

## Caracterização de biocarvões obtidos de diferentes resíduos

## Characterization of biochar obtained from different residues

### RESUMO

**Mylena Kellyn de Paula Rosetti**  
[mylenarosetti@hotmail.com](mailto:mylenarosetti@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

**Giovana Clarice Poggere**  
[gcpoggere@utfpr.edu.br](mailto:gcpoggere@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

**Eduardo Kmiecik**  
[eduardokmiecik0@gmail.com](mailto:eduardokmiecik0@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

**Lucas Lopes Fialho**  
[fialho@alunos.utfpr.edu.br](mailto:fialho@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

**Amanda Gasparin**  
[amanda-gasparin22@hotmail.com](mailto:amanda-gasparin22@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

**Recebido:** 19 ago. 2020.

**Aprovado:** 01 out. 2020.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



Na região sul do Brasil fungicidas cúpricos são muito utilizados no controle de doenças de videiras, como a calda bordalesa utilizada na Serra Gaúcha que possui a maior concentração de produção de vitivinícola do Brasil. As constantes aplicações dos fungicidas promove o acúmulo excessivo de cobre no solo, afetando diretamente o pH e a capacidade de sorção. Ao redor do Brasil pesquisadores têm-se esforçado na busca de soluções para o problema, com isso, o biocarvão está entre as aplicações mais promissoras para o condicionamento do solo, especialmente na dinâmica de fósforo e metais pesados. Desta forma, este trabalho, teve por objetivo realizar a caracterização dos biocarvões de bagaço de cana, sabugo de milho, madeira de Pinus, casca de uva e casca de laranja, afim de avaliar o potencial dos biocarvões na remoção do cobre contido no solo. Para isso, analisaram-se os 5 biocarvões quanto a porcentagem de material volátil, teor de cinza, carbono fixo, pH e condutividade elétrica. O teor de cinzas influenciou no pH dos biocarvões. O biocarvão de casca de uva que apresentou maior teor de cinzas (12,6%) e de pH (9,9) em relação aos outros biocarvões analisados, indicando maior potencial na correção de pH.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fungicidas cúpricos. Carbono fixo. Solo.

### ABSTRACT

In the southern region of Brazil cupric fungicides are widely used in the control of grape diseases, such as the Bordeaux mixture used in the Serra Gaúcha, which has the highest concentration of wine production in Brazil. The constant application of fungicides promotes the excessive accumulation of copper in the soil, directly affecting the pH and the sorption capacity. Around Brazil, researchers have been striving to find solutions to the problem, thus, biochar is among the most promising applications for soil conditioning, especially in the dynamics of phosphorus and heavy metals. Thus, this work aimed to characterize the biochars of sugarcane bagasse, corncob, pine wood, grape peel and orange peel, in order to evaluate the potential of biochars in the removal of copper contained in the soil. For this, the 5 biocarbons were analyzed for the percentage of volatile material, ash content, fixed carbon, pH and electrical conductivity. The ash content influenced the pH of the biocarbons. The grape skin biochar that had the highest ash content (12.6%) and pH (9.9) in relation to the other biocarbons analyzed, indicating greater potential for pH correction.

**KEYWORDS:** Cupric fungicide. Fixed carbon. Soil.



## INTRODUÇÃO

A viticultura no Brasil ocupa uma área de aproximadamente 78 mil hectares e uma produção na ordem de 1,5 milhões de toneladas/ano de uva, sendo que 63% desta área está localizada no estado do Rio Grande do Sul (MELLO, 2016).

Os principais estados produtores de uvas de mesa e para vinho são Rio Grande do Sul com cerca de 80% da produção de vinho, São Paulo, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais e Pernambuco (Região do médio São Francisco) (ULLMANN, 2002).

Na região sul do Brasil fungicidas cúpricos são muito utilizados no controle de doenças de videiras, como a calda bordalesa muito utilizada na Serra Gaúcha que possui a maior concentração de produção de vitivinícola do Brasil (MACKIE et al., 2012). As constantes aplicações dos fungicidas a base de cobre contribuem para o enriquecimento excessivo de cobre no solo, em frações de baixa mobilidade, concentrando-se na superfície do solo (DELUISA et al., 1996; KABATA-PENDIAS, 2011).

A calda Bordalesa ( $[\text{CuSO}_4] + [\text{Ca}(\text{OH})_2]$ ), uma mistura de sulfato de cobre e cal, diluído em água é aplicada em vinhas, a fim de controlar doenças fúngicas como o míldio (Plasmopara Vitícola), tendo em vista que a videira é uma cultura facilmente atingível por doenças. A utilização da calda bordalesa é justificada pela eficiência de combate as doenças e por sua acessibilidade de custo (ANDREAZZA et al., 2013). Contudo o longo período de aplicação desse fungicida promove o acúmulo excessivo de cobre no solo, afetando diretamente o pH e a capacidade de sorção (ANDREAZZA et al., 2013).

O cobre é essencial em quantidades adequadas para a manutenção do solo e para o desenvolvimento de plantas, porém quando presente em quantidades elevadas pode afetar os tecidos dos organismos vegetais, tanto na fisiologia quanto na bioquímica, afetando a fertilidade e sua capacidade de produção (SANTOS, 2004) e conseqüentemente a vida útil dos vinhedos.

O cobre manifesta efeito tóxico quando relacionado as raízes das plantas, comprometendo a absorção de águas e nutrientes (MACKIE et al., 2012).

Metais pesados como o cobre não são capazes de dispersa-se, permanecendo acumulado no solo. Nesse contexto é de fundamental importância delinear estratégias que permitam tornar as formas de cobre trocável em formas mais estáveis, empregando substâncias orgânicas e inorgânicas ao solo, com a finalidade de diminuir a associação destes com organismos vivos além de mitigar a toxicidade deste elemento as plantas (KABATA-PENDIAS, 2011).

O aproveitamento de resíduos orgânicos para a mitigação dos efeitos negativos do cobre, se destaca como uma alternativa á simples deposição no solo ou em outros locais receptores. Assim, o uso de resíduos para a produção de biocarvões tem se destacado (YUAN et al., 2019). No Brasil essa alternativa é interessante, visto que o país possui uma intensa e diversificada atividade agrícola, que tem um grande excedente de resíduos vegetais.

O biocarvão é um material sólido, orgânico, estável, rico em carbono, obtido a partir da pirólise lenta de material vegetal em condições de ausência ou reduzidas concentração de oxigênio (TANG et al., 2016). Após o processo de pirolise, os materiais vegetais adquirem propriedades físicas e químicas

interessantes para diversas aplicabilidades. Os biocarvões podem melhorar a capacidade de troca de cátions (CTC) (RONDON et al., 2007), além de contribuir para maior retenção de elementos devido a sua área de superfície específica elevada (ATKINSON et al., 2010).

Uma das aplicações mais promissoras do biocarvão é como melhorador ou condicionador de solo (BORNØ et al., 2018), especialmente na dinâmica do fósforo e metais pesados.

Este trabalho tem como objetivo realizar a caracterização dos biocarvões de bagaço de cana, sabugo de milho, madeira de Pinus, casca de uva e casca de laranja, afim de avaliar o potencial dos biocarvões na remoção do cobre contido no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os biocarvões foram produzidos no laboratório de solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Medianeira, a partir de bagaço de cana (BBC), casca de uva (BCU), sabugo de milho (BSM), madeira de Pinus (BMP) e casca de laranja (BCL), através do processo de pirólise lenta. O processo de pirólise foi realizado em forno mufla, com uma rampa de aquecimento de 35 min até atingir temperatura de  $300^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}$ , a qual foi mantida por uma hora (Tabela 1).

Tabela 1 – Rampa de aquecimento e temperatura final utilizada no processo de pirólise lenta de diferentes biomassas para obtenção de biocarvão

Temperatura (°C)	Tempo (minutos)
50	5
100	10
150	10
200	10
$300 \pm 10$	1 hora

Fonte: Autoria própria (2020).

A caracterização dos biocarvões foi constituída pelas análises do teor de umidade, material volátil, teor de cinza, carbono fixo, pH, condutividade elétrica (CE).

Para determinar o teor de umidade foram pesadas em cadinhos previamente descontaminados, amostras de biocarvão com cerca de 1 grama ( $P_1$ ). Em seguida as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a  $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$  até atingir peso constante. Os cadinhos foram colocados em um dessecador por uma hora e novamente pesados para obtenção da massa seca  $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$  ( $P_2$ ). O teor de Umidade (U) das amostras, foi calculado em relação à base seca, pela seguinte Equação 1:

$$U (\%) = \left( \frac{P_1 - P_2}{P_1} \right) \times 100 \quad (1)$$

Para as análise de material volátil, as amostras secas ( $P_2$ ) foram então submetidas ao forno mufla a  $950 \pm 2^{\circ}\text{C}$  por um período de 6 minutos. Os cadinhos foram colocados em um dessecador por 1 hora. E em seguida as amostras foram

pesadas para obtenção da massa seca após  $950 \pm 2^\circ\text{C}$  ( $P_3$ ). A porcentagem de material volátil (MV) das amostras foi obtida pela Equação 2:

$$MV(\%) = \left( \frac{P_2 - P_3}{P_2} \right) \times 100 \quad (2)$$

Posteriormente as amostras foram colocadas no forno mufla a uma temperatura de  $750 \pm 2^\circ\text{C}$  por 6 horas. Os cadinhos contendo as amostras foram colocados no dessecador por 1 hora, em seguida pesados para obtenção da massa de cinza após  $750 \pm 2^\circ\text{C}$  ( $P_{\text{cinza}}$ ). A porcentagem de cinzas (TC), foi obtida pela Equação 3:

$$TC(\%) = \frac{P_{\text{cinza}} \times 100}{P_2} \quad (3)$$

A concentração fixa de Carbono (CF) foi obtida pela seguinte Equação 4:

$$CF(\%) = 100 - (U + MV + TC) \quad (4)$$

Para a determinação do pH e condutividade elétrica (CE), foram pesados 0,5 gramas de biocarvão em triplicata, em seguida adicionado 10 mL de água destilada. Os tubos foram submetidos a um agitador por 90 minutos, e deixados em repouso por 30 minutos. Seguidamente foi realizada a leitura de pH da condutividade elétrica.

Os dados de teor de material volátil, cinza, carbono fixo e de pH e condutividade elétrica foram submetidos a análise de variância (ANOVA) para testar a homogeneidade dos resultados e posteriormente submetidas ao teste Tukey de comparação de médias, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de carbono (C) fixo atingiu valores altos em todas as amostras de biocarvões, tendo como destaque a amostra de biocarvão produzido a partir do bagaço de cana (BBC), cujo teor atingiu 58,3%. De acordo com o ASTM (ASTM, 1990), que estabelece os critérios e análises para biocarvões, o teor de carbono orgânico em biocarvões deve ser no mínimo de 10%. Os valores de C fixo em biocarvões são diretamente relacionados à temperatura de pirólise (ROZ et al., 2015), ou seja, quanto maior a temperatura utilizada, maiores são os teores de C fixo. A resposta positiva do carbono fixo em relação à temperatura ocorre porque com o aumento da temperatura ocorre a perda de água higroscópica e compostos como CO e CO<sub>2</sub> (YANG et al., 2007).

O biocarvão de pinus apresentou maior porcentagem de material volátil (58,6%), indicando que possui maior facilidade para a queima (BRUTTI, 2018).

Tabela 2 – Porcentagem de material volátil, cinza e carbono fixo de biocarvões de bagaço de cana (BBC), casca de uva (BCU), sabugo de milho (BSM), madeira de Pinus (BMP) e casca de laranja (BCL)

Biocarvão	Material Volátil	Cinza	Carbono fixo
BBC	36,9 b	4,5 c	58,3 a
BCU	38,3 b	12,6 a	43,6 c
BSM	40,3 b	3,6 c	53,6 ab
BMP	58,6 a	0,4 d	38,3 c
BCL	44,6 b	6,8 b	45,3 bc

Fonte: Autoria própria (2020).

No geral, quanto maior a porcentagem de material volátil, menor o teor de C fixo. Isso fica bem evidente quando se observa os valores dessas duas variáveis para o biocarvão produzido a base de madeira de pinus (BMP), no qual observou-se o menor teor de C fixo (38,3%) e o maior teor de material volátil (58,6%).

A porcentagem de cinza variou entre 0,4 % no BMP e 12,6 % no BCU (Tabela 2). O teor de cinzas está relacionado ao conteúdo de óxidos dos materiais (sobretudo óxidos de Ca, Mg e K), que apresentam poder de neutralizar o pH (WOICIECHOWSKI et al., 2018). Assim, ao analisar este parâmetro, BCU é o material com maior poder corretivo do pH do solo. Isso é confirmado pela análise de pH do material de 9,9, o maior valor entre os biocarvões (Tabela 3).

A condutividade elétrica (CE) do biocarvão pode influenciar na troca de íons no solo (VEIGA, 2016). Observa-se através da tabela 3 que a CE foi influenciada pelo tipo de resíduo, em que a CE dos materiais foi maior no BBC e BCL, isso se deve, provavelmente, a maior concentração de sais solúveis residual do líquido (suco de laranja e do caldo de cana) em comparação a outros tipos de materiais.

Tabela 3 – pH e condutividade elétrica (C.E) de biocarvões de bagaço de cana (BBC), casca de uva (BCU), sabugo de milho (BSM), madeira de Pinus (BMP) e casca de laranja (BCL)

Biocarvão	pH	C.E.
BBC	6,9 d	0,24 a
BCU	9,9 a	0,22 ab
BSM	7,0 c	0,17 c
BMP	4,9 e	0,19 bc
BCL	7,5 b	0,25 a

Fonte: Autoria própria (2020).

## CONCLUSÃO

O tipo de resíduo utilizado no estudo (bagaço de cana, casca de uva, sabugo de milho, madeira de Pinus e casca de laranja) influenciou no teor de C fixo, material volátil, teor de cinzas, pH e condutividade elétrica dos biocarvões.

O biocarvão produzido a partir do bagaço de cana apresentou o maior teor de C fixo (58,3%). Este valor está relacionado ao fato deste material ter menor percentual de material volátil.

O teor de cinzas influenciou no pH dos biocarvões, com destaque positivo para o biocarvão de casca de uva que apresentou maior teor de cinzas (12,6%) e de pH (9,9) em relação aos outros biocarvões analisados, indicando maior potencial na correção de pH.

### AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Giovana Poggere pelo incentivo, orientação e dedicação durante o projeto de pesquisa. Ao grupo PETAMB Conexões de Saberes pela concessão de bolsa. Também agradeço à UTFPR pela disposição de equipamentos e espaço para que a pesquisa fosse concluída.

### REFERÊNCIAS

ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F. A. D. O.; ANTONIOLLI, Z. I.; QUADRO, M. S.; BARCELOS, A. A. Biorremediação de áreas contaminadas com cobre. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36(2), p.127-136, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v36n2/v36n2a01.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard method for chemical analysis of wood charcoal**. D1762–84. International, Philadelphia, PA; 1990.

ATKINSON, C. J.; FITZGERALD, J. D.; HIPPS, N. A. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. **Plant and Soil**, v. 337, p. 1-18, 2010. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/journal/0032-079X\\_Plant\\_and\\_Soil](https://www.researchgate.net/journal/0032-079X_Plant_and_Soil)>. Acesso em: 29 mar. 2020.

BORNØ, M. L.; MÜLLER-STÖVER, D.S.; LIU, F. Contrasting effects of biochar on phosphorus dynamics and bioavailability in different soil types. **Science of the Total Environment**. **627:963–974, 2018**. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718303255>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

BRUTTI, R. C. Análise mais importantes para a caracterização da biomassa como combustível. **Solumad inovações em tecnologias de madeiras**. Disponível em: <[https://www.solumad.com.br/noticia/view\\_noticia?id=21](https://www.solumad.com.br/noticia/view_noticia?id=21)>. Acesso em: 6 maio 2020.

DELUISA, A.; GIANDON, P.; AICHNER, M.; BORTOLAMI, P.; BRUNA, L.; LUPETTI, A.; NARDELLI, F.; STRINGARI, G. Copper pollution in Italian vineyard soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, p.1537-1548, 1996.

KABATA-PENDIAS, A. Trace elements in soils and plants. 4th ed. **Boca Raton: Taylor e Francis Group**, p. 505, 2011 .Disponível em:<  
<https://doi.org/10.1080/10934529909376875>>. Acesso em: 30 mar.2020.

MACKIE, K. A.; MÜLLER, T.; KANDELER, E. Remediation of copper in vineyards—a mini review. **Environmental Pollution**, v.167, p.16-26, 2012. Disponível em: <  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749112001352>>. Acesso em: 30 de mar.2020.

MELLO, L. M.R. Desempenho da viticultura Brasileira em 2015. **Embrapa**, 2016. Disponível em: <  
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1047114> >. Acesso em: 30 de mar.2020.

RONDON, M. A.; LEHMANN, J., RAMÍREZ, J.; HURTADO, M. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. **Biology Fertility Soils**, v. 43, p. 699-708, 2007.

RÓZ, A. L. D; RICARDO, J. F.; NAKASHIMA, G. T.; SANTOS, L. R.; YAMAJI, F. M. Maximização do teor de carbono fixo em biocarvão aplicado ao sequestro de carbono. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19(8), 810-81, 2015. Disponível em:<  
[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662015000800810&lng=pt&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662015000800810&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 30 mar.2020.

SANTOS, H. P.; TOMASI, R. Comportamento fisiológico de plantas de aveia (*Avena strigosa*) em solos com excesso de cobre. **Embrapa Uva e Vinho**, 2004. Disponível em: <  
<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/539510/comportamento-fisiologico-de-plantas-de-aveia-avena-strigosa-em-solos-com-excesso-de-cobre>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

TANG, X. F.; LIU, Y. G.; GU, Y. L.; XU, Y.; ZENG, G. M.; HU, X. J.; LIU, S. B.; WANG, X.; LIU, S. M.; LI, J. Biochar-based nano-composites for the decontamination of wastewater: A review. **Bioresource Technology**, v. 212, p. 318–333, 2016. Disponível em: <  
<https://www.sciencedirect.com/journal/bioresourcetechnology/vol/212/suppl/C>>. Acesso em: 29 mar.2020.

ULLMANN, S. Regiões de Plantio/ Produção. UFRGS, 2002. Disponível em:<  
<https://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/mpfruta/uva%20rosa/produ.htm>>. Acesso em: 29 mar. 2020.

VEIGA, T. R. L. A. Síntese e caracterização de biocarvões de biomassa de casca de café e de madeira de eucalipto. Dissertação (Mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, p.96-116, 2016.

WOICIECHOWSKI, T. LOMBARDI, K.C.; GARCIA, F. A. D. O.; GOMES, G. S. Nutrientes e umidade do solo após a incorporação de biocarvão em um plantio de *Eucalyptus benthamii*. **Ciência Florestal**, Universidade Federal de Santa Maria, vol. 28, n. 4, p.1455-1464, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/35053>>. Acesso em: 1 abr.2020.

YANG, H. *et al.* Characteristics of hemicelulose, cellulose and lignin pyrolysis. *Fuel*, v.86, p.1781-1788, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S001623610600490X>>. Acesso em: 29 mar.2020.

YUAN, P.; WANG, J.; PAN, Y.; SHENA, B.; Wu, C. Review of biocarvão for the management of contaminated soil: Preparation, application and prospect. *Science of the Total Environment*, 659:473–490, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718352938>>. Acesso em: 30 mar.2020.