

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 31/01/2022.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto

Erick Paiva Cancelli

Efeito do uso de carvão hidrotérmico em cultivo de beterraba em diferentes
tipos de solos

São José do Rio Preto

2020

Erick Paiva Cancell

Efeito do uso de carvão hidrotérmico em cultivo de beterraba em diferentes tipos de solos.

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Química, junto ao Programa de Pós-Graduação em Química do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia Cristina Bisinoti
Coorientador: Prof. Dr. Altair Benedito Moreira

São José do Rio Preto

2020

C215e Cancelli, Erick Paiva

Efeito do uso de carvão hidrotérmico em cultivo de beterraba em diferentes tipos de solos / Erick Paiva Cancelli. -- São José do Rio Preto, 2020 96 f. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientadora: Márcia Cristina Bisinoti

Coorientador: Altair Benedito Moreira

1. Química. 2. Química Ambiental. 3. Toxicologia Ambiental. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Erick Paiva Cancell

Efeito do uso de carvão hidrotérmico em cultivo de beterraba em diferentes tipos de solos.

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Química, junto ao Programa de Pós-Graduação em Química do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia Cristina Bisinoti

Coorientador: Prof. Dr. Altair Benedito Moreira

Membros componentes da banca examinadora

Presidente e Orientadora: Prof^a. Associada Dr^a. Márcia Cristina Bisinoti

UNESP - São José do Rio Preto

Membro Titular: Prof. Associado Dr. Mauricio Boscolo

UNESP - São José do Rio Preto

Membro Titular: Prof. Adjunto Dr. Odair Pastor Ferreira

UFC – Universidade Federal do Ceará

São José do Rio Preto

31 de Janeiro de 2020

DEDICO

À minha família, em especial aos meus pais Alessandra e Herbert, avós Romildo de Paiva e Elinor Pizzocaro e aos meus amigos que sempre estiveram do meu lado nesses dois anos e por terem sempre acreditado em mim.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais Herbert Conde Cancelli e Alessandra de Paiva Conde Cancelli, por terem me dado todo apoio psicológico e financeiro para que essa etapa da minha vida fosse traçada.

Agradeço também aos meus avós Romildo de Paiva e Elinor Pizzocaro de Paiva por todo o apoio dado juntamente com a torcida para que eu conseguisse chegar onde estou e sempre estarem ao meu lado quando precisei.

À minha namorada Mariana São José Silva, por sempre ter acreditado no meu potencial, ter me ouvido várias vezes e sempre estado ao meu lado durante essa caminhada.

Ao meu professor e amigo Mario Henrique Gonzalez, que está comigo desde a graduação, sempre acreditando em meu potencial e se disponibilizando a me ouvir e me ajudar da melhor forma possível.

À minha orientadora Márcia Cristina Bisinoti e coorientador Altair Benedito Moreira por terem me garantido a possibilidade de fazer parte do grupo de pesquisa Laboratório de Estudos em Ciências Ambientais (LECA). Por todo o auxílio e atenção necessária para a execução deste projeto. Além do ensinamento diário sempre passado a mim.

Aos meus amigos por sempre estarem ao meu lado ajudando nas horas mais difíceis.

Ao Dr. Emílio de Castro Miguel por ter realizado as análises de microscopia eletrônica de varredura na Universidade Federal do Ceará – UFC.

E por fim, ao UNESP-IBILCE por ter disponibilizado toda a estrutura necessária para que meu sonho fosse realizado.

Resumo

Carvão Hidrotérmico (CH) foi produzido a partir carbonização hidrotérmica de subprodutos da indústria sucroenergética sendo que o CH apresentou elevado conteúdo de carbono e nutrientes que sugerem que o mesmo possa ser empregado como condicionador solo. Neste contexto estudos de germinação e crescimento de plantas de diferentes famílias são necessários. Frente ao exposto, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar o efeito do CH no cultivo de beterraba em diferentes tipos de solo. Estudos de germinação foram conduzidos com o carbono solúvel extraídas em água (SAQ) e em solução ácida do CH (SAC) do CH. Para os testes de germinação um total de 40 placas foram montadas nas concentrações de 0; 10; 50; 100 mg de C L⁻¹ dos extratos de carbono solúvel do CH (SAQ e SAQ), seguidas da adição de 10 sementes de beterraba por placa em gel de agarose, mantidas em fotoperíodo por 7 dias. No fim do experimento o comprimento da raiz, o índice de velocidade de germinação (IVG) e a massa seca foram determinados. Dentre as concentrações trabalhadas a melhor germinação ocorreu para a concentração de 50 mg de C L⁻¹ para SAQ, com IVG de 1,4 sementes por dia e maior produção de biomassa (4,39 g) e comprimento total de raiz germinada (1,97 cm). Estudos de crescimento de beterraba foram realizados em quintuplicata empregando 30 vasos sem adição de CH (controle) e com adição de 10 e 20 t ha⁻¹ de CH em argissolo e latossolo. Estes vasos foram mantidos em câmara de crescimento de plantas por 80 dias mantendo fotoperíodo de 16 h dia e 8 h noite, sendo que no final do experimento foram analisados massa seca, comprimento da raiz e parte aérea, imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) da raiz e da parte aérea e quantificação de nutrientes totais (cálcio, boro, cobre, ferro e zinco) nos solos. A taxa de aplicação de carvão hidrotérmico de 10 t ha⁻¹ em latossolos, foi o que apresentou o melhor desenvolvimento da planta com maior comprimento. As imagens do MEV condizem com os outros resultados, mostrando que a taxa de aplicação de 10 t ha⁻¹ beneficiou a disponibilidade de água e nutrientes para o solo, pela menor presença de estômatos paracíticos, células mais bem definidas, e com a morfologia da raiz preservada. As maiores concentrações de nutrientes cálcio, boro, cobre, ferro e zinco foram também observadas quando o CH foi aplicado ao solo. Conclui-se que o CH é capaz de melhorar as condições do solo promovendo uma melhor germinação e desenvolvimento da cultura de beterraba.

Palavras-chave: carvão hidrotérmico; crescimento; germinação; solos brasileiros; beterraba.

Abstract

Hydrothermal coal (CH) was produced from hydrothermal carbonization of by-products in the sugar energy industry and CH presented high carbon content and nutrients that suggest that it can be used as a soil conditioner. In this context, germination and plant growth studies of different families are needed. In view of the above, the main objective of this work was to evaluate the effect of CH on beet cultivation in different soil types. Germination studies were conducted with soluble carbon extracted in water (SAQ) and in CH acid solution (SAC) for germination tests a total of 40 plates were mounted at concentrations of 0; 10; 50; 100 mg C L⁻¹ of CH soluble carbon extracts (SAQ and SAQ), followed by the addition of 10 beet seeds per plate in agarose gel, kept in photoperiod for 7 days. At the end of the experiment, root length, germination speed index (IVG) and dry mass were determined. Among the concentrations worked, the best germination occurred for the concentration of 50 mg of C L⁻¹ for SAQ, with IVG of 1.4 seeds per day and higher biomass production (4.39 g) and total length of germinated root (1.97 cm). Beet growth studies were conducted in quintuplicate using 30 vessels without the addition of CH (control) and with the addition of 10 and 20 t ha⁻¹ of CH in argisol and latosol. These vessels were kept in a plant growth chamber for 80 days maintaining photoperiod of 16 h day and 8 h night, and at the end of the experiment, dry mass, root length and shoot, scanning electron microscopy images (SEM) of the root and shoot and quantification of total nutrients (calcium, boron, copper, iron and zinc) in soils. The rate of application of hydrothermal coal of 10 t ha⁻¹ in latosols, was the one that presented the best development of the plant with longer length. The Images of the SEM match the other results, showing that the application rate of 10 t ha⁻¹ benefited the availability of water and nutrients to the soil, by the lower presence of paracytic stomata, better defined cells, and with the morphology of the root Preserved. The highest concentrations of nutrients calcium, boron, copper, iron and zinc were also observed when CH was applied to the soil. It is concluded that CH is able to improve soil conditions by promoting better germination and development of beet crop.

keywords: hydrochar; growth; germination; brazilian soils; sugar beet.

Lista de Figuras

Figura 1 Foto das placas dispostas para desmontagem do experimento contendo 10 sementes de beterraba por placa em gel de agarose e carbono no extrato da fração solúvel do carvão hidrotérmico em meio aquoso e ácido.....	28
Figura 2 Esquema utilizado para a determinação do comprimento das raízes de beterraba (<i>Beta vulgaris</i> L.) germinadas após 7 dias na câmara B.O.D em contato com frações solúveis de carbono do carvão hidrotérmico.....	29
Figura 3 Foto das plantas de beterraba (<i>Beta vulgaris</i> L.) que cresceram na presença de solo com diferentes taxas de aplicação de carvão hidrotérmico durante 60 dias de experimento.....	32
Figura 4 Foto de uma planta de beterraba (<i>Beta vulgaris</i> L.) após crescimento de 80 dias em latossolo controle.....	33
Figura 5 Foto das amostras preparadas para digestão ácida para decompor o material vegetal da beterraba (<i>Beta vulgaris</i> L.) (raíz e parte aérea).....	35
Figura 6(a) Sementes germinadas por dia no experimento de germinação utilizando SAC. (b) Sementes germinadas por dia no experimento de germinação utilizando SAQ. (c) Correlação do índice de velocidade de germinação das sementes de beterraba com o aumento da concentração da fração solúvel do carvão hidrotérmico em SAC (d) Correlação do índice de velocidade de germinação das sementes de beterraba com o aumento de concentração da fração solúvel do carvão hidrotérmico em SAQ.....	38
Figura 7 Valores de comprimento total das raízes germinadas de beterraba nos experimentos de germinação empregando como meio extrator de carbono solúvel (a) SAC (b) SAQ.....	39
Figura 8 Massa seca obtida das raízes de beterraba (<i>Beta vulgaris</i> L.) germinadas após 7 dias na câmara B.O.D em contato com frações solúveis de carbono do carvão hidrotérmico.....	40
Figura 9 Valores dos comprimentos das raízes e parte aérea das plantas de beterraba em argissolo e latossolo com diferentes taxas de aplicação de carvão hidrotérmico obtidos através do software Image J.....	45
Figura 10 (a) Média obtida de massa seca da parte aérea após a desmontagem do experimento no argissolo. (b) Média obtida de massa seca da raiz após a desmontagem do experimento no argissolo. (c) Média obtida de massa seca da parte aérea após a desmontagem do experimento no latossolo. (d) Média obtida de massa seca da raiz após a desmontagem do experimento no latossolo.....	46
Figura 11 Imagens da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da raiz. (a) Latossolo controle (b) Latossolo com taxa de aplicação de carvão hidrotérmico de 10 t ha ⁻¹ (c) Latossolo com taxa de aplicação de carvão hidrotérmico de 20 t ha ⁻¹ (d) Argissolo controle (e) Argissolo com taxa de aplicação de carvão hidrotérmico de 10 t ha ⁻¹ (f) Argissolo com taxa de aplicação de carvão hidrotérmico de 20 t ha ⁻¹	48
Figura 12 Imagens da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da raiz. (a) Latossolo controle (b) Latossolo com taxa de aplicação de carvão hidrotérmico de 10 t ha ⁻¹ (c) Latossolo com taxa de aplicação de carvão hidrotérmico de 20 t ha ⁻¹ (d)	

Argissolo controle (e) Argissolo com taxa de aplicação de carvão hidrotérmico de 10 t ha ⁻¹ (f) Argissolo com taxa de aplicação de carvão hidrotérmico de 20 t ha ⁻¹	50
Figura 13 Valores obtidos de nutrientes da parte aérea e raiz das plantas de beterraba cultivadas em diferentes tipos de solos e para diferentes taxas de aplicação de carvão hidrotérmico (a) Cálcio (b) Boro (c) Cobre (d) Ferro (e) Zinco.	51

Lista de Tabelas

Tabela 1: Valores de comprimento total e massa seca das plantas de beterraba em contato com diferentes taxas de aplicação de carvão hidrotérmico retiradas após 7 dias no procedimento de desbaste..... 42

Tabela 2: Valores de pH obtido nos solos utilizados no cultivo da beterraba em diferentes taxas de aplicação de carvão hidrotérmico antes e depois da realização do experimento. 43

Tabela 3: Resultados de umidade, cinzas e matéria orgânica obtidos dos solos utilizados nos experimentos de crescimento..... 44

Lista de equações

Equação 1 Índice de Velocidade de Germinação	28
Equação 2 Fórmula utilizada para o cálculo da umidade presente no solo.	33
Equação 3 Fórmula utilizada para o cálculo da quantidade de cinza presente no solo.	34
Equação 4 Fórmula utilizada para o cálculo da matéria orgânica presente no solo.	34

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANDA	Associação Nacional de Difusão de Adubos
B.O.D	Biochemical Oxygen Demand/Demanda bioquímica de oxigênio
CH	Carbono hidrotérmico
CHT	Carbonização hidrotérmica
CTC	Capacidade de troca catiônica
HPA	Hidrocarboneto policíclico aromático
H₃PO₄	Ácido fosfórico
HCl	Ácido clorídrico
IVG	Índice de velocidade de germinação
KOH	Hidróxido de potássio
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
m/m	Relação massa/massa
SAC	Solução extraída aquosa
SAQ	Solução extraída ácida
TOC	Total organic carbon/Carbono orgânico total
v/v	Relação volume/volume

Sumário

1. Introdução	15
2. Revisão Bibliográfica	17
2.1 Carbonização Hidrotérmica (CHT)	17
2.2 Solos	20
2.2.1 Latossolo	20
2.2.2 Argissolo	21
2.3 Estudos de aplicação de biochar e carvão hidrotérmico no cultivo de plantas	22
3. Objetivos	26
4. Materiais e Métodos	26
4.1 Amostra de solo	26
4.2 Carvão Hidrotérmico	27
4.3 Extração da fração solúvel de carbono do carvão hidrotérmico para estudos de germinação	27
4.4 Experimentos de germinação de beterraba em gel de agarose	27
4.5 Experimentos de crescimento da cultura de beterraba	29
4.6 Análises realizadas em experimentos de germinação e crescimento	36
4.7 Análises Estatísticas	36
5. Resultados e Discussão	36
5.1 Extração do carbono solúvel do carvão hidrotérmico para realização dos experimentos de germinação	36
5.2 Experimentos de germinação de beterraba em diferentes concentrações de carbono solúvel extraído do carvão hidrotérmico	37
5.3 Experimentos de crescimento de beterraba na presença de carvão hidrotérmico	41
5.4 Análises de Microscopia Eletrônica de Varredura da raiz e parte aérea da beterraba	47
5.5.1 Raiz	47
5.5.2 Parte Aérea	49
5.6 Determinação dos nutrientes totais (Ca, B, Cu, Fe e Zn) em raiz e parte aérea de beterraba (<i>Beta vulgaris L.</i>)	51
6. Conclusão	55
7. Referências	56
APÊNDICES	66

APÊNDICE A - IMAGENS DE MICROSCOPIA DA RAIZ DA PLANTA DE BETERRABA.....	66
APÊNDICE B - IMAGENS DE MICROSCOPIA DA PARTE AÉREA DA PLANTA DE BETERRABA.....	76

1. Introdução

Estudos de conversão de biomassa são de grande relevância no cenário nacional, principalmente, no que tange à produção e consumo do etanol que seguem em ritmo crescente (ANDA et al., 2017). Por outro lado, a Associação Nacional para a Difusão de Adubos (ANDA) tem posto em evidência a questão da demanda de alimentos, fato que frente a práticas agrônômicas utilizadas conseqüentemente acarretará o aumento do consumo de fertilizantes. No Brasil, o consumo de fertilizante atinge aproximadamente 30 milhões de toneladas, sendo a maioria (por volta de 70 %), proveniente de importação, encarecendo o cultivo e aumentando a dependência externa (ROQUETTI, 2017). Nesse contexto, o uso de carvão hidrotérmico é interessante para o âmbito econômico, ambiental e sustentável (MAIA; MADARI; NOVOTNY, 2011).

O carvão hidrotérmico é um produto sólido gerado no processo de carbonização hidrotérmica no qual a biomassa em meio aquoso é submetida a médias temperaturas, variando entre 180 e 300 °C em reator fechado, sob pressões autogeradas levando a formação de um material sólido rico em carbono e nutrientes (KAMBO; DUTTA, 2015). A produção do carvão hidrotérmico possui vantagens quando comparada à produção do “biochar” oriundo do processo de pirólise que emprega elevadas temperaturas e está suscetível à formação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) (KAMBO; DUTTA, 2015). As características observadas nos “chars” se originaram nas Terras Pretas de Índio, solos antropogênicos conhecidos por sua alta fertilidade, alta concentração de nutrientes e matéria orgânica humificada (TEIXEIRA et al., 2009).

Em trabalhos já realizados em nosso grupo, foi avaliada a produção de carvão hidrotérmico a partir exclusivamente da vinhaça de cana-de-açúcar e também a partir de uma mistura de bagaço e vinhaça da cana-de-açúcar, cujos resultados apresentaram maior presença de ácidos do tipo húmico no carvão hidrotérmico obtido com subprodutos da indústria sucroalcooleira (BENTO et al., 2019; BISINOTI et al., 2019; FREGOLENTE, 2018; MELO et al., 2017). Foi demonstrado que alterando tempo, temperatura ou ainda em função do aditivo e concentração empregados, é possível a incorporação de nutrientes e a formação de produto sólido rico em carbono com potencial para utilização como condicionante de solos (MELO et al., 2017; SILVA et

al., 2017). Dentre os aditivos adicionados o CH produzido na presença de ácido fosfórico apresentou em sua estrutura a formação de estruvita-K (MELO et al., 2017; SILVA et al., 2017). Estudos da disponibilidade de carbono e nutrientes para solos brasileiros a partir desse carvão hidrotérmico tem sido conduzidos, sendo que os resultados mostraram que o carvão hidrotérmico após 30 dias de experimento não foi observado diferenças entre a estrutura do carvão hidrotérmico e das fases cristalinas, evidenciando então que o carvão possui a capacidade de liberar lentamente os nutrientes presentes em sua estrutura (BENTO et al., 2019; SANTANA et al., 2019).

Para avaliar o potencial de emprego dos carvões em solos é recomendado que seja realizado estudos de crescimento de plantas, com três categorias a serem testadas, dentre elas, das famílias das leguminosas, gramíneas e hortaliças (OECD, 1984). A maior parte dos estudos têm sido conduzidos avaliando o emprego de biochar oriundos de diferentes biomassas (lodo industrial, lodo de esgoto(CHEN et al., 2018), resíduos de carvalho(OLDFIELD et al., 2018), madeira de ageratina *adenophora* (*Eupatorium adenophorum*) (PANDIT et al., 2018), lascas de madeira (PRASAD; TZORTZAKIS; MCDANIEL, 2018), entre outros (LEHMANN et al., 2011; WANG; WANG; WANG, 2018; YUAN; TAN; HUANG, 2018). Os estudos têm sido conduzidos no cultivo de plantas em vários tipos de solos com diferentes taxas de adições de biochar, variando de 0 a 50% (m/m). Os resultados mostraram que a aplicação de biochar pode levar a um acréscimo na disponibilidade de nutrientes (potássio, nitrogênio, fósforo e silício), bem como ao aumento da capacidade de retenção de água no solo, facilitando a disponibilidade de água para as plantas e acarretando num maior desenvolvimento da planta evidenciado pelo crescimento da cultura e no ganho de biomassa microbiana (CHEN et al., 2018; PRASAD; TZORTZAKIS; MCDANIEL, 2018). Para tal avaliação, três categorias de plantas são propostas (OECD, 1984), sendo elas das famílias das leguminosas, gramíneas e hortaliças, dentro das quais algumas espécies em específico têm sido utilizadas (FREGOLENTE et al., 2019). Contudo, vale ressaltar que a depender do interesse do estudo poderá haver variações da classe de plantas a serem empregadas nos experimentos, atendendo assim às necessidades de cada material (OECD, 1984).

Os estudos que avaliaram o efeito da aplicação de carvão hidrotérmico no crescimento e desenvolvimento de plantas, ainda são poucos (GEORGE et al., 2012; GRONWALD et al., 2016; MELO et al., 2018; REIBE et al., 2015; TASKIN et al., 2019). No estudo realizado por George e colaboradores (2012) foi usada a taxa de

aplicação de 0, 5 e 10 % do CH produzido com resíduos de indústria cervejeira e no cultivo de alfafa (*Medicago sativa L.*) em luvisso. Os resultados obtidos pelos autores indicaram uma melhora na agregação dos solos, porém não foi observado melhora de desenvolvimento de fungos nas raízes (GEORGE et al., 2012). Estes resultados reforçam a importância e necessidade de realização de estudos de crescimento de plantas com diferentes taxas de aplicação de carvão hidrotérmico em diferentes culturas.

A beterraba (*Beta vulgaris L.*) é um legume de alta relevância para o setor agroindustrial por se tratar de um produto utilizado tanto para fins alimentícios quanto para a produção de açúcar e etanol. Apenas na União Europeia, o cultivo de beterraba é bem consolidado, representando aproximadamente 50 % da produção global, com a produção de aproximadamente 730 ton ano⁻¹ (HEIDORN; UTVIK, 2017). O uso da beterraba (*Beta vulgaris L.*) tem sido adotado por estudos que avaliaram sua produção em condições de baixa disponibilidade de água, luz e salinidade (ARTRU et al., 2018; JAMIL, 2005; MAHMOUD et al., 2018; SADEGHIAN; YAVARI, 2004), além de se tratar de uma cultura de ciclo rápido, como função facilitadora, possibilitará a avaliação do efeito do carvão hidrotérmico que estará em contato direto com o produto a ser consumido.. Desta forma, o estudo da aplicação de carvão hidrotérmico no crescimento/desenvolvimento de culturas, embora efetuado, é pouco relatado utilizando a beterraba como cultura de interesse (GAJIĆ; KOCH, 2012).

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Carbonização Hidrotérmica (CHT)

A carbonização hidrotérmica foi proposta em 1932 por Friedrich Bergius descrevendo o processo de carbonização (BERGIUS, 1932). Com o passar do tempo, o processo de carbonização começou a ganhar notoriedade na qualidade de processo hidrotermal de degradação de matéria orgânica para síntese de substâncias químicas importantes, juntamente com o reaproveitamento de combustíveis gasosos e líquidos (KRUSE; FUNKE; TITIRICI, 2013). No entanto, as pesquisas contemporâneas possuem maior foco na produção de produtos sólidos (carvão hidrotérmico) que possuem maior valor agregado e voltados para aplicação em processos industriais e ambientais (KRUSE; FUNKE; TITIRICI, 2013; PETERSON et al., 2008).

A carbonização hidrotérmica é um processo de transformação de biomassa, seja ela úmida ou seca, em um produto sólido que é rico em carbono e nutrientes derivados

6. Conclusão

Conclui-se que o extrato de carbono solúvel do carvão hidrotérmico obtido em meio ácido revelou ter inibido o processo de germinação e desenvolvimento da beterraba em todas as concentrações estudadas. Os melhores valores foram observados para o carbono solúvel obtido com o extrator água, tendo um efeito estimulante para a concentração de 50 mg de CL⁻¹ que se mostrou ser a melhor.

Nos experimentos de crescimento da beterraba (*beta vulgaris L*) a taxa de aplicação do carvão hidrotérmico de 10 t ha⁻¹ em latossolos favoreceu o desenvolvimento da cultura, comparada ao grupo controle, sendo que o carvão hidrotérmico não melhorou o cultivo da beterraba em argissolo. Foi observado melhor nas características do solo e nas imagens de microscopia da raiz e parte aérea sugerindo que o carvão hidrotérmico tem potencial para ser empregado como condicionante do solo.

7. Referências

- ABRÃO, P. U. R.; GIANLUPPI, D.; AZOLIN, M. A. D. Levantamento semi-detalhado dos solos da estação experimental de silvicultura de Santa Maria. Porto Alegre: IPRNR, 1988. 75 p.
- ABEL, S.; PETERS, A.; TRINKS, S.; SCHONSKY, H.; FACKLAM, M.; WESSOLEK, G. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellence of sandy soil. **Geoderma**, Holanda, v. 202–203, p. 183–191, 2013.
- ABRAHÃO, D. S. .; PIZA TOLEDO, A. R.; MARTINS, M. D. A.; SILVA NETO, J. C. .; FERREIRA, E. C. J. .; RAPADO, L. N.; HOSODA, T. M.; C.SILVA, R.; AZZUZ, A. C.; TANIWAKI, N. N.; PIRES, M. D. F. C. A comparative study on several fixatives applied in transmission electron microscopy procedure. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 63, n. 2, p. 248–254, 2004.
- ALMEIDA, K. De; CARNEIRO, A.; DANTAS, B. L.; PEREIRA, A.; FRAGA, S.; FERNANDES, R.; ROCHA, L. **Fracionamento da Matéria Orgânica de um Argissolo Vermelho-Amarelo**. Natal: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2010.
- ALMEIDA, M. De; ALMEIDA, C. V. De. Morfologia do caule de plantas com sementes. In: **Coleção Botânica**. 1ª ed. São Paulo. p. 75.
- AMBROSINI, V. G.; SORIANI, H. H.; JOSÉ, D.; TADEU, R.; TIECHER, L.; GIROTTO, E.; GUIMARÃES, D.; GEORGE, S.; BASTOS DE MELO, W.; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G. Impacto do excesso de cobre e zinco no solo sobre videiras e plantas de cobertura. In: **Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras**. 1. ed. Bento Gonçalves: Embrapa RS, 2016. p. 91–110.
- AMÉRICO PEREIRA DE CARVALHO, JORGE OLMOS ITURRI LARACH, PAULO KLINGER TITO JACOMINE, M. N. C. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1988.
- ARTRU, S.; LASSOIS, L.; VANCUTSEM, F.; REUBENS, B.; GARRÉ, S. Sugar beet development under dynamic shade environments in temperate conditions. **European Journal of Agronomy**, Holanda, v. 97, n. April, p. 38–47, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.04.011>>
- ASTM INTERNATIONAL. ASTM D 2974 - Standard test methods for moisture, ash, and organic matter of peat and other organic soils. **ASTM International**, Estados Unidos, 2014. p. 1–4.
- AXELSSON, L.; FRANZÉN, M.; OSTWALD, M.; BERNDÉS, G.; LAKSHMI, G.; RAVINDRANATH, N. H. Perspective: Jatropha cultivation in southern India: Assessing farmers' experiences. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, Reino Unido, v. 6, n. 3, p. 246–256, 2012.
- BARGMANN, I.; RILLIG, M. C.; BUSS, W.; KRUSE, A.; KUECKE, M. Hydrochar and biochar effects on germination of spring barley. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Alemanha, v. 199, n. 5, p. 360–373, 2013.

- BARGMANN, I.; RILLIG, M. C.; KRUSE, A.; GREEF, J. M.; KÜCKE, M. Effects of hydrochar application on the dynamics of soluble nitrogen in soils and on plant availability. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Alemanha, v. 177, n. 1, p. 48–58, 2014.
- BATISTA, MOEMA DE ALMEIDA, DENISE WERNECK DE PAIVA, A. M. Solos para todos: perguntas e respostas. In: 1ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014. p. 89.
- BEESELEY, L.; MORENO-JIMÉNEZ, E.; GOMEZ-EYLES, J. L.; HARRIS, E.; ROBINSON, B.; SIZMUR, T. A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. **Environmental Pollution**, Reino Unido, v. 159, n. 12, p. 3269–3282, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2011.07.023>>
- BENTO, L. R.; CASTRO, A. J. R.; MOREIRA, A. B.; FERREIRA, O. P.; BISINOTI, M. C.; MELO, C. A. Release of nutrients and organic carbon in different soil types from hydrochar obtained using sugarcane bagasse and vinasse. **Geoderma**, Holanda, v. 334, n. July 2018, p. 24–32, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.034>>
- BERGE, N. D.; RO, K. S.; MAO, J.; FLORA, J. R. V.; CHAPPELL, M. A.; BAE, S. Hydrothermal Carbonization of Municipal Waste Streams. **Environmental Science & Technology**, Estados Unidos, v. 45, n. 13, p. 5696–5703, 2011. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es2004528>>
- BERGIUS, F. Chemical reactions under high pressure. **Nobel Lecture: Chemistry**, Alemanha, p. 244–276, 1932.
- BISINOTI, M. C.; MOREIRA, A. B.; MELO, C. A.; FREGOLENTE, L. G.; BENTO, L. R.; VITOR DOS SANTOS, J.; FERREIRA, O. P. Application of Carbon-Based Nanomaterials as Fertilizers in Soils. In: **Nanomaterials Applications for Environmental Matrices**. 1. ed. Fortaleza: Elsevier, 2019. p. 305–333.
- BJELAKOVIC, G.; NIKOLOVA, D.; GLUUD, L. L.; SIMONETTI, R. G.; GLUUD, C. Mortality in randomized trials of antioxidant supplements for primary and secondary prevention: Systematic review and meta-analysis. **Journal of the American Medical Association**, Estados Unidos, v. 297, n. 8, p. 842–857, 2007.
- BUSCH, D.; GLASER, B. Stability of co-composted hydrochar and biochar under field conditions in a temperate soil. **Soil Use and Management**, Reino Unido, v. 31, n. 2, p. 251–258, 2015.
- CAO, X.; RO, K. S.; CHAPPELL, M.; LI, Y.; MAO, J. Chemical structures of swine-manure chars produced under different carbonization conditions investigated by advanced solid-state ¹³C nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy. **Energy and Fuels**, Estados Unidos, v. 25, n. 1, p. 388–397, 2011.
- CHEN, H.; MA, J.; WEI, J.; GONG, X.; YU, X.; GUO, H.; ZHAO, Y. Biochar increases plant growth and alters microbial communities via regulating the moisture and temperature of green roof substrates. **Science of the Total Environment**, Holanda, v. 635, p. 333–342, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.127>>

DA SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V.; DE CARVALHO, F. G. Organic matter and physical properties of a Cohesive Yellow Argisol under different management systems with sugar cane. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Paraíba, v. 10, n. 3, p. 579–585, 2006.

DA SILVA, R. C. J. **Identificação de compostos orgânicos não voláteis no carvão hidrotérmico e na água de processo obtidos da carbonização hidrotérmica de subprodutos da indústria sucroenergética**. 2018. São José do Rio Preto, 2018.

DE RESENDE, M. F.; BRASIL, T. F.; MADARI, B. E.; PEREIRA NETTO, A. D.; NOVOTNY, E. H. Polycyclic aromatic hydrocarbons in biochar amended soils: Long-term experiments in Brazilian tropical areas. **Chemosphere**, Reino Unido, v. 200, p. 641–648, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.02.139>>

EGAMBERDIEVA, D.; WIRTH, S.; BEHRENDT, U.; ABD-ALLAH, E. F.; BERG, G. Biochar treatment resulted in a combined effect on soybean growth promotion and a shift in plant growth promoting rhizobacteria. **Frontiers in Microbiology**, Suíça, v. 7, n. FEB, p. 1–11, 2016.

FANG, J.; GAO, B.; CHEN, J.; ZIMMERMAN, A. R. Hydrochars derived from plant biomass under various conditions: Characterization and potential applications and impacts. **Chemical Engineering Journal**, Holanda, v. 267, p. 253–259, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2015.01.026>>

FREGOLENTE, L.; DE CASTRO, A.; MOREIRA, A.; FERREIRA, O.; BISINOTI, M. New Proposal for Sugarcane Vinasse Treatment by Hydrothermal Carbonization: An Evaluation of Solid and Liquid Products. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 00, n. 00, p. 1–11, 2019.

FREGOLENTE, L. G. Toxicity evaluation of process water from hydrothermal carbonization of sugarcane industry by-products. **Environmental Science and Pollution Research**, Alemanha, p. 1–11, 2018.

FREGOLENTE, L. G. **Carvão Hidrotérmico: avaliação das características húmicas e do efeito no desenvolvimento de plantas**. 2019. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, 2019.

GAJIĆ, A.; KOCH, H. J. Sugar beet (*beta vulgaris* l.) Growth reduction caused by hydrochar is related to nitrogen supply. **Journal of Environmental Quality**, Estados Unidos, v. 41, n. 4, p. 1067–1075, 2012.

GALMÉS, J.; FLEXAS, J.; SAVÉ, R.; MEDRANO, H. Water relations and stomatal characteristics of Mediterranean plants with different growth forms and leaf habits: Responses to water stress and recovery. **Plant and Soil**, Holanda, v. 290, n. 1–2, p. 139–155, 2007.

GEORGE, C.; WAGNER, M.; KÜCKE, M.; RILLIG, M. C. Divergent consequences of hydrochar in the plant-soil system: Arbuscular mycorrhiza, nodulation, plant growth and soil aggregation effects. **Applied Soil Ecology**, Holanda, v. 59, p. 68–72, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.02.021>>

GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - A review. **Biology and Fertility of Soils**, Alemanha, v. 35, n. 4, p. 219–230, 2002.

GRONWALD, M.; VOS, C.; HELFRICH, M.; DON, A. Stability of pyrochar and hydrochar in agricultural soil - a new field incubation method. **Geoderma**, Holanda, v. 284, p. 85–92, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.08.019>>

GROSS, E.; PIRES, M.; FERNANDES, V. **Curso teórico prático de técnicas em microscopia eletrônica** Centro de Microscopia Eletrônica. Bahia.

HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Biology**, Estados Unidos, v. 51, p. 463–499, 2000.

HEIDORN, E.; UTVIK, K. **Agriculture , forestry and fishery statistics**. 2017. ed. Luxemburgo: União Européia, 2017. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/8538823/KS-FK-17-001-EN-N.pdf>>

HELLING, C. S.; CHESTERS, G.; COREY, R. B. Contribution of Organic Matter and Clay to Soil Cation-Exchange Capacity as Affected by the pH of the Saturating Solution1. **Soil Science Society of America Journal**, Estados Unidos, v. 28, n. 4, p. 517, 1964.

HOEKMAN, S. K.; BROCH, A.; ROBBINS, C.; ZIELINSKA, B.; FELIX, L. Hydrothermal carbonization (HTC) of selected woody and herbaceous biomass feedstocks. **Biomass Conversion and Biorefinery**, Alemanha, v. 3, n. 2, p. 113–126, 2013.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia 2ª edição**. 2. ed. Rio de Janeiro. v. 5 Disponível em: <<http://www.energiaambiente.org.br/wp-content/uploads/2015/08/1-diagnostico-da-rede-de-monitoramento-da-qualidade-do-ar-no-brasil.pdf>> <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:No+Title#0>>

JAMIL. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. **Journal of Central European Agriculture**, Croácia, n. April 2016, p. 273–281, 2005.

KAMBO, H. S.; DUTTA, A. A comparative review of biochar and hydrochar in terms of production, physico-chemical properties and applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Reino Unido, v. 45, p. 359–378, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.050>>

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, Minas Gerais, v. 5, n. 1, p. 17–40, 1998.

KOBAYASHI, T.; NOZOYE, T.; NISHIZAWA, N. K. Iron transport and its regulation in plants. **Free Radical Biology and Medicine**, Estados Unidos, v. 133, p. 11–20, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.10.439>>

KOLTON, M.; HAREL, Y. M.; PASTERNAK, Z.; GRABER, E. R.; ELAD, Y.; CYTRYN, E. Impact of biochar application to soil on the root-associated bacterial community structure of fully developed greenhouse pepper plants. **Applied and Environmental Microbiology**, Estados Unidos, v. 77, n. 14, p. 4924–4930, 2011.

KRUSE, A.; FUNKE, A.; TITIRICI, M. M. Hydrothermal conversion of biomass to fuels and energetic materials. **Current Opinion in Chemical Biology**, Reino Unido, v. 17, n. 3, p. 515–521, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.05.004>>

LARANJA, M. J. **Identificação de compostos orgânicos semivoláteis e voláteis nos produtos obtidos a partir do processo de carbonização hidrotérmica de bagaço de cana e vinhaça**. 2018. São José do Rio Preto, 2018.

LARBI, A.; KCHAOU, H.; GAALICHE, B.; GARGOURI, K.; BOULAL, H.; MORALES, F. Supplementary potassium and calcium improves salt tolerance in olive plants. **Scientia Horticulturae**, Holanda, v. 260, n. October 2019, p. 108912, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108912>>

LEHMANN, J.; DA SILVA, J. P.; STEINER, C. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, Holanda, v. 249, n. 15, p. 343–358, 2003.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for environmental management : An introduction. In: JOHANNES LEHMANN AND STEPHEN JOSEPH (Ed.). **Biochar for Environmental Management - Science and Technology**. Estados Unidos. v. 1, p. 1–12.

LEHMANN, J.; RILLIG, M. C.; THIES, J.; MASIELLO, C. A.; HOCKADAY, W. C.; CROWLEY, D. Biochar effects on soil biota - A review. **Soil Biology and Biochemistry**, Reino Unido, v. 43, n. 9, p. 1812–1836, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>>

LI, B.; GUO, J.; LV, K.; FAN, J. Adsorption of methylene blue and Cd(II) onto maleylated modified hydrochar from water. **Environmental Pollution**, Reino Unido, v. 254, p. 113014, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113014>>

LI, M.; ZHANG, A.; WU, H.; LIU, H.; LV, J. Predicting potential release of dissolved organic matter from biochars derived from agricultural residues using fluorescence and ultraviolet absorbance. **Journal of Hazardous Materials**, Holanda, v. 334, p. 86–92, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.03.064>>

LIANG, C.; LIU, Y.; LI, K.; WEN, J.; XING, S.; MA, Z.; WU, Y. Heterogeneous photo-Fenton degradation of organic pollutants with amorphous Fe-Zn-oxide/hydrochar under visible light irradiation. **Separation and Purification Technology**, Reino Unido, v. 188, p. 105–111, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2017.07.027>>

LIBRA, J. A.; RO, K. S.; KAMMANN, C.; FUNKE, A.; BERGE, N. D.; NEUBAUER, Y.; TITIRICI, M.-M.; FÜHNER, C.; BENS, O.; KERN, J.; EMMERICH, K.-H. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. **Biofuels**, Reino Unido,

v. 2, n. 1, p. 71–106, 2011. Disponível em:
<<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.4155/bfs.10.81>>

LYU, J.; PARK, J.; KUMAR PANDEY, L.; CHOI, S.; LEE, H.; DE SAEGER, J.; DEPUYDT, S.; HAN, T. Testing the toxicity of metals, phenol, effluents, and receiving waters by root elongation in *Lactuca sativa* L. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Estados Unidos, v. 149, n. December 2017, p. 225–232, 2018.

MAHMOUD, E. S. A.; HASSANIN, M. A.; BORHAM, T. I.; EMARA, E. I. R. Tolerance of some sugar beet varieties to water stress. **Agricultural Water Management**, Holanda, v. 201, n. January, p. 144–151, 2018. Disponível em:
<<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.024>>

MAIA, C. M. B. F.; MADARI, B. E.; NOVOTNY, E. H. Advances in Biochar Research in Brazil. **Dynamic Soil, Dynamic Plant**, Reino Unido, p. 53–58, 2011. Disponível em:
<<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/915016/1/AdvancesinBiocharResearchinBrazil.pdf>>

MELO, C. A.; JUNIOR, F. H. S.; BISINOTI, M. C.; MOREIRA, A. B.; FERREIRA, O. P. Transforming Sugarcane Bagasse and Vinasse Wastes into Hydrochar in the Presence of Phosphoric Acid: An Evaluation of Nutrient Contents and Structural Properties. **Waste and Biomass Valorization**, Holanda, v. 8, n. 4, p. 1139–1151, 2017.

MELO, T. M.; BOTTLINGER, M.; SCHULZ, E.; MOZENA, W.; MENEZES, A.; FILHO, D. A.; WANG, H.; SIK, Y. Plant and soil responses to hydrothermally converted sewage sludge (sewchar). **Chemosphere**, Reino Unido, v. 206, p. 338–349, 2018.

MORAES, J. F. V.; RABELO, N. A. **Um Método Simples Para a Digestão De Amostras De Plantas**, EMBRAP-CNPAF, 1986.

MUMME, J.; ECKERVOGT, L.; PIELERT, J.; DIAKITÉ, M.; RUPP, F.; KERN, J. Hydrothermal carbonization of anaerobically digested maize silage. **Bioresource Technology**, Holanda, v. 102, n. 19, p. 9255–9260, 2011. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2011.06.099>>

OECD. Terrestrial Plants, Growth Test. **Guidelines for the Testing of Chemicals, Terrestrial Plant Test Seedling Emergence and Seedling Growth Test**, França, n. April, p. 6, 1984.

OH, T. K.; SHINOBI, Y.; CHIKUSHI, J.; LEE, Y. H.; CHOI, B. Effect of Aqueous Extract of Biochar on Germination and Seedling Growth of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University**, Japão, v. 57, n. 1, p. 55–60, 2012.

OLDFIELD, T. L.; SIKIRICA, N.; MONDINI, C.; LÓPEZ, G.; KUIKMAN, P. J.; HOLDEN, N. M. Biochar, compost and biochar-compost blend as options to recover nutrients and sequester carbon. **Journal of Environmental Management**, Reino Unido, v. 218, p. 465–476, 2018.

PANDIT, N. R.; MULDER, J.; HALE, S. E.; MARTINSEN, V.; SCHMIDT, H. P.; CORNELISSEN, G. Biochar improves maize growth by alleviation of nutrient stress in a moderately acidic low-input Nepalese soil. **Science of the Total Environment**,

Holanda, v. 625, p. 1380–1389, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.022>>

PARFITT, R. L.; GILTRAP, D. J.; WHITTON, J. S. Contribution of organic matter and clay minerals to the cation exchange capacity of soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Estados Unidos, v. 26, n. 9–10, p. 1343–1355, 1995.

PETERSON, A. A.; VOGEL, F.; LACHANCE, R. P.; FRÖLING, M.; ANTAL, JR., M. J.; TESTER, J. W. Thermochemical biofuel production in hydrothermal media: A review of sub- and supercritical water technologies. **Energy & Environmental Science**, Reino Unido, v. 1, n. 1, p. 32, 2008. Disponível em: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=b810100k>>

POERSCHMANN, J.; WEINER, B.; WEDWITSCHKA, H.; ZEHNSDORF, A.; KOEHLER, R.; KOPINKE, F. D. Characterization of biochars and dissolved organic matter phases obtained upon hydrothermal carbonization of *Elodea nuttallii*. **Bioresource Technology**, Holanda, v. 189, p. 145–153, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.03.146>>

POWER, P. P.; WOODS, W. G. The chemistry of boron and its speciation in plants. **Plant and Soil**, Holanda, v. 193, n. 1–2, p. 1–13, 1997.

PRASAD, M.; TZORTZAKIS, N.; MCDANIEL, N. Chemical characterization of biochar and assessment of the nutrient dynamics by means of preliminary plant growth tests. **Journal of Environmental Management**, Reino Unido, v. 216, p. 89–95, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.020>>

REIBE, K.; GÖTZ, K. P.; ROSS, C. L.; DÖRING, T. F.; ELLMER, F.; RUESS, L. Impact of quality and quantity of biochar and hydrochar on soil Collembola and growth of spring wheat. **Soil Biology and Biochemistry**, Reino Unido, v. 83, p. 84–87, 2015.

RILLIG, M. C.; WAGNER, M.; SALEM, M.; ANTUNES, P. M.; GEORGE, C.; RAMKE, H. G.; TITIRICI, M. M.; ANTONIETTI, M. Material derived from hydrothermal carbonization: Effects on plant growth and arbuscular mycorrhiza. **Applied Soil Ecology**, Holanda, v. 45, n. 3, p. 238–242, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.04.011>>

ROQUETTI, D. CTIA – MAPA CÂMARA TEMÁTICA DE INSUMOS AGROPECUÁRIOS 89ª REUNIÃO FERTILIZANTES (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A DIFUSÃO DE ADUBOS). In: FERTILIZANTES 2017, Brasília. **Anais...** Brasília: Associação Nacional para a Difusão de Adubos, 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/insumos-agropecuarios/2017/89a-ro/app_davi-89a_ctia_17_04_2017_vf_89ro_insumos.pdf>

SADEGHIAN, S. Y.; YAVARI, N. Effect of water-deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Alemanha, v. 190, n. 2, p. 138–144, 2004.

SAGARDOY, R.; VÁZQUEZ, S.; FLOREZ-SARASA, I. D.; ALBACETE, A.; RIBAS-CARBÓ, M.; FLEXAS, J.; ABADÍA, J.; MORALES, F. Stomatal and

mesophyll conductances to CO₂ are the main limitations to photosynthesis in sugar beet (*Beta vulgaris*) plants grown with excess zinc. **New Phytologist**, Reino Unido, v. 187, n. 1, p. 145–158, 2010.

SANTANA, A.; BISINOTI, M.; MELO, C.; FERREIRA, O.; MOREIRA, A. Disponibilidade De Nutrientes E Carbono Orgânico Em Solos Contendo Carvão Hidrotérmico Lavado E Não Lavado E Comparação Com Solos Antropogênicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 262–272, 2019.

SANTANA, A. M. **Liberção de nutrientes de carvão hidrotérmico em latossolo e argissolo : comparação com solos antropogênicos**. 2019. Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, 2019.

SCHIMMELPFENNIG, S. **Carbon sequestration in temperate grassland soil -Risks and opportunities of biochar and hydrochar**. 2015. Justus Liebig University Giessen, Alemanha, 2015.

SEVILLA, M.; MACIÁ-AGULLÓ, J. A.; FUERTES, A. B. Hydrothermal carbonization of biomass as a route for the sequestration of CO₂: Chemical and structural properties of the carbonized products. **Biomass and Bioenergy**, Washington, v. 35, n. 7, p. 3152–3159, 2011.

SILVA, A. R.; DE DIAS, M. S.; LEITE, F. P. Propriedades físicas e mecânicas de latossolos em diferentes manejos florestais. **Ciencia e Agrotecnologia**, Brasil, v. 34, n. 6, p. 1483–1491, 2010.

SILVA, C. C.; MELO, C. A.; SOARES JUNIOR, F. H.; MOREIRA, A. B.; FERREIRA, O. P.; BISINOTI, M. C. Effect of the reaction medium on the immobilization of nutrients in hydrochars obtained using sugarcane industry residues. **Bioresource Technology**, Holanda, v. 237, p. 213–221, 2017.

SILVA, D. R. G.; LOPES, A. S. **Princípios Básicos Para Formulação E Mistura De Fertilizantes** Editora UFLA. Minas Gerais.

SIMMONS, K. U. E. **Soil Sampling**, United States Environmental Protection Agency, 2014.

SINGH, P.; DWIVEDI, P. Micronutrients zinc and boron enhance stevioside content in *Stevia rebaudiana* plants while maintaining genetic fidelity. **Industrial Crops and Products**, Holanda, v. 140, n. January, p. 111646, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111646>>

SOARES, J. C. W. **Matéria orgânica de um argissolo vermelho distrófico úmbrico após a introdução de fitofisionomias antrópicas**. 2011. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2011.

STEINBEISS, S.; GLEIXNER, G.; ANTONIETTI, M. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. **Soil Biology and Biochemistry**, Reino Unido, v. 41, n. 6, p. 1301–1310, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.03.016>>

SUN, J.; DROSOS, M.; MAZZEI, P.; SAVY, D.; TODISCO, D.; VINCI, G.; PAN, G.; PICCOLO, A. The molecular properties of biochar carbon released in dilute acidic solution and its effects on maize seed germination. **Science of the Total Environment**, Holanda, v. 576, n. September, p. 858–867, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.095>>

TAN, Z.; LIN, C. S. K.; JI, X.; RAINEY, T. J. Returning biochar to fields: A review. **Applied Soil Ecology**, Holanda, v. 116, n. March, p. 1–11, 2017.

TASCA, A. L.; PUCCINI, M.; GORI, R.; CORSI, I.; GALLETI, A. M. R.; VITOLO, S. Hydrothermal carbonization of sewage sludge: A critical analysis of process severity, hydrochar properties and environmental implications. **Waste Management**, Reino Unido, v. 93, p. 1–13, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.05.027>>

TASKIN, E.; DE CASTRO BUENO, C.; ALLEGRETTA, I.; TERZANO, R.; ROSA, A. H.; LOFFREDO, E. Multianalytical characterization of biochar and hydrochar produced from waste biomasses for environmental and agricultural applications. **Chemosphere**, Reino Unido, v. 233, p. 422–430, 2019.

TAVASOLI, A.; ASLAN, M.; SALIMI, M.; BALOU, S.; PIRBAZARI, S. M.; HASHEMI, H.; KOHANSAL, K. Influence of the blend nickel/porous hydrothermal carbon and cattle manure hydrochar catalyst on the hydrothermal gasification of cattle manure for H₂ production. **Energy Conversion and Management**, Reino Unido, v. 173, n. April, p. 15–28, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.07.061>>

TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. As terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. **EMBRAPA Amazônia Ocidental**, Amazônia, p. 420, 2009. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/684554>>

TITIRICI, M.-M.; WHITE, R. J.; FALCO, C.; SEVILLA, M. Black perspectives for a green future: hydrothermal carbons for environment protection and energy storage. **Energy & Environmental Science**, Reino Unido, v. 5, n. 5, p. 6796, 2012. Disponível em: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=c2ee21166a>>

TRANI, P. E.; TIVELLI, W. S. **Calagem e adubação da beterraba** Instituto Agrônômico. Campinas: Instituto Agrônômico, 2013.

TRINDADE, E. F. da S.; RODRIGUES, T. E.; CARVALHO, E. J. M.; CORRÊA, P. C. S. **Matéria orgânica e atributos físicos de um argissolo amarelo distrófico no nordeste paraense**. 2009. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2009.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. METHOD 9045D SOIL AND WASTE pH. **United States Environmental Protection Agency**, Estados Unidos, n. 3, p. 1–21, 2004.

WANG, C.; WANG, Y.; HERATH, H. M. S. K. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in biochar – Their formation, occurrence and analysis: A review. **Organic Geochemistry**, Reino Unido, v. 114, p. 1–11, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2017.09.001>>

WANG, M.; WANG, J. J.; WANG, X. Effect of KOH-enhanced biochar on increasing soil plant-available silicon. **Geoderma**, Holanda, v. 321, n. January, p. 22–31, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.02.001>>

WANG, T.; ZHAI, Y.; ZHU, Y.; LI, C.; ZENG, G. A review of the hydrothermal carbonization of biomass waste for hydrochar formation: Process conditions, fundamentals, and physicochemical properties. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Reino Unido, v. 90, n. December 2016, p. 223–247, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.071>>

WU, H.; DONG, X.; LIU, H. Evaluating fluorescent dissolved organic matter released from wetland-plant derived biochar: Effects of extracting solutions. **Chemosphere**, Reino Unido, v. 212, p. 638–644, 2018.

YUAN, S.; TAN, Z.; HUANG, Q. Migration and transformation mechanism of nitrogen in the biomass–biochar–plant transport process. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Reino Unido, v. 85, n. June 2017, p. 1–13, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.01.008>>