicida não seletivo de amplo espectro de maior utilização pelo mercado mundial (Santos et al., 2004), amplamente utilizado para o controle pós-emergencial de ervas daninhas perenes (Jönsson et al., 2013). A vasta utilização deste herbicida pode levar a prejuízos ambientais, tal como a contaminação da água, pois as formas de aplicação do glifosato podem atingir a superfície de rios devido às derivas de pulverização, escoamento e drenagem, bem como a contaminação de fonte pontual (Jonsson et al., 2013).

Por ser um poluente emergente de água, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama, 2005) estabeleceu um limite máximo de 65 µg/L de glifosato aceitável para qualidade da água ao consumo humano e 280 µg/L em água doce onde há cultivo de pescados. Além disso, foi constatado recentemente que o glifosato é prejudicial à saúde de diversas formas. Segundo relatório da Organização Mundial da Saúde (World

Health Organization, 2015), a molécula do glifosato é um agente potencialmente causador de câncer, o linfoma Non-Hodgkin, e também de alterações na estrutura do DNA e das estruturas cromossômicas. Portanto, é necessário que sejam realizados procedimentos para a sua remoção e descontaminação da água (Carneiro et al., 2015).

Uma alternativa para a remoção do glifosato da água é a utilização de carvão ativado (Jonsson et al., 2013). Estudos realizados por Hopman et al. (1995) indicaram a remoção de 69% de glifosato com o uso de carvão ativado, enquanto Kempeneers (2000) relatou remoção de 97% do glifosato presente na água doce de rios.

Nesse estudo, investigou-se a produção de carvão ativado, com o uso de carvão oriundo de uma planta de pirólise rápida. O carvão ativado foi produzido por métodos químicos utilizando  $H_3PO_4$  e NaOH, e foram caracterizados mediante o rendimento do produto, análise imediata, área superficial e tamanho de poro. Investigou-se também a capacidade de remoção de glifosato, de soluções aquosas, pelos carvões produzidos.

## Matéria-prima

O carvão foi coletado em uma planta-piloto de pirólise rápida da produção de bio-óleo (BIOWARE, Brasil). O reator foi ajustado para operar em leito fluidizado, sob temperatura de 500 °C, por cinco

segundos, e com 100 mm  $H_2O$  de pressão. A separação do carvão dos outros produtos de pirólise foi realizada com a utilização de um ciclone contendo areia. A biomassa utilizada para a produção de bio-óleo foi de finos de madeira de eucalipto rejeitados por uma indústria de celulose e papel. Antes da ativação, o carvão foi moído em moinho de bolas, por 30 minutos e seco em estufa sob temperatura de  $103 \pm 2$  °C, até massa constante.

## Produção do carvão ativado

O carvão ativado foi produzido usando ativação química sob diferentes condições, pelo método de impregnação úmida. A ativação foi realizada com soluções aquosas de ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) 50% (em massa) e hidróxido de sódio (NaOH) 50% (em massa). A razão de massa de solução de agente ativante para o carvão foi 2:1. O carvão foi misturado e homogeneizado com a solução de agente ativante por 15 minutos. Em seguida, esta mistura foi seca em estufa durante 24 horas e sob temperatura de  $103 \pm 2$  °C, seguida de ativação em mufla, com taxa de aquecimento de 10 °C/min, sob temperatura de 550 °C e 700 °C durante 1 hora. O material obtido foi lavado com água deionizada (DI) quente, em seguida com uma solução contendo ácido clorídrico (HCl) 10% e, por fim, lavado com água DI até a água de lavagem atingir condutividade inferior

a 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . O carvão ativado foi seco em estufa sob temperatura de  $103 \pm 2$  °C até atingir massa constante.

## Caracterização do carvão ativado

O rendimento do produto do carvão ativado foi determinado para cada condição de ativação. A análise imediata dos carvões baseou-se nas normas ASTM – teor de umidade: ASTM E871-82 (2013b), cinzas: ASTM D1102-84 (2013a), matéria volátil: ASTM E871-82 (2013b) e o teor de carbono fixo, em base seca, foi calculado por diferença. A área de superfície e a distribuição do tamanho dos poros foram medidas usando adsorção de  $\text{N}_2$ . A adsorção de  $\text{N}_2$  a 77 K foi determinada com um aparelho BET Surface Area Analyzer NOVA 1200 e os dados de adsorção foram analisados utilizando protocolos de cálculo incorporados. Todas as amostras foram degaseificadas sob temperatura de 100 °C, por 12 h antes da análise. As áreas de superfície de BET (Brunauer-Emmett-Teller) ( $S_{\text{BET}}$ ) foram calculadas a partir do ajuste linear dos dados de adsorção (Thommes et al., 2015). As áreas de superfície de microporos foram calculadas usando o método t-plot (Lippens; De Boer, 1965), na faixa de pressão relativa de 0,15 a 0,50. As distribuições dos tamanhos dos poros foram determinadas pelo método Dubinin-Astakhov (DA) (Dubinin; Astakhov, 1971).

O ponto de carga zero dos carvões foi determinado pelo método de adição de sal, baseado em Sposito (1998). Os valores de PZC foram determinados em solução de 0,1 mol  $\text{L}^{-1}$  NaCl sob temperatura de 25 °C. Neste método, 0,2 g de amostras foram adicionadas a 40 mL da solução de NaCl e misturadas em diferentes recipientes de reação. O pH da suspensão foi, então, ajustado a um valor de pH inicial de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ou 11 usando soluções de 0,1 mol  $\text{L}^{-1}$  de HCl e 0,1 mol  $\text{L}^{-1}$  NaOH. Cada frasco foi, então, vigorosamente agitado em um banho de agitação, por 24 h. Após a sedimentação, o pH final de cada suspensão foi medido. Os valores de  $\Delta\text{pH}$  (a diferença entre o pH final e o inicial) foram, então, plotados contra os valores de pH iniciais. O pH inicial em que  $\Delta\text{pH}$  é zero foi considerado o PZC.

## Remoção do glifosato da água

Foi preparada solução estoque de glifosato na concentração de 55 mg  $\text{L}^{-1}$ . Para os experimentos de adsorção foi adicionado 1 g de carvão para cada litro de solução. Os experimentos de adsorção foram realizados sob temperatura de 25 °C, com agitação de 200 rpm. Foram avaliadas soluções aquosas em três condições de pH (4, 7 e 9). O pH foi ajustado, após a adição do carvão, com o uso de soluções de HCl e NaOH (0,1 M e 1 M). Foram coletadas alíquotas em 0, 1, 2 e 5 horas. A determinação

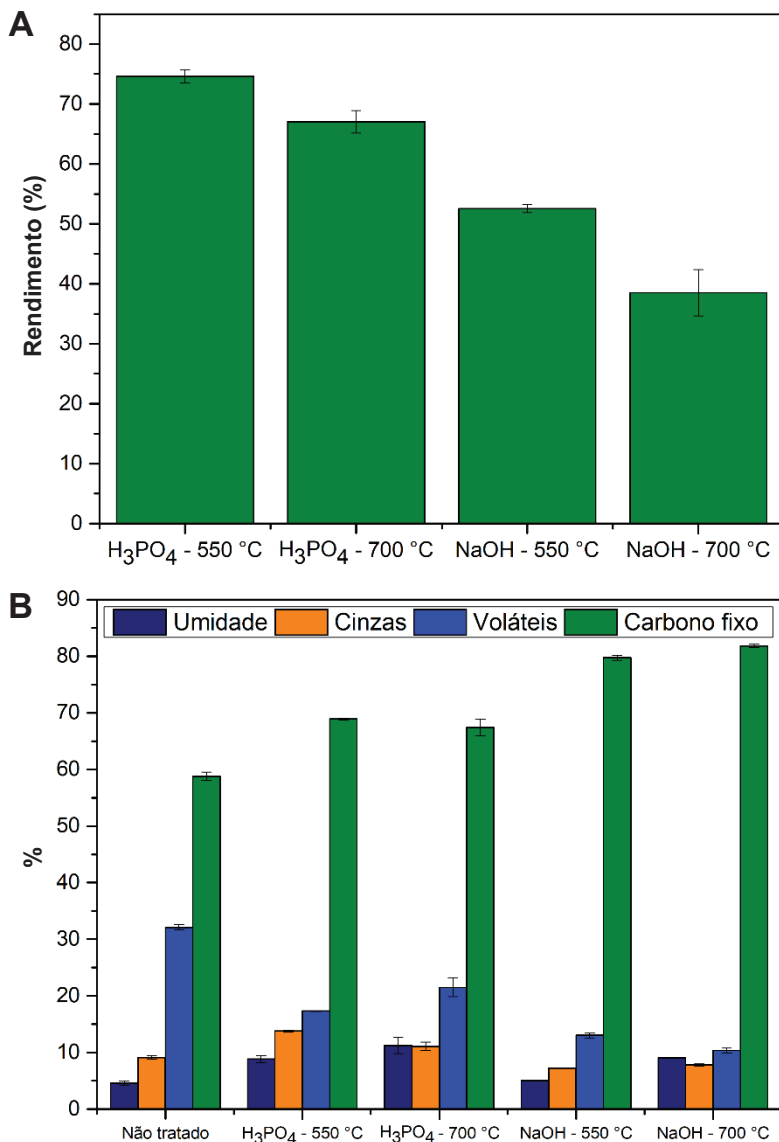
da concentração remanescente de glifosato foi determinada por meio de cromatografia iônica, contra uma curva de calibração construída de  $1 \text{ mg L}^{-1}$  a  $60 \text{ mg L}^{-1}$  ( $R^2: 0,9989$ ). Para as medidas foi utilizada uma coluna AS11-HC, com NaOH  $3,75 \text{ mM}$  como eluente, na vazão de  $1,5 \text{ mL min}^{-1}$ .

## Resultados

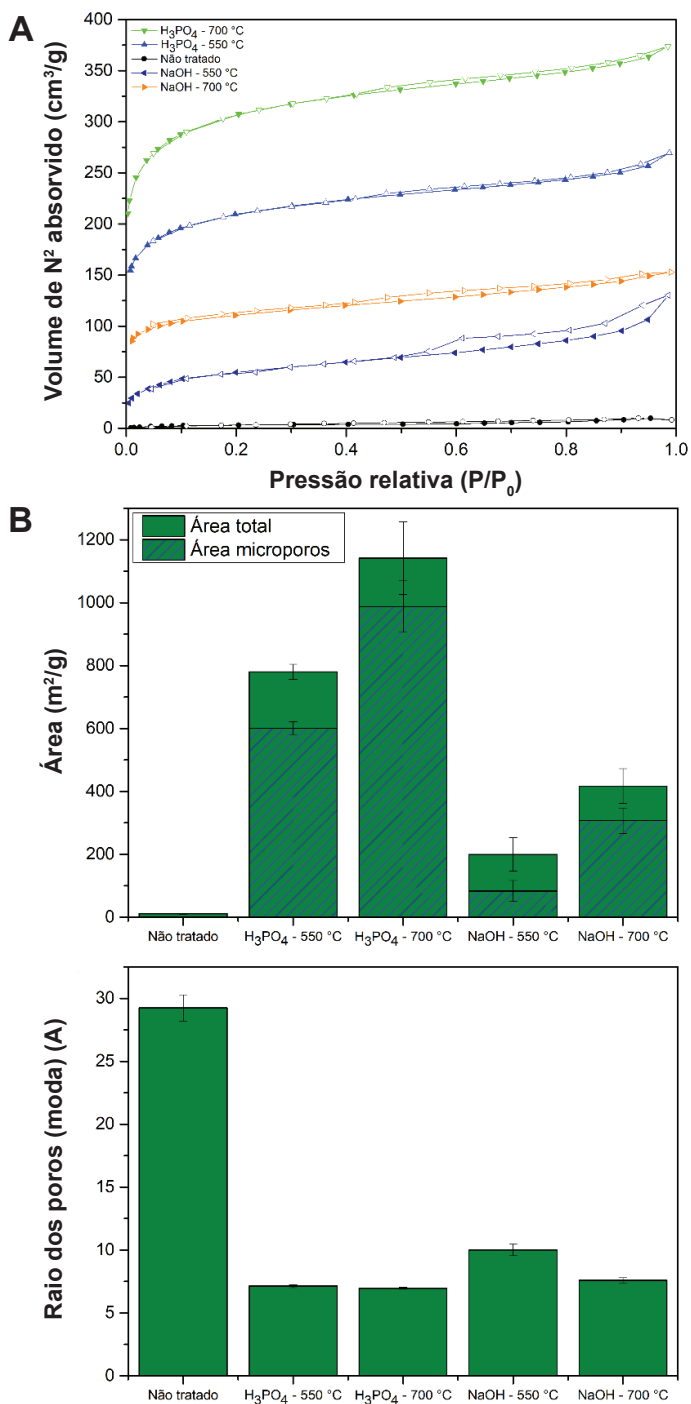
A análise imediata (Figura 1B) mostrou um aumento do carbono fixo em todos os tratamentos. Isso ocorreu devido à evaporação dos compostos voláteis durante o processo de ativação (Nunell et al., 2016). As cinzas presentes na matéria-prima são provenientes da areia utilizada no processo de separação do carvão dos outros produtos de pirólise. Nos tratamentos com base, observou-se a diminuição do teor de cinzas em relação ao carvão não tratado. Isso ocorreu devido à reação da sílica presente no carvão com o NaOH, formando silicato de sódio que é solúvel em água (Guo et al., 2002; Schettino et al., 2007). Observa-se também que os carvões ativados com base apresentaram um menor teor de matéria volátil em comparação aos ativados com ácido, isso provavelmente ocorreu pela dissolução desses compostos na presença de base, os quais são removidos durante o processo de lavagem do carvão. Como consequência, os carvões ativados com hidróxido de sódio apresentaram um maior teor de carbono fixo.

A ativação com  $\text{H}_3\text{PO}_4$  apresentou os melhores resultados para o rendimento do produto (Figura 1). Todas as condições adotadas para a ativação com ácido resultaram em rendimentos superiores a 65%, enquanto a ativação com base produziu carvão ativado com rendimentos inferiores a 60%. O maior rendimento foi obtido para a ativação com ácido fosfórico sob temperatura de  $550 \text{ }^\circ\text{C}$ , que é a menor temperatura utilizada na ativação. Com o aumento da temperatura ocorreu a redução do rendimento, com um aumento da área superficial. Contudo, apesar de melhorar a estrutura porosa do material, temperaturas muito altas podem diminuir seu rendimento, aumentando assim o custo de produção (Tan et al., 2017).

O carvão sem ativação apresentou área superficial de  $11 \pm 1 \text{ m}^2/\text{g}$ , com raio de poro  $29 \pm 1 \text{ nm}$ . As análises de área superficial mostraram que a ativação com  $\text{H}_3\text{PO}_4$  produziu carvões com maiores áreas que aquelas oriundas de ativações com NaOH (Figura 2), alcançando uma área maior que  $1.000 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  para o carvão ativado com ácido sob temperatura de  $700 \text{ }^\circ\text{C}$ . As ativações com  $\text{H}_3\text{PO}_4$  produziram um carvão com poros que, em sua maioria, apresentaram diâmetro de aproximadamente  $1,4 \text{ nm}$ , valor que é classificado como microporo pela IUPAC (Sing, 1985), com mais de 75% da área advinda de microporos. O perfil de adsorção de material microporoso ficou claramente evidenciado pelas isotermas de adsorção de nitrogênio, onde ocorreu uma rápida e intensa adsorção do gás em baixas pressões relativas.



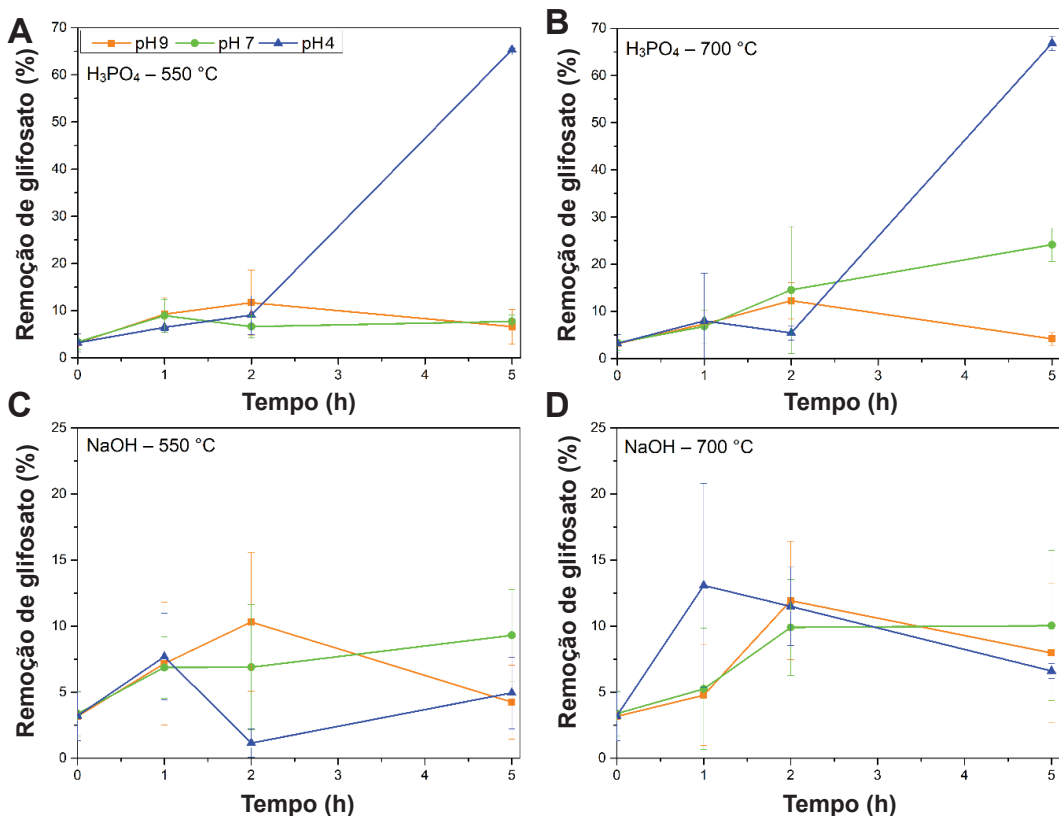
**Figura 1.** Rendimento em percentual mássico das ativações (A). Análise imediata dos carvões, cinzas, matéria volátil e carbono fixo expressos em base seca (B).



**Figura 2.** Isotermas de adsorção de nitrogênio dos carvões ativados e do carvão sem tratamento (A). Área superficial por BET do carvão não tratado e dos carvões ativados (B). Moda dos raios dos poros presentes nos carvões.

Os carvões ativados com NaOH apresentaram aumento da área superficial, conforme se aumenta a temperatura. Isso pode ser observado também pela redução do diâmetro dos poros de 2,1 nm para 1,5 nm, conseqüentemente aumentando a área de microporos. A ativação com NaOH na temperatura de 550 °C apresentou carvões com a maioria dos poros superiores a 2 nm,

sendo assim classificado como material mesoporo. Observou-se também a presença de histerese, principalmente no carvão ativado com NaOH sob temperatura de 550 °C, indicando que não ocorreu a dessorção do N<sub>2</sub> durante a redução da pressão, o que normalmente ocorre quando o nitrogênio na forma líquida fica preso dentro dos poros.



**Figura 3.** Curvas de remoção de glifosato de solução aquosa (55 mg L<sup>-1</sup>) sob temperatura de 25 °C, em diferentes condições de pH, com o uso dos carvões H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – 550 °C (A), H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – 700 °C (B), NaOH – 550 °C (C) e NaOH – 700 °C (D).

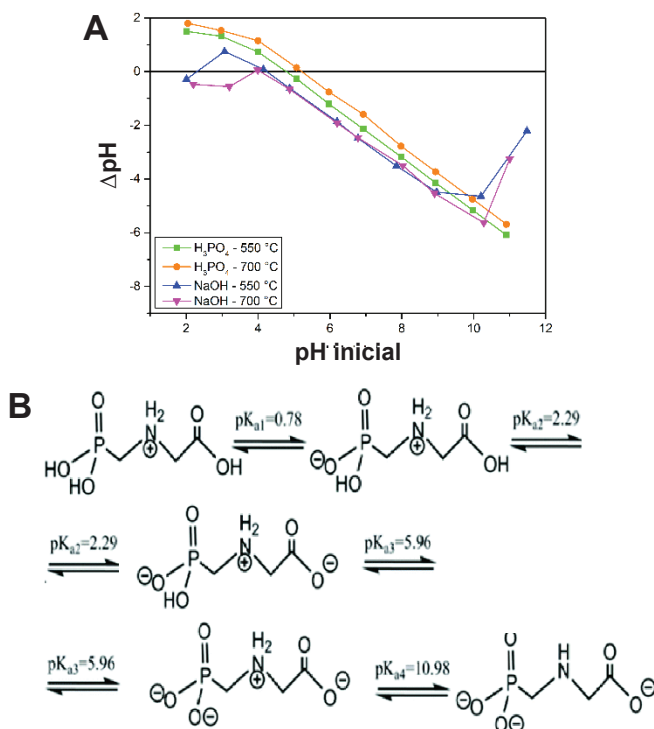


## Remoção do glifosato

Não ocorreu remoção significativa do glifosato quando a solução estava com pH 7 em nenhum dos carvões avaliados, não havendo diferenças estatísticas entre as medidas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). O mesmo comportamento ocorreu nas soluções com pH 9. O carvão ativado com base também não foi capaz de remover o glifosato em solução aquosa com pH 4. Em contrapartida, os carvões ativados com ácido fosfórico foram capazes de remover mais de 60% do glifosato presente na solução com

pH 4, sendo que o carvão ativado sob temperatura de 700 °C apresentou um poder de adsorção levemente maior. Provavelmente, essa diferença está relacionada a sua maior área superficial e, portanto, com maior presença de sítios ativos.

De acordo com a Figura 4A, o ponto de carga zero (PCZ) dos carvões ocorreu aproximadamente ao pH 4, para os carvões ativados em base e aproximadamente ao pH 5 para os carvões ativados em ácido. Isso indica que, quando o pH da solução é menor que o ponto de carga zero, a superfície do adsorvente é carregada



**Figura 4.** Ponto de carga zero dos carvões ativados (A); Equações de dissociação e constantes de equilíbrio do glifosato em água (B).

positivamente. Portanto, a adsorção de ânions é favorecida e, quando o pH da solução é maior que o PCZ, a adsorção de cátions é favorecida, pois a superfície do material estará com carga negativa (Marin et al., 2019).

O glifosato é um aminoácido fosfonado e possui a capacidade de apresentar cargas positivas e negativas. Na maioria dos casos, o glifosato exibe uma carga negativa, contudo ele pode ser descarregado ou apresentar carga positiva em pH abaixo de 2,29. O número de cargas negativas do glifosato aumenta com o pH (Yamaguchi et al., 2016). Portanto, a remoção de glifosato ocorrida com os carvões ativados com ácido na solução ao pH 4 pode ser justificada pelo ponto de carga zero dos carvões. Como o pH da solução é menor que o PCZ, cria-se uma condição que favorece a atração eletrostática entre a superfície positiva do carvão e as espécies iônicas negativas presentes na solução, visto que o glifosato apresenta carga negativa em pH 4 (Yamaguchi et al., 2016).

## Considerações finais

A ativação do carvão de madeira de eucalipto com agentes químicos de ativação aqui testados mostrou melhor desempenho quando o agente ativante foi o ácido fosfórico, apresentando área superior àquela de carvões ativados com NaOH. Além disso, a ativação com ácido produziu carvões com carga positiva em pH < 5, o que possibilitou a remoção

de aproximadamente 60% do glifosato de uma solução com concentração de 55 mg L<sup>-1</sup> e pH 4. O poder de adsorção desse carvão pode ser aumentado ao adicionar-se mais cargas positivas em sua superfície. Portanto, sugere-se incorporar a avaliação da adição de cátions bivalentes à superfície do carvão, nos estudos com esses objetivos.

## Referências

ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM D1102-84**: standard test method for ash in wood. West Conshohocken, 2013a.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM E871-82**: standard test method for moisture analysis of particulate wood fuels. West Conshohocken, PA, 2013b.

CARNEIRO, R. T. A.; TAKETA, T. B.; GOMES NETO, R. J.; OLIVEIRA, J. L.; CAMPOS, E. V. R.; MORAES, M. A.; SILVA, C. M. G.; BEPPU, M. M.; FRACETO, L. F. Removal of glyphosate herbicide from water using biopolymer membranes. **Journal of Environmental Management**, v. 151, p. 353-360, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.005>.

CHEN, B.; CHEN, Z. Sorption of naphthalene and 1-naphthol by biochars of orange peels with different pyrolytic temperatures. **Chemosphere**, v. 76, n. 1, p. 127-133, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.02.004>.

CONAMA. **Resolução nº 357 de 17 de março de 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. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=450](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450).

DUBININ, M. M.; ASTAKHOV, V. A. Description of adsorption equilibria of vapors on zeolites

over wide ranges of temperature and pressure. **Advances in Chemistry**, v. 102, p. 69-85, 1971. DOI: <https://doi.org/10.1021/ba-1971-0102.ch044>.

GUO, Y.; YANG, S.; YU, K.; ZHAO, J.; WANG, Z.; XU, H. The preparation and mechanism studies of rice husk based porous carbon. **Materials Chemistry and Physics**, v. 74, n. 3, p. 320-323, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0254-0584\(01\)00473-4](https://doi.org/10.1016/S0254-0584(01)00473-4).

HOPMAN, R.; BEERENDONK, E. F.; PUIJKER, L. Glyphosate and AMPA in the production of drinking water. **KIWA report SWE**, 1995.

JÖNSSON, J.; CAMM, R.; HALL, T. Removal and degradation of glyphosate in water treatment: a review. **Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua**, v. 62, n. 7, p. 395-408, 2013. DOI: <https://doi.org/10.2166/aqua.2013.080>

KAMM, B.; GRUBER, P. R.; KAMM, M. **Biorefineries: industrial processes and products: status quo and future directions**. [S.l.]: Wiley-Vch, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1002/9783527619849>.

KEMPENEERS, S. Removal of Glyphosate and AMPA during drinking water production: a case study. **Seminar on Glyphosate and Water**. Brussels: Monsanto Europe, 2000.

LIPPENS, B. C.; DE BOER, J. H. Studies on pore systems in catalysts: V. The t method. **Journal of Catalysis**, v. 4, n. 3, p. 319-323, 1965. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9517\(65\)90307-6](https://doi.org/10.1016/0021-9517(65)90307-6)

MARIN, P.; BERGAMASCO, R.; MODENES, A. N.; PARAISO, P. R.; HAMOUDI, S. Synthesis and characterization of graphene oxide functionalized with MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and supported on activated carbon for glyphosate adsorption in fixed bed column. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 123, p. 59-71, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.12.027>

NAHIL, M. A.; WILLIAMS, P. T. Pore characteristics of activated carbons from the phosphoric acid chemical activation of cotton stalks. **Biomass and Bioenergy**, v. 37, p. 142-149, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.12.019>.

NUNELL, G. V.; FERNANDEZ, M. E.; BONELLI, P. R.; CUKIERMAN, A. L. Development and characterization of microwave-assisted activated carbons from *Parkinsonia aculeata* wood. **Adsorption**, v. 22, n. 3, p. 347-356, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10450-016-9783-z>.

PARK, J.; HUNG, I. GAN, Z.; ROJAS, O. J.; LIM, K. H.; PARK, S. Activated carbon from biochar: influence of its physicochemical properties on the sorption characteristics of phenanthrene. **Bioresource Technology**, v. 149, p. 383-389, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.085>.

PRAUCHNER, M. J.; RODRÍGUEZ-REINOSO, F. Chemical versus physical activation of coconut shell: A comparative study. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 152, p. 163-171, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2011.11.040>

SANTOS, J. B.; JACQUES, R. J. S.; PROCOPIO, S. O.; KASUYA, M. C. M.; SILVA, A. A.; SANTOS, E. A. Efeitos de diferentes formulações comerciais de glyphosate sobre estirpes de *Bradyrhizobium*. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 293-299, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582004000200017>

SCHETTINO, M. A.; FREITAS, J. C. C.; CUNHA, A. G.; EMMERICH, F. G.; SOARES, A. B.; SILVA, P. R. N. Preparation and characterization of chemically activated carbon from rice hulls. **Química Nova**, v. 30, n. 7, p. 1663-1668, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000700031>.

SING, K. S. W. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity (recommendations 1984). **Pure and Applied Chemistry**, v. 57, n. 4, p. 603-619, 1985. DOI: <https://doi.org/10.1039/c10351pac198557040603>.

SPOSITO, G. On points of zero charge. **Environmental Science & Technology**, v. 32, n. 19, p. 2815-2819, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1021/es9802347>.

TAN, X. F.; LIU, S.; LIU, Y.; GU, Y.; ZENG, G.; HU, X.; WANG, X.; LIU, S.; JIANG, L. Biochar as potential sustainable precursors for activated

carbon production: multiple applications in environmental protection and energy storage. **Bioresource Technology**, v. 227, p. 359-372, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.12.083>.

THOMMES, M.; KANEKO, K.; NEIMARK, A. V.; OLIVER, J. P.; RODRIGUEZ-REINOSO, F.; ROUQUEROL, J.; SING, K. S. W. Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution. **Pure and Applied Chemistry**, v. 87, n. 9-10, p. 1051-1069, 2015. (IUPAC Technical Report). DOI: <https://doi.org/10.1515/pac-2014-1117>.

WOOLF, D.; AMONETTE, J. E.; STREER-PERROTT, F. A.; LEAHMANN, J.; JOSEPH, S.. Sustainable biochar to mitigate global climate

change. **Nature Communications**, v. 1, n. 5, p. 1-9, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms1053>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. International Agency for Research on Cancer. **IARC Monographs Volume 112**: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. [s.l.: s.n.], 2015. Disponível em: <https://pedlowski.files.wordpress.com/2015/03/monographvolume112.pdf>. Acesso em: 5 set. 2021.

YAMAGUCHI, N. U.; BERGAMASCO, R.; HAMOUDI, S. Magnetic MnFe 2 O 4 - graphene hybrid composite for efficient removal of glyphosate from water. **Chemical Engineering Journal**, v. 295, p. 391-402, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.03.051>.

#### Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,  
Caixa Postal 319  
83411-000, Colombo, PR, Brasil  
Fone: (41) 3675-5600  
[www.embrapa.br/florestas](http://www.embrapa.br/florestas)  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

#### 1ª edição

Versão digital (2021)



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



#### Comitê Local de Publicações da Embrapa Florestas

##### Presidente

*Patrícia Póvoa de Mattos*

##### Vice-Presidente

*José Elidney Pinto Júnior*

##### Secretária-Executiva

*Elisabete Marques Oaida*

##### Membros

*Annete Bonnet*

*Cristiane Aparecida Fioravante Reis*

*Guilherme Schnell e Schühli*

*Krisle da Silva*

*Marcelo Francia Arco-Verde*

*Marcia Toffani Simão Soares*

*Marilice Cordeiro Garrastazu*

*Valderês Aparecida de Sousa*

##### Supervisão editorial/Revisão de texto

*José Elidney Pinto Júnior*

##### Normalização bibliográfica

*Francisca Rasche*

##### Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

##### Editoração eletrônica

*Neide Makiko Furukawa*

##### Foto capa:

*Mailson Matos*