

## BIOCARVÃO E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA PRODUÇÃO DE TOMATEIROS NO SUL DO BRASIL

Daniel Hanke<sup>1</sup>, Caroline Radiske<sup>1</sup>, Shirley G. Da S. Nascimento<sup>1</sup>, Mariana Rockenbach de Ávila<sup>2</sup>,  
Clenio Nailto Pillon<sup>3</sup>

**RESUMO** – Objetivou-se testar diferentes dosagens e determinar as proporções ideais de biocarvão e substâncias húmicas em mudas de tomateiros, a fim de avaliar o efeito do uso na produção. O material foi preparado a partir de resíduos de poda de árvores, moído e distribuído a lanço na superfície do solo. Foi utilizado um canteiro de 20m<sup>2</sup> subdividido em parcelas a fim de avaliar a interação entre as doses de aplicação de biocarvão (equivalentes a 0, 5, 10 e 20 Mg de BC ha<sup>-1</sup>). A concentração de C na solução enriquecida com substâncias húmicas foi de aproximadamente 50 mgL<sup>-1</sup>. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com parcelas subdivididas. O experimento foi realizado em Dom Pedrito/RS. Avaliou-se altura de planta; número de folhas e comprimento de folhas do tomateiro. Ao final do ciclo foi avaliada a produtividade por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância. A adição de biocarvão e substâncias húmicas afetaram negativamente o desenvolvimento e a produção das plantas de tomate.

**Palavras-chave:** agricultura familiar, fertilidade, olericultura, tomate.

### *BIOCHAR AND HUMIC SUBSTANCES IN TOMATO PRODUCTION IN SOUTHERN BRAZIL*

**ABSTRACT** – *The objective was to test different dosages and determine how ideal proportions of biochar and humic substances in tomato seedlings, an objective of evaluating the effect of use on production. The material was prepared from tree pruning residues, ground and added to a haul on the soil surface. A subdivided plot with a total of 20m<sup>2</sup> was used in order to evaluate an interaction between the doses of application of biochar (equivalent to 0,5, 10 and 20 Mg of BC ha<sup>-1</sup>). The concentration of C in the solution enriched with humic substances was approximately 50 mgL<sup>-1</sup>. The design used was completely randomized with subdivided plots, the universe of study that comprises this work in Dom Pedrito/RS. Plant height was evaluated; number of leaves and length of leaves. At the end, productivity per treatment was evaluated. The data were analyzed through the analysis of variation. Thus, these characteristics that the addition of biochar and humic substances negatively affected the development and production of tomato plants.*

**Keywords:** *family farming, fertility, olericulture, tomato.*

### INTRODUÇÃO

A produção agrícola tem se intensificado nos últimos anos, assegurando a população de alimentos à população mundial. A demanda por alimentos cresce exponencialmente devido à expansão populacional e, consequentemente as áreas cultivadas.

Entretanto os resultados dessa intensa ação antrópica não são apenas positivos e, vem acarretando diversas transformações, no que diz respeito ao meio ambiente e aos recursos naturais, como a perda de matéria orgânica no solo, a liberação de dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>)

e outros gases que resultam no efeito estufa tem levado a estudos e criação de técnicas e materiais que buscam diminuir os impactos ocasionados pelo homem (PETTER et al., 2016).

Atualmente, existem alternativas de cultivo que preconizam um menor impacto ao meio ambiente, sem prejudicar ou diminuir a produtividade das culturas. Essa nova forma de produzir alimentos, aliando a preservação da biodiversidade com a produção agrícola, nada se assemelha ao modelo tradicional de agricultura, e ao contrário dessa, garante uma fonte alternativa de nutrientes ao solo, mais baratos e acessíveis para produção olerícola, por exemplo.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Dom Pedrito, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Embrapa Clima Temperado Rodovia BR-392, Km 78, Pelotas, RS, Brasil.

Além disso, esse novo modelo de agricultura, garante a manutenção da Agricultura Familiar no cenário agrícola (CELESTRINO et al., 2017).

A adoção de práticas de manejo mais eficientes e a utilização de compostos orgânicos, como biocarvão e as substâncias húmicas, para a melhoria da fertilidade do solo, são uma das opções de uma agricultura mais sustentável e acessível ao agricultor familiar. Dessa maneira, incorporar biocarvão no solo (biomassa carbonizada) é uma maneira de mitigar os efeitos desse modelo de produção atuante. (MAIA et al., 2011).

O biocarvão é um sólido estável rico em carbono, resultante do processo de pirólise e pode ser extraído de diversos tipos de materiais (animais e vegetais), sendo que o tipo de matéria-prima aplicada no processo de pirólise influi sobre as propriedades obtidas (NOVOTNY et al., 2015).

Neste mesmo contexto, as substâncias húmicas também podem ser utilizadas na substituição de fertilizantes convencionais. Substâncias húmicas são caracterizadas por um misto, complexo e heterogêneo de diversos compostos orgânicos, sintetizados de matéria orgânica decomposta por microorganismos, carvões de baixo grau como leonardita e linhito, principalmente. Devido a essa grande quantidade de materiais que podem ser extraídos das substâncias húmicas, estas apresentam grande variedade de estruturas e composições químicas (BOTERO, 2010).

Podemos acompanhar na literatura que o interesse pelo uso de biocarvão vem se intensificando progressivamente nos últimos anos, levando a pesquisas que busquem comprovar seus efeitos, mas ainda não se têm dados/ conhecimentos concluídos que comprovem se esses condicionadores de solo, biocarvão e substâncias húmicas tem efeito benéfico sobre amplo grupo de culturas, como o tomateiro.

Considerando a escassez de dados e buscando respostas que possam beneficiar a categoria da agricultura familiar o presente trabalho se propõe a investigar o efeito da aplicação de Substâncias Húmicas e Biocarvão, no desenvolvimento e produção de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) no município de Dom Pedrito-RS.

#### *Agricultura familiar e Biocarvão*

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2014) destaca a importância da agricultura familiar na geração de emprego e renda, conservação da biodiversidade e a preservação das questões culturais. Além disso, no ponto de vista ambiental, essa categoria tem sido apontada como potencialmente amigável ao meio ambiente (OLIVEIRA; ALTAFIN, 2008).

Sob o ponto de vista da lei é considerado agricultor familiar àquele agricultor que pratica atividade no meio rural, possui área de até quatro módulos fiscais, mão de obra da própria família e renda vinculada ao próprio estabelecimento e, gerenciamento do estabelecimento ou empreendimento por parentes (BRASIL, 2006).

Em relação ao termo Biocarvão ou Biochar, conforme Mangrich et al. (2011) surgiu, desde 1870, onde alguns naturalistas e geólogos que viajavam pela Amazônia observaram manchas pretas de solo rico em carbono e com alta fertilidade, diferente do solo típico, que possuía um baixo nível de nutrientes (EMBRAPA, 2014).

Biocarvão é um material sólido, rico em carbono, obtido a partir do processo de pirólise, transformação termoquímica da biomassa sob uma atmosfera de baixa disponibilidade de oxigênio ou ausência do mesmo. Devido essas características, existem diversos estudos positivos derivados da aplicação de biocarvão que geralmente é adicionado ao solo, como condicionador, para melhorar suas propriedades químicas, físicas e biológicas, trazendo aumento na produtividade das culturas. (KOOKANA et al., 2011; REBOLLEDO et al., 2016)

Lehmann e Joseph (2009) também destacam que a utilização de resíduos orgânicos carbonizados é uma opção para aprimorar a qualidade do solo. Assim sendo, a produção e aplicação de biocarvão torna-se uma tecnologia alternativa para proteção dos recursos naturais, pois permite a reciclagem de grandes quantidades de resíduos agrícolas (ABDELHAFEZ et al., 2014). Podendo contribuir significativamente na mitigação de impactos ambientais.

Diversos resíduos de biomassas vegetais podem ser utilizados e transformados em biocarvão, como por exemplo, palhas de milho, lascas de madeira de pinho, cascas de amendoim, pellets de madeira, resíduos de fino de carvão, dentre outros Spokas; Reicosky (2009) dentre outros.

O biocarvão é um produto com composição atômica composta de elevado conteúdo de carbono (C) e baixo teor de nitrogênio (N). O hidrogênio (H) está disponível de acordo com o nível de carbonização (RODRIGUES, 2017) Ou seja, quanto mais elevada a temperatura da pirólise menor o conteúdo de H e maior o conteúdo de C.

#### *Substâncias húmicas*

As substâncias húmicas são os principais componentes de matéria orgânica do solo, dividindo-se em ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina (ROSA et al., 2017; BALDOTTO et al., 2014).



As substâncias húmicas são caracterizadas como compostos orgânicos condensados, produzidos pela ação microbiana e que diferem dos biopolímeros por sua estrutura molecular e elevada persistência no solo (BALDOTTO; BALDOTTO, 2014).

Sobre metodologias, segundo o Oliveira (2011) dentre os métodos apresentados o único procedimento que fraciona as substâncias húmicas em ácido húmico é aquele dado pela precipitação com ácidos e bases e pela diferença de solubilidade.

Rosales et al. (1999) já discutiam sobre suas propriedades de conservação do solo, aumento da solubilidade, disponibilidade de nutrientes, alta complexidade de retenção de água, entre outros aspectos que exercem um papel fundamental nas propriedades químicas e físicas do solo.

Garcia et al. (2019) também discutem os inúmeros efeitos exercidos pelas substâncias húmicas no solo e nas plantas envolvendo diferentes formas de ação, e resultando no desenvolvimento e crescimento da planta, fornecimento de nutrientes, melhoria da estrutura do solo, e fornecimento de compostos específicos como compostos nitrogenados.

Com base na literatura, constata-se que são inúmeros os possíveis benefícios proporcionados pela suplementação com substâncias húmicas, o que leva a necessidade de investimento em pesquisas nessa área, com foco em formar conhecimentos técnico-científico que embasem os resultados existentes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no município de Dom Pedrito, Rio Grande do Sul, localizado na Região da Campanha (Figura 1). Este município, com caráter essencialmente agrícola se destaca pela produção de monoculturas com forte utilização de agrotóxicos. No entanto, também se destaca por ser um município com uma diversa produção agrícola familiar que tem ganhado espaço junto a feira livre municipal, além da expressiva criação de bovinos e ovinos para produção animal (Nascimento et al., 2020).

O experimento foi instalado dia 15 de setembro de 2019 em uma propriedade agrícola familiar. Coordenadas geográficas (30° 59' 54" S 54° 37' 30" W), tendo como objeto de estudo, a aplicação de biocarvão (bc) e substâncias húmicas em tomateiros.

O delineamento utilizado foi o Inteiramente Casualizado (DIC) com parcelas subdivididas.



Figura 1 - Mapa ilustrativo Brasil, Rio Grande do Sul e Dom Pedrito.

Fonte: Elaboração da autora a partir de imagens disponíveis em IBGE 2019.

O agricultor familiar que cedeu a propriedade para o experimento disponibilizou um canteiro de 20m<sup>2</sup>, que foi dividido em 16 parcelas e cada parcela foi subdividida em 2. Assim, cada parcela ficou com oito (8) plantas sendo quatro (4) plantas com biocarvão e quatro (4) com biocarvão + substâncias húmicas. Os tratamentos experimentais foram os seguintes:

- i) 5 mg ha<sup>-1</sup> de bc;
- ii) 10 mg ha<sup>-1</sup> de bc;
- iii) 20 mg ha<sup>-1</sup> de bc;

A concentração de C na solução enriquecida com substâncias húmicas foi de aproximadamente 50 mgL<sup>-1</sup>.

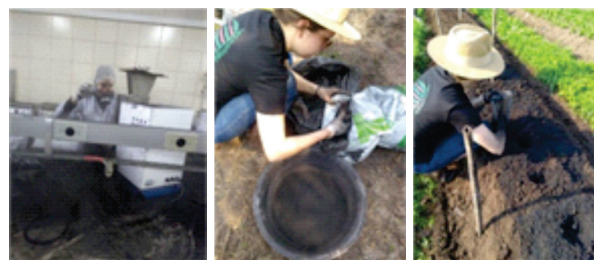


Figura 2 - Preparo e aplicação de Biocarvão. Fonte: Elaboração da autora a partir do acervo trabalho de campo 2019.

O biocarvão utilizado no experimento foi fabricado a partir de restos de resíduos de poda de árvores do município, após a fabricação foi triturado, peneirado e incorporado ao solo manualmente. As substâncias Húmicas foram extraídas desse material (tratamento segundo protocolo da IHSS descrito por DICK et al 2005).

O biocarvão utilizado no experimento foi fabricado a partir de restos de resíduos de poda de árvores do município, após a fabricação foi triturado, peneirado e incorporado ao solo manualmente. As substâncias Húmicas foram extraídas desse material (tratamento segundo protocolo da IHSS descrito por DICK et al 2005).



Figura 3 - Acompanhamento e colheita dos tomates. Dom Pedrito/RS. Elaboração da autora a partir do acervo trabalho de campo 2019.

Periodicamente (cada 15 dias) o desenvolvimento das plantas foi avaliado pelos seguintes componentes de rendimento:

- a) Altura de planta (superfície do solo a altura máxima de parte aérea);
- b) Número de folhas;
- c) Comprimento de folhas.

Ao final do experimento foram avaliados os seguintes atributos:

- i) Altura total da planta;
- ii) Número de folhas;
- iii) Número de pecíolos;
- iv) Número de folhas por pecíolo
- v) Produtividade por tratamento.

Os dados de desenvolvimento vegetativos foram apenas descritos pelos valores médios em cada dia de amostragem e os dados de produção foram descritos por parâmetros da estatística descritiva (média, erro e desvio padrão) e posteriormente submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de médias (Tukey  $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Dados do experimento*

A análise dos tratamentos formulados com biocarvão e substâncias húmicas é apresentada na Tabela a seguir.

Analisando os dados estatísticos e comparando com a reta de crescimento, que foi medida pela altura das plantas, número de folhas, número de pecíolos e número de folhas por pecíolo (Tabela 1), pode-se observar que não houve uma diferença significativa no crescimento vegetativo das plantas, com a adição das substâncias húmicas, mostrando que as mesmas não afetaram o desenvolvimento das plantas. Porém, observa-se efeito no que tange a reprodução das plantas e momento de formação do fruto, onde apresentou uma queda acentuada.

Aos 47 dias, verificou-se a queda significativa de folhas por pecíolo e de altura total conforme aumentava a dosagem de biocarvão, comparados com a testemunha (Tabela 1).

Observando somente os tratamentos com biocarvão, os dados expressam que embora as plantas não tenham perdido em altura entre os tratamentos, a quantidade de folhas reduziu, evidenciando que além de ter efeito negativo sobre o crescimento vegetativo também influi sobre a produtividade. Os dados encontrados por Oliveira et al. (2015) corroboram com essas constatações, onde as doses crescentes de biocarvão além de não serem capazes de acelerar o crescimento em plantas forrageiras (guandu e sorgo), afetaram de forma negativa a altura do sorgo, aparentemente inibindo o crescimento.

A seguir serão exibidos os resultados referentes à produção final de tomate. A ANOVA, seguida pelo teste de médias (Tukey  $p < 0,05$ ), aplicados aos dados de produção de tomate, mostraram que ocorreu um decréscimo significativo da produção com a aplicação das doses de BC (Tabela 2). Esse decréscimo é, possivelmente, resultado do efeito da toxidez dos grupos poliaromáticos (PHAs) que são comumente, encontrados em materiais pirolisados. Essa redução foi de quase 40 % da produção, mostrando

que, embora os efeitos no desenvolvimento vegetativo tenham sido menos pronunciados, na etapa reprodutiva

os danos causados pela aplicação de BC foram bastante pronunciados (Tabela 2).

Tabela 1 - Análise dos tratamentos com diferentes proporções de biocarvão e substâncias húmicas. Dom Pedrito/RS

Tratamento	Dd	Folhas	Pecíolos	FPeíolo	Altura (cm)
		Número			
Testemunha	10	3	3	7	10,9
	25	5	5	9	19,4
	39	-	-	-	23,6
	47	11	9	48	29,8
Testemunha + SH	10	3	3	7	11,2
	25	5	6	9	19,7
	39	-	-	-	24,2
	47	11	9	49	30,9
5 Mg de BC ha <sup>-1</sup>	10	4	3	8	14
	25	5	5	9	19,3
	39	-	-	-	26,3
	47	9	8	38	23,3
5 Mg de BC ha <sup>-1</sup> + SH	10	4	3	7	14
	25	5	5	9	19,4
	39	-	-	-	22,4
	47	9	8	32	25,2
10 Mg de BC ha <sup>-1</sup>	10	4	3	6	14
	25	4	4	11	18,2
	39	-	-	-	21,1
	47	9	7	37	27,6
10 Mg de BC ha <sup>-1</sup> + SH	10	4	3	6	14
	25	4	4	11	17,7
	39	-	-	-	20,4
	47	8	7	34	26,1
20 Mg de BC ha <sup>-1</sup>	10	4	3	7	13
	25	4	3	7	16,4
	39	-	-	-	19,0
	47	7	6	21	24,6
20 Mg de BC ha <sup>-1</sup> + SH	10	4	3	7	13
	25	5	3	8	16,5
	39	-	-	-	19,3
	47	7	6	25	24,9

Tabela 2 - Produção final de tomate. Dom Pedrito/RS.

Testemunha		5 Mg de BC ha <sup>-1</sup>		10 Mg de BC ha <sup>-1</sup>		20 Mg de BC ha <sup>-1</sup>	
-	SH	BC	BC + SH	BC	BC + SH	BC	BC + SH
7065aA	3092 aB	4152 bA	2634 bB	4545 bA	781 bB	4527 bA	1243 bB

Acompanhando a mesma tendência, a aplicação de SHs também apresentou resultado negativo na produção, equivalente a 60 % menos do produzido na testemunha, sendo superior nos tratamentos que receberam BC. Esse resultado mostra uma interação entre BC e SH na produção de tomate, sendo a perda da produção potencializada na presença desses dois tipos de materiais. A explicação para o dano causado pela aplicação de SH ainda são limitadas e carecem de mais estudo, sendo, provavelmente devido a modificações na dinâmica hormonal da planta.

### CONCLUSÕES

Embora o biocarvão e as substâncias húmicas sejam apresentados na literatura como uma alternativa viável a diversas culturas, e utilizadas como condicionadores de solo e promotores de crescimento, no caso da cultura do tomate, e nas proporções que foram aplicadas a sua utilização demonstrou efeitos negativos na produção e desenvolvimento da planta de tomate, diminuindo número de folhas, pecíolos, crescimento e principalmente afetando a produção final comparada a testemunha.

Ainda que o resultado não tenha sido benéfico ao tomateiro é de extrema importância que seja realizada uma sequência de estudos que possam demonstrar se é viável a utilização BC e SH em outras culturas produzidas na região da campanha, levando em consideração a importância desse material.

### LITERATURA CITADA

ABDELHAFEZ, A. et al. Feasibility of biochar manufactured from organic wastes on the stabilization of heavy metals in a metal smelter contaminated soil. *Chemosphere*, v.117, p.66-71, 2014.

BOTERO, W.G. *Substâncias húmicas: interações com nutrientes e contaminantes*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, 2010.

BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. *Revista Ceres*, v. 61, p. 856-881, 2014.

CELESTRINO, R. B., DE ALMEIDA, J. A., DA SILVA, J. P. T., DOS SANTOS LUPPI, V. A.; VIEIRA, S. C. Novos olhares para a produção sustentável na Agricultura Familiar: avaliação da alface americana cultivada com diferentes tipos de adubações orgânicas. *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, 3(1), 66-87, 2017.

DOWNIE, A.; CROSKY, A.; MUNROE, P. Physical Properties of Biochar. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S (ed). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. 1. Ed. Londres: earthscan, 2009. 416 p.

EMBRAPA, 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de-reserva-legal-arl/modulo-fiscal>> Acesso em: 31 de agosto de 2019.

HANKE, D. Matéria orgânica de solos com horizontes húmicos e hísticos sob floresta ombrófila mista: mecanismos de estabilização e traçador de paleo-ambiente. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

IBGE, Censo agropecuário 2017. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-10/censo-agropecuário-brasil-tem-5-milhoes-de-estabelecimentos-rurais>. Acesso em: 21/11/2019

IHSS - International Humic Substances Society Products, 2014.

KOOKANA, RS et al. Biochar Application to Soil: Agronomic and Environmental Benefits and Unintended Consequences. 2011, v.1112, p.103-143.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for Environmental Management: an Introduction. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (Ed.). *Biochar for environmental management: science and technology*. London: Earthscan, 2009. p. 1-12.

MAIA, C. M. B. F.; MADARI, B. E.; NOVOTNY, E. H. Advances in Biochar Research in Brazil. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, 5 (Special Issue 1), Global Science Books, 53-58p, 2011.

MARODIN, J. C.; RESENDE, J. T. V.; MORALES, R.G. F.; FARIA, M. V.; TREVISAM, A. R.; FIGUEIREDO, A. S. T.; DIAS, D. M. Tomato post-harvest durability and



- physicochemical quality depending on silicon sources and doses. *Horticultura Brasileira*, v. 34, n. 3, p. 361-366, 2016.
- MANGRICH, A. S.; MAIA C.M.B.F.; NOVOTNY E. H. Biocarvão as terras pretas de índio e o sequestro de carbono. *Ciência Hoje*, vol. 47, 2011.
- MENDES, L. S.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J. Adubação com silício: influência sobre o solo, planta, pragas e patógenos. *Cerrado Agrociências*, n. 2, p. 51-63, 2011.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA), 2018. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/agricultura-familiar-do-brasil-%C3%A9-8%C2%AA-maior-produtora-de-alimentos-do-mundo>>.
- Nascimento, S. G S., do Nascimento, J. C., Hanke, D., de Ávila, M. R., & da Silva, F. N. (2020). GESTÃO AMBIENTAL E AGRICULTURA FAMILIAR: UM OLHAR SOBRE O MUNICÍPIO DE DOM PEDRITOS. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 9(3), 480-499.
- NOVOTNY, E. H.; MAIA, C. M. B. F.; CARVALHO, M. T. M.; MADARI, B. E. Biochar: pyrogenic carbon for agricultural use-a critical review. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 2, p. 321-344, 2015.
- OLIVEIRA, R. G., DEON, D. S., DE MORAES, S. A., DE OLIVEIRA, R. P., & RIBEIRO, C. D. M. Efeito de Doses de Biocarvão no Solo sobre a Altura de Sorgo e Guandu. *Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: Simpósio de mudanças climáticas e desertificação no semiárido brasileiro, Petrolina 4., 2015.
- OLIVEIRA, L. R.; ALTAFIN, I. G. Proambiente: uma política de pagamento de serviços ambientais no Brasil. In: XLVI Congresso Brasileiro de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008.
- PETTER, F. A., MORALES, M., MARIMON JÚNIOR, B. H., & de MORAIS, L. A. Biocarvão no solo: aspectos agrônomicos e ambientais. *Anais... Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável*, 2016.
- ESCALANTE REBOLLEDO, A., PÉREZ LÓPEZ, G., HIDALGOMORENO, C., LÓPEZ COLLADO, J., CAMPO ALVES, J., VALTIERRA PACHECO, E.; ETCHEVERS BARRA, J. D. Biocarbon (biochar) I: nature, history, manufacture and use in soil. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 367-382, 2016.
- ATAWIEC, A.E. O efeito do biocarvão em mudas da Mata Atlântica: uma análise ambiental e socioeconômica. Tese de Doutorado. PUC-Rio., 2017.
- ROSA, D. M.; NOBREGA, L. H. P.; MAULI, M. M.; LIMA, G. P.; PACHECO, F. P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja. *Revista Ciência Agrônômica*, v.48, n.2, p.221-230, 2017.
- SPOKAS, K. A.; REICOSKY, D. C. Impacts of sixteen different biochars on soil greenhouse gas production. *Annals of Environmental Science*, v. 3, n. 1, p. 4, 2009.
- VAN ZWIETEN, L.; KIMBER, S.; MORRIS, S.; CHAN, K.; DOWNIE, A.; RUST, J.; JOSEPH, S.; COWIE, A. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant and Soil*, v. 327, n. 1-2, p. 235-246, 2010.

Recebido para publicação em 25/08/2021, aprovado em 13/12/2022 e publicado em 30/12/2022.