



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS II-UEPB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE BACHARELADO EM AGROECOLOGIA**

BEATRIZ GOMES DA SILVA

**BIOCARVÃO NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO NO
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PIMENTÃO VERDE**

**Lagoa Seca-PB
2024**

BEATRIZ GOMES DA SILVA

**BIOCARVÃO NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO NO
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PIMENTÃO VERDE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Agroecologia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Messias Firmino de Queiroz.

**Lagoa Seca-PB
2024**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586b Silva, Beatriz Gomes da.

Biocarvão nas características químicas do solo no crescimento e produção de pimentão verde [manuscrito] / Beatriz Gomes da Silva. - 2024.

28 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Messias Firmino de Queiroz, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais".

1. Capsicum annum L.. 2. Cama de aviário. 3. Adubo orgânico. 4. Produtividade de pimentão. I. Título

21. ed. CDD 631.8

BEATRIZ GOMES DA SILVA

**BIOCARVÃO NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO NO
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PIMENTÃO VERDE**

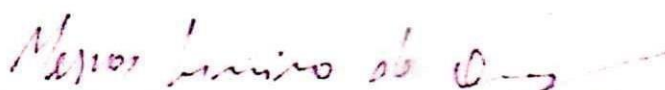
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Agroecologia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agroecologia.

Área de Concentração: Fertilidade do Solo e Adubação

Orientador: Prof. Dr. Messias Firmino de Queiroz.

Aprovado em: 16/10/2024.

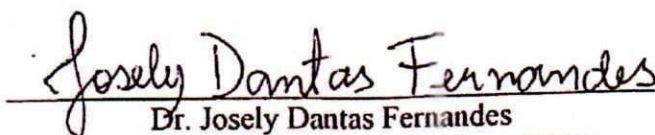
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Messias Firmino de Queiroz (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Fábio Agra de Medeiros Nápoles
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Dr. Josely Dantas Fernandes
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Ao meus irmãos e sobrinhos, pela dedicação,
companheirismo e amizade, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, a UEPB, pois estou realizando meu sonho de se formar em Agroecologia. Esses conhecimentos moldaram e aprimoraram a minha carreira acadêmica e contribuirão para a minha vida profissional.

Dedico aos meus parentes e familiares, pela compreensão e carinho.

A minha mãe (*in memoriam*), embora fisicamente ausente, sentia sua presença ao meu lado, dando-me força.

Aos professores do curso de graduação em Agroecologia da UEPB, em especial, Élide Barbosa Corrêa, Messias Firmino de Queiroz, Fábio Agra de Medeiros Nápoles, Mário Sérgio de Araújo, Camila Firmino de Azevedo e Márcia Rejane de Azevedo e demais docentes, que contribuíram ao longo do Curso de Agroecologia, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço em especial ao meu Orientador do Projeto de Pibic, Dr. Josely Dantas Fernandes e família, que sempre me incentivou, contribuiu muito para o desenvolvimento do experimento e também para a minha formação acadêmica na Instituição .

Aos funcionários do CCAA da UEPB, Amanda de Melo, Yuri Mendes e Antônio Fernandes pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Aos colegas de classe pelos momentos de amizade e apoio.

“ Se és uma mulher forte
Se proteja com palavras e árvores
E invoca a memória de mulheres antigas...
Ampara, mas tem ampara primeiro
Guarda às distâncias
Te constrói. Te cuida.”

(Gioconda Belli, Nicarágua, 1948)

RESUMO

A cama de aviário é um resíduo gerado pelo setor avícola que poderá ser convertido em biocarvão, um promissor adubo orgânico. Sendo assim, teve-se como objetivo, avaliar a influência de um biocarvão de cama de aviário (BCA), produzido em forno do tipo “tambor duplo”, nas propriedades químicas do solo e no crescimento e produção de pimentão verde. Para tal, montou-se dois experimentos, no primeiro, avaliou-se a influência do BCA nas propriedades químicas do solo através de ensaio de incubação utilizando as doses 0, 3, 6, 9 e 12 t ha⁻¹. Já no segundo, avaliou-se a influência destas mesmas doses, mais uma adubação mineral, no crescimento e produção do pimentão. As variáveis analisadas foram: No experimento I a fertilidade do solo e no Experimento II: Altura da planta, diâmetro caulinar, massa seca da planta inteira, área foliar e produtividade. O BCA influenciou significativamente o pH, a acidez potencial e os teores de matéria orgânica, sódio e potássio do solo, como também, todas as variáveis de crescimento e produção, cuja maior produtividade foi de 10,59 t ha⁻¹ aplicando 7,73 t ha⁻¹ de BCA.

Palavras-Chave: *Capsicum annuum L; cama de aviário; adubo orgânico; produtividade.*

ABSTRACT

Broiler litter is waste generated by the poultry sector that can be converted into biochar, a promising organic fertilizer. Therefore, the objective was to evaluate the influence of poultry litter biochar (BCA), produced in a “double drum” type oven, on the chemical properties of the soil and on the growth and production of green peppers. To this end, two experiments were set up, in the first, the influence of BCA on the chemical properties of the soil was evaluated through an incubation test using doses 0, 3, 6, 9 and 12 t ha⁻¹. In the second, the influence of these same doses, plus mineral fertilization, on the growth and production of peppers was evaluated. The variables analyzed were: In Experiment I, soil fertility and in Experiment II: Plant height, stem diameter, dry mass of the entire plant, leaf area and productivity. BCA significantly influenced the pH, potential acidity and organic matter, sodium and potassium contents of the soil, as well as all growth and production variables, whose highest productivity was 10.59 t ha⁻¹ applying 7.73 t ha⁻¹ of BCA.

Keywords: *Capsicum annuum* L, broiler litter, organic matter, productivity.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Forno do tipo “tambor duplo” (A), recipiente de 20L (B) e termômetro (C). **15**
- Figura 2** Tutoramento e cobertura morta utilizada na condução do experimento. **17**
- Figura 3** Composição química do solo após período de incubação com diferentes doses **19** de biocarvão de cama de aviário.
- Figura 4** Altura da planta, diâmetro caulinar, matéria seca da planta inteira, área **22** foliar total e produtividade em função das diferentes doses de BCA e da adubação mineral. Barras verticais representam o erro padrão.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** Caracterização química da cama de aviário (CA) e do biocarvão de cama de aviário (BCA) pirolisado em forno do tipo “Tambor”. **15**
- Tabela 2** Resumo da análise de variância relacionada ao potencial hidrogeniônico (pH), acidez potencial (H+Al), matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K) e capacidade de troca catiônica (CEC) do solo incubado com diferentes doses de biocarvão aplicadas. **18**
- Tabela 3** Resumo da análise de variância para altura da planta (ALT), diâmetro caulinar (DIA), matéria seca da planta inteira (MSECA), área foliar total (AFT) e produtividade (PROD) de frutos de pimentão verde em função da aplicação de diferentes doses de BCA, como também, dos contrastes para doses de biocarvão versus o tratamento adubação mineral. **19**

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2. | REVISÃO DE LITERATURA | 12 |
| 2.1 | Pimentão (<i>Capsicum annuum</i> L.)..... | 13 |
| 2.2 | Cama de Aviário (CA) | 13 |
| 2.3 | Biocarvão (BCA)..... | 13 |
| 3. | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 14 |
| 3.1 | Caracterização da área experimental | 14 |
| 3.2 | Preparo e caracterização do biocarvão de cama de aviário (BCA)..... | 14 |
| 3.3 | Influência do BCA na fertilidade do solo (experimento I) | 15 |
| 3.4 | 3.4 Crescimento e produção do pimentão verde adubado com BCA 16 | |
| | (experimento II)..... | |
| 3.4.1 | <i>Delineamento Experimental</i> | 16 |
| 3.4.2 | <i>Instalação e condução do experimento</i> | 16 |
| 3.4.3 | <i>Variáveis Agronômicas de crescimento e produção</i> | 18 |
| 3.4.4 | <i>Análises estatísticas</i> | 18 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| 4.1 | Influência do BCA na fertilidade do solo..... | 18 |
| 4.2 | Crescimento e produção do pimentão verde adubado com BCA..... | 20 |
| 5. | CONCLUSÕES | 23 |
| 6. | REFERÊNCIAS | 23 |

1 INTRODUÇÃO

Por ser um dos principais países produtor de aves, o Brasil tem uma fonte abundante de material orgânico, a cama de aviário. Contudo, não tem sido utilizada de forma otimizada pelos agricultores. Uma alternativa para restaurar a fertilidade da terra e, ao mesmo tempo, reduzir o uso de fertilizantes químicos é transformar a cama de aviário em biocarvão através do processo chamado pirólise (GUERRA et al.; 2014).

No estado da Paraíba, devido à importância econômica da avicultura, uma considerável quantidade de resíduo (cama de aviário) é gerada. Este resíduo pode ser reciclado por compostagem ou por incorporação direta ao solo, no entanto, estas práticas podem resultar em uma rápida decomposição e liberação de nutrientes, emissões de gases de efeito estufa (CO₂) e a necessidade de adições anuais de material orgânico ao solo para manter a fertilidade (Severino et al., 2005). Uma abordagem alternativa que pode ser mais sustentável é a conversão de resíduos em biocarvão e, em seguida, utilizá-lo como condicionador de solo (Kamara et al., 2015).

O biocarvão é um condicionador de solo estável. Pode durar muito tempo no solo, por isso tem sido utilizado para melhorar as propriedades físico-químicas do solo (MENDES et al., 2021). O tratamento com biochar em terras agrícolas pode aumentar o conteúdo de P, K, a atividade microbiana e a qualidade do solo e pode ajudar a reduzir a lixiviação de nitrogênio para as águas subterrâneas e reduzir os custos de fertilizantes (ZHANG et al., 2016). A produção sustentável de biocarvão ocorre com o processo de pirólise em baixa concentração de O₂ e em temperaturas, superiores de 450 °C (ZHU et al.; 2018).

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família das solanáceas, é uma das hortaliças mais importantes do mercado brasileiro, tanto em valor quanto em volume comercializado (SOUZA et al., 2018). Esta hortaliça possui alto valor nutricional, sendo rico em vitamina E e C, esta última atua como antioxidante e é encontrada em altos teores, chega a 1,5 g por 100 g de massa seca, contém, ainda, em sua composição, vitaminas A, B1 e B2 e minerais como o Ca, Fe e P, além de uma baixa quantidade de proteínas e calorias (FILGUEIRA, 2013). É consumida na forma de frutos verdes, maduros e industrializados na forma de pó (SILVA et al., 2014).

No Brejo Paraibano, a cultivar Yolo Wonder (verde) é a mais cultivada, possuindo alta aceitabilidade e valor de mercado. Embora a própria cama de aviário tenha sido usada

como fertilizante orgânico, na literatura são escassos os trabalhos relacionando o cultivo de pimentão com doses de biocarvão de cama de aviário. Sendo assim, esforços para aumentar a

produção do pimentão em solos de baixa fertilidade com o uso de biocarvão, incrementando a renda do agricultor, são sempre importantes.

O pimentão é muito exigente quanto às características químicas e físicas do solo, com boa resposta à adubação, obtendo considerável rendimento quando cultivada com a combinação de fertilizantes orgânicos e minerais (Sediyama et al., 2009). Um dos principais obstáculos para o cultivo do pimentão é o declínio da fertilidade do solo devido ao uso intensivo da terra sem o esforço de devolução do material orgânico. Portanto, os esforços para restaurar a fertilidade do solo com matéria orgânica são essenciais no cultivo do pimentão.

O uso de biocarvão para melhorar as propriedades físico-químicas do solo e a produtividade das colheitas atraiu o interesse de pesquisadores, formuladores de políticas e agricultores em todo o mundo, estando recentemente no centro de várias pesquisas.

De acordo com o exposto, objetivou-se com a realização deste estudo avaliar a influência de um biocarvão de cama de aviário, produzido em forno do tipo “tambor duplo”, nas propriedades químicas do solo e no crescimento e produção de pimentão verde.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pimentão (*Capsicum annuum* L.)

De baixa caloria e fonte de vitaminas e sais minerais, a hortaliça pode ser consumida tanto verde quanto madura. Espécie semiperene, o pimentão pertence à família Solanáceas, a mesma da batata, tomate, jiló, berinjela e das pimentas em geral. Seu cultivo está disseminado na maior parte do país, como os Estados de Minas Gerais e São Paulo (MATHIAS et al. ; RESENDE et al.; 2013).

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma das principais hortaliças do Brasil, assim como está entre as hortaliças com maiores níveis de utilização de agroquímicos em todas as fases de produção. Considera-se a produção orgânica uma alternativa para a redução, desses índices de contaminação. A Agricultura orgânica ser destacando pela questão de devolver os nutrientes essenciais para o solo, ou seja, é a principal na produção de orgânicos (SILVA et al.; 2017).

É cultivado em diferentes regiões do mundo tendo alto valor agregado, na importância econômica tanto no exterior como no Brasil. Colocando-se entre as hortaliças mais consumidas no país, está entre as dez no território brasileiro. A nutrição de plantas com utilização de adubo de baixo custo, vem crescendo, devido à procura por alimentos orgânicos de boa qualidade (CARMO et al.; 2004).

2.2 Cama de Aviário (CA)

A cama de aviário, material distribuído em um galpão para servir de ninho para os animais, é um adubo orgânico que se utilizado inadequadamente na agricultura, poderá ocasionar eutrofização das águas superficiais e contaminação de lençóis freáticos entre outros. O biocarvão (BCA) de cama de aviário (CA) de baixo custo, bem como fácil obtenção, torna-se um substrato com elevada potencialidade, para produção de culturas e crescimento destes, comparadas aos estudos de outros insumos como os agrotóxicos minerais, este substrato é um produto totalmente orgânico. O crescimento das plantas é a produção agrícola com aplicação de biocarvão e os efeitos ao longo de suas aplicações dependente de suas quantidades e impactos do biochar no crescimento e desenvolvimento da cultura em si(SILVA,2010; HASSAN,2020.).

2.3 Biocarvão (BCA)

Uma forma de minimizar tais problemas é converter a cama de aviário em Biochar, por um processo chamado pirólise. É similar ao carvão que possui propriedades relevantes, entre elas, que seria a grande estabilidade no perfil do solo, é o fator esponjas, que se dá pelos seus inúmeros vasilhinhos internos, que ajuda ao uso de resíduos vegetais de estruturas de alta aceitabilidade e funcionalização e permanência do logo do tempo no solo, como alternativa para melhorar a qualidade do solo e manutenção do carbono (MAIA et al.;2015; SOUSA et al.;2024).

A sua adição tem contribuído para as melhorias físicas, químicas e biológicas. Com o aumento de retenção de água, disponibilidade de nutrientes, aumento nos teores de fósforo disponível, somado aos desenvolvimento de microrganismos no solo. O biocarvão pode ser produzido em uma escala que varia de grandes instalações industriais à fazenda individuais, pois é um resíduo sólido formado na pirólise da biomassa (TORRES et al.;2020; MARU et

al.;2015).

A composição química e estrutural do biocarvão é altamente heterogênea, com o pH é normalmente de 6 à 7 nas doses. Algumas propriedades estão presentes em todos os biocarvões, incluindo alto teor de potássio, carbono, sódio, acidez potencial e matéria orgânica. Contudo, a composição química é estrutural exata da combinação da matéria-prima das condições de pirólise (CHAN et al.; 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo na área experimental pertencente ao DAA/CCAA, Campus II da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Segundo a classificação climática de

Koppen, o clima da região é do tipo tropical chuvoso, com estação seca no verão (DINIZ et al., 2014). Amostras de solo foram coletadas e encaminhadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade LIS/UFPA para caracterização química (DONAGEMMA et al., 2011), cujos resultados foram: pH = 6,25; P = 9,3 mg dm⁻³; matéria orgânica = 12,45 g dm⁻³. E em Cmolc dm⁻³: Ca = 2,77; Mg = 1,50; Na = 0,06; K = 0,33; H + Al = 1,33 e CTC = 5,99. A densidade aparente do solo é 1,3 kg dm⁻³.

3.2 Preparo e caracterização do biocarvão de cama de aviário (BCA)

O BCA foi produzido co CCAA utilizando forno artesanal do tipo “tambor duplo” (Figura 1) (GUERRA, 2014). Para o processo de pirólise, utilizou-se recipientes de ferro de 20 L onde foram acomodados a cama de aviário (Figura 1B), termômetro para acompanhar a variação da temperatura no interior do forno (Figura 1C) e lenha de sabiá (Mimosa caesalpinifolia Benth) para a queima.



Figura 1. Forno do tipo “tambor duplo” (A), recipiente de 20L (B) e termômetro (C).
Fonte: FERNANDES & SILVA, 2021.

Durante a pirólise, 95,84% do tempo de queima manteve-se acima de 300 °C, cuja temperatura média correspondeu a 492,5 °C. Ao final do processo, amostras da cama de aviário e do BCA foram caracterizadas quimicamente (Tabela 1) conforme BRASIL (2014).

Tabela 1 – Caracterização química da cama de aviário (CA) e do biocarvão de cama de aviário (BCA) pirolisado em forno do tipo “Tambor”.

| Sub. | pH | U | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Ca | Mg | C | C/N |
|-------------|------|-----|-----|-------------------------------|------------------|-----|-----|------|------|
| -----%----- | | | | | | | | | |
| CA | 8,6 | 7,7 | 1,3 | 1,7 | 1,1 | 4,9 | 0,4 | 11,5 | 8,6 |
| BCA | 12,0 | 1,6 | 0,4 | 2,6 | 1,9 | 7,3 | 0,6 | 12,3 | 31,5 |

Sub.= Substrato; U = Teor de umidade

3.3 Influência do BCA na fertilidade do solo (experimento I)

Para avaliar o efeito do BCA nas propriedades químicas do solo, utilizou-se o método de incubação, onde amostras de solo de 1,0 kg foram colocadas em sacos plásticos (parcelas experimentais) e misturadas com os seguintes quantitativos de BCA: 0; 1,15; 2,30; 3,45 e 4,60

g, correspondentes a 0; 3,0; 6,0; 9,0 e 12,0 t ha⁻¹, respectivamente. A incubação durou 100 dias com a umidade próxima a 60% da capacidade de campo. Ao término do experimento,

amostras de solo de cada parcela foram coletadas e caracterizadas quimicamente (DONAGEMMA et al., 2011). O experimento de incubação foi conduzido utilizando o delineamento inteiramente casualizado com três repetições.

3.4 Crescimento e produção do pimentão verde adubado com BCA (experimento II)

3.4.1 Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em blocos casualizados (DBC) com seis tratamentos, sendo cinco doses de biocarvão (0; 3,0; 6,0; 9,0 e 12,0 t ha⁻¹ o que correspondeu a uma aplicação de 0; 34,61; 69,22; 103,83 e 138,44 g planta⁻¹) e uma adubação mineral (Em fundação: 30, 120 e 20 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e em cobertura: 90 e 20 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, na forma de sulfato de amônio, superfostato simples e cloreto de potássio), com três repetições. Para evitar o uso direto na área, as plantas adubadas com a adubação mineral foram plantadas em recipientes plásticos de 20L. A cultura utilizada no experimento foi o pimentão Yolo Wonder (pimentão verde). Cada parcela foi constituída por três plantas.

3.4.2 Instalação e condução do experimento

As mudas de pimentão forão preparadas em bandejas de isopor com o substrato húmus de minhoca. O plantio foi realizado no espaçamento de 1,0 m x 0,45 m em leirões de 8,1 m de comprimento, 0,4 m de altura e distanciadas 1,0 m entre si. Quando as mudas apresentaram seis folhas definitivas, realizou-se o desbaste deixando-se 1 planta por cova.

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento, um gotejador por planta, modelo Katif, com vazão unitária de 3,75 L h⁻¹. A lâmina de irrigação foi aplicada com frequência diária, com quantificação a partir de leituras de evaporação do Tanque Classe A e das precipitações no período, adotando-se um coeficiente de tanque (Kp) igual a 0,75 (DOORENBOS e PRUITT, 1977). Para o cálculo da ET_c, utilizou-se a equação aplicada para sistema de irrigação localizado (PIZARRO, 1996).

Durante a condução do experimento, todos os tratamentos foram irrigados com a mesma lâmina (100% da ETc).

A fim de auxiliar na sustentação das plantas, montou-se um sistema de tutoramento, amarrando a planta a um piquete instalado ao lado da mesma (Figura 2). A fim de manter a umidade do solo, aplicou-se uma cobertura morta de bagaço de cana-de-açúcar (Figura 2).

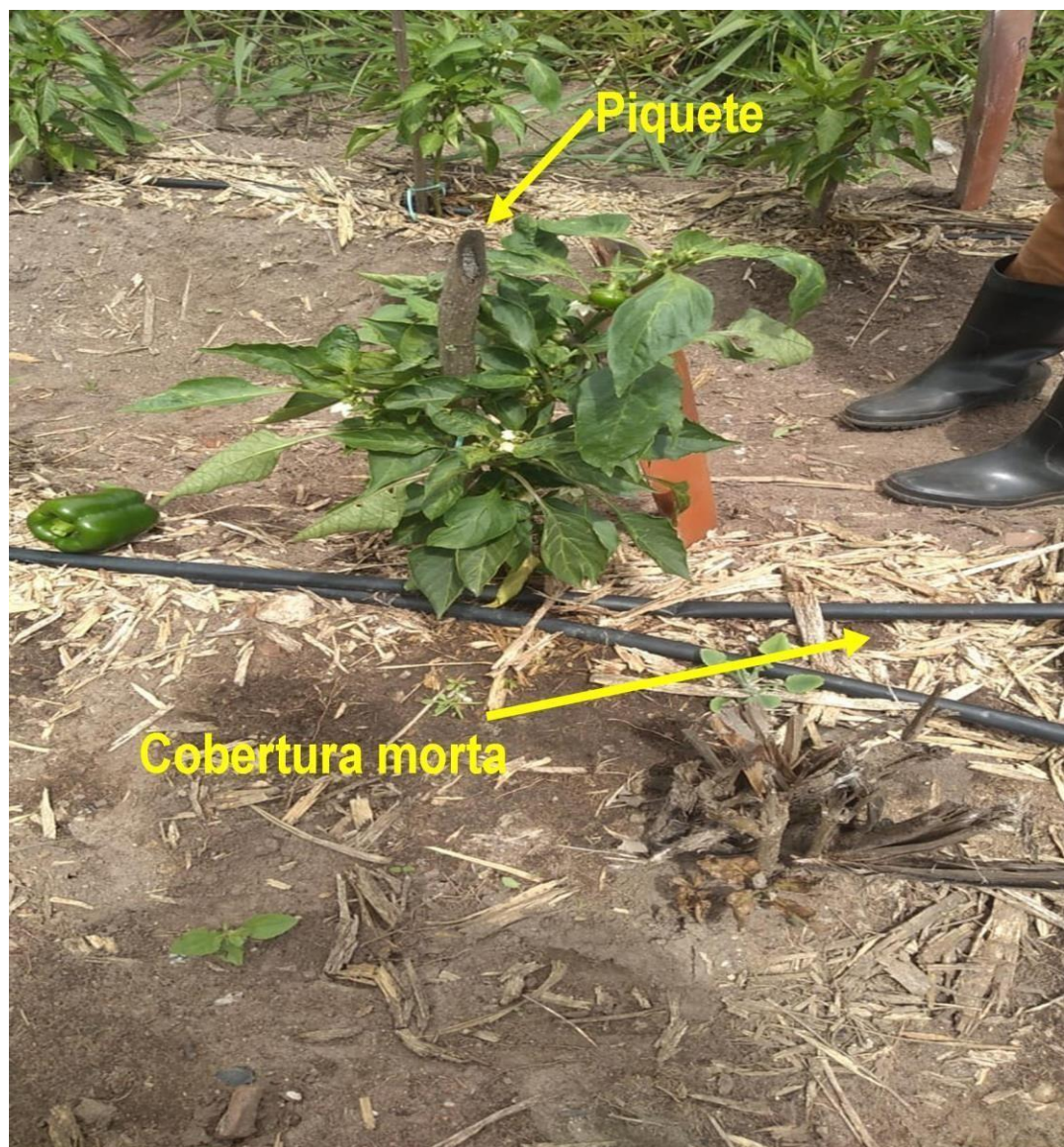


Figura 2. Tutoramento e cobertura morta utilizada na condução do experimento.

A cultura foi mantida livre de ervas invasoras, por meio de capinas realizadas com uso da enxada manual. Para o controle de pragas e doenças, aplicou-se óleo de neem diluído a 5% em água e aplicado via pulverização foliar.

3.4.3 Variáveis Agronômicas de crescimento e produção

Considerando apenas uma planta útil por parcela, avaliou-se: A altura da planta medindo-se a distância vertical entre a superfície do solo e o ápice da planta, utilizando-se régua graduada; diâmetro caulinar com auxílio de um paquímetro digital, na altura do solo; área foliar através da equação de Tivelli et al. (1997); matéria seca da planta inteira (menos raízes) e a produtividade de frutos. Todas as variáveis foram determinadas durante o surgimento da última frutificação.

3.4.4 Análises estatísticas

Uma vez atendidos os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias pelos testes de Shapiro-Wilk e Cochran e Bartlett, respectivamente, os resultados obtidos para fertilidade do solo, crescimento e produção do pimentão foram submetidos à análise de variância e de regressão. Os contrastes (doses de biocarvão versus o tratamento adubação mineral) entre as médias foram avaliados pelo teste "F" (5 % de probabilidade) e comparadas pelo teste t. Os dados de fósforo no solo não seguiram as pressuposições dos testes para serem submetidos à ANOVA, portanto as médias foram comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis. O software estatístico utilizado neste trabalho foi o SISVAR 5.4 (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Influência do BCA na fertilidade do solo

O solo, após incubação com o BCA, apresentou alteração na sua composição química. O BCA influenciou a nível de 1% o potencial hidrogeniônico pH, sódio (Na), potássio (K) e acidez potencial (H+Al) e a nível de 5% de probabilidade a soma de bases e a capacidade de troca catiônica (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância relacionada ao potencial hidrogeniônico pH, acidez potencial (H+Al), matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K) e capacidade de troca catiônica (CEC) do solo incubado com diferentes doses de biocarvão aplicadas.

| FV | GL | -----Quadrado médio----- | | | | | | | |
|-------|------|--------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| | | pH | MO | Ca | Mg | Na | K | H+AL | CTC |
| Dos | 4 | 0,02** | 13,1 ^{ns} | 9e ^{-4ns} | 0,08 ^{ns} | 2,4e ^{-3**} | 1,0e ^{-2**} | 0,19** | 0,16** |
| Lin | 1 | 0,07** | 0,33 ^{ns} | - | - | 8,9e ^{-3**} | 3,9e ^{-2**} | 0,62** | 0,37** |
| Qua | 1 | 7e ^{-3ns} | 51,2** | - | - | 8,0e ^{-5ns} | 7,0e ^{-5ns} | 0,12** | 1e ^{-3ns} |
| Des | 2 | 1e ^{-3ns} | 0,40 ^{ns} | - | - | 2,9e ^{-4*} | 6,2e ^{-4ns} | 9e ^{-3ns} | 0,14* |
| Erro | 10 | 2e ⁻³ | 4,72 | 0,023 | 0,03 | 4,0e ⁻⁵ | 3,0e ⁻⁴ | 9e ⁻³ | 0,02 |
| CV(%) | | 0,85 | 14,57 | 5,45 | 10,88 | 6,67 | 4,57 | 10,60 | 2,68 |
| MG | 6,33 | g kg ⁻¹ | | | -----cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | |
| | | | 14,91 | 2,79 | 1,59 | 0,09 | 0,41 | 0,91 | 5,80 |

(**, *, ns) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Fonte de variação (FV); Grau de liberdade (GL); Doses (Dos); Linear (Lin); Quadrático (Qua); Desvio (Des) e Coeficiente de variação (CV).

O biocarvão aumentou o pH do solo a uma taxa de 0,0173 unidades para cada tonelada de BCA/ha aplicado (Figura 3A). A reação de neutralização da acidez do solo observado neste estudo corrobora Fernandes et al. (2018).

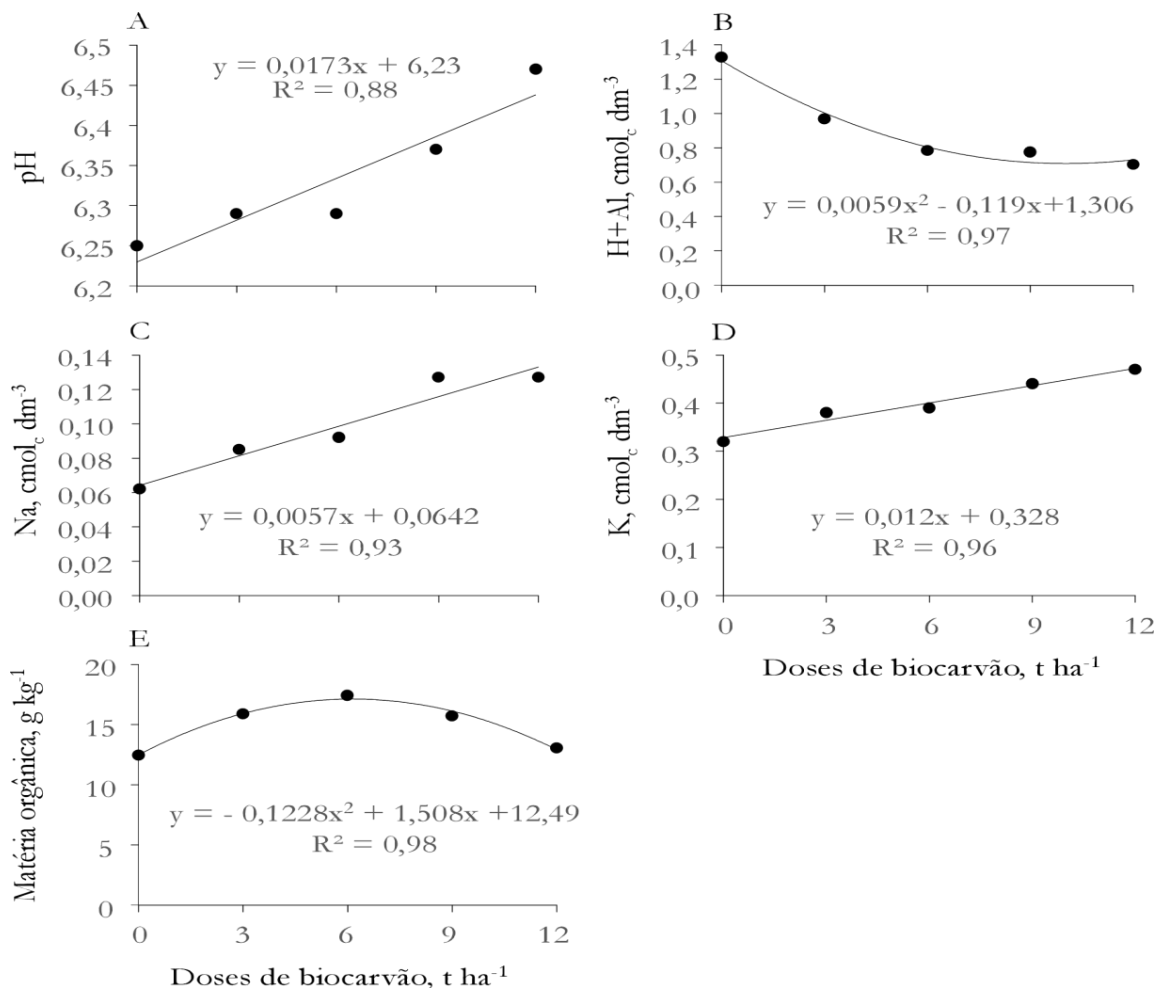


Figura 3. Composição química do solo após período de incubação com diferentes doses de biocarvão de cama de aviário.

Analisando a Figura 3B, percebe-se que houve uma redução da acidez potencial do solo até 0,706 Cmolc dm⁻³ aplicando-se 10,08 t ha⁻¹. Este valor é 45,95% menor quando comparado ao tratamento controle. Segundo Sparks (2003), com o aumento do pH do solo, os cátions provenientes do biocarvão deslocam o alumínio (Al) aumentando o pH do solo e diminuindo a acidez do solo.

Os teores de sódio e potássio aumentaram a uma taxa de 0,0057 e 0,012 Cmolc dm⁻³ para cada tonelada de BCA/ha aplicado, respectivamente, (Figuras 3C e 3D). Mesmo comportamento

não foi observado para os nutrientes Ca e Mg, que não foram influenciados significativamente pelas doses de BCA, discordando de Fernandes et al. (2018). O fósforo, mesmo aplicando o teste não paramétrico de Kruskal Wallis, não foi influenciado pelas doses do biocarvão, apresentando um teor médio de 0,947 mg 100g⁻¹, tal resultado não corrobora Fernandes et al. (2022).

Quanto a capacidade de troca catiônica, apesar de ser influenciada pelas doses de biocarvão (Tabela 2) com tendência de aumento, o resultado não foi apresentado de forma gráfica devido ao baixo valor do coeficiente de determinação (R² = 0,564) obtido com o ajuste do modelo de regressão de primeiro grau.

O teor de carbono do BCA de 12,3%, equivalente a 21,20% de matéria orgânica (MO), contribuiu para que ocorresse incremento da MO do solo, cuja maior média correspondeu a 17,12 g kg⁻¹ com a dose de 6,14 t ha⁻¹. Esta média é 37,02% maior se comparada ao valor observado no tratamento testemunha, ou seja, 12,49 g kg⁻¹ (Figura 3E).

4.2 Crescimento e produção do pimentão verde adubado com BCA

A adubação do pimentão verde com o BCA influenciou significativamente as variáveis de crescimento e produção conforme verificado na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura da planta (ALT), diâmetro caulinar (DIA), matéria seca da planta inteira (MSECA), área foliar total (AFT) e produtividade (PROD) de frutos de pimentão verde em função da aplicação de diferentes doses de BCA, como também, dos contrastes para doses de biocarvão versus o tratamento adubação

mineral

| FV | GL | Quadrado médio | | | | |
|-------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | | ALT | DIA | MSECA | AFT | PROD |
| Tratamento | 5 | 174,7* | 4,35** | 158,40** | 3,4e ^{-3**} | 35,29** |
| Bloco | 2 | 1,25 ^{ns} | 0,013 ^{ns} | 65,32** | 1e ^{-5ns} | 0,05ns |
| Doses | 4 | 120,4* | 3,86** | 129,59* | 2,1e ^{-3**} | 28,61* |
| Linear | 1 | 34,13 ^{ns} | 3,36** | 40,2 ^{ns} | 3e ^{-4ns} | 52,98* |
| Quadrático | 1 | 354,4** | 11,9* | 439,0** | 7,3e ^{-3**} | 55,79* |
| Desvio | 2 | 46,60 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 19,5 ^{ns} | 4e ^{-4ns} | 2,84ns |
| D0 vs Min | 1 | 14,00 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 46,38* | 1e ^{-3*} | 0,29ns |
| D3 vs Min | 1 | 436,3** | 4,44** | 379,89** | 11e ^{-3**} | 51,68* |
| D6 vs Min | 1 | 563,8** | 11,8** | 500,56** | 9e ^{-3**} | 70,86** |
| D9 vs Min | 1 | 230,2* | 8,18** | 140,97** | 5e ^{-3**} | 72,38** |
| D12 vs Min | 1 | 172,4 ^{ns} | 2,27** | 12,42 ^{ns} | 1e ^{-3*} | 48,05* |
| Resíduo | 10 | 40,11 | 0,261 | 4,73 | 2e ⁻⁴ | 5,51 |
| CV(%) | | 14,49 | 5,83 | 8,35 | 13,74 | 33,20 |
| Média geral | | 43,7cm | 8,7mm | 26,05g | 0,101m ² | 7,1tha ⁻¹ |

(**, *, ns) Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F. Fonte de variação (FV); Grau de liberdade (GL); D0, D3, D6, D9 e D12 correspondem as doses de biocarvão aplicadas em t ha⁻¹; Adubação mineral (Min); Coeficiente de variação (CV).

Ainda observando a Tabela 3, verifica-se que as médias de todas as variáveis analisadas ajustaram-se significativamente ao modelo de regressão polinomial de segundo grau com valores de coeficiente de determinação significativos, com exceção da altura da planta, superiores a 0,9.

A maior altura de planta correspondeu a 51,70 cm com a aplicação de 6,55 t ha⁻¹ de BCA (Figura 4A). O pimentão adubado com NPK apresentou uma altura da planta estatisticamente semelhante se comparada aquela que recebeu a aplicação de 0 e 12 t ha⁻¹ de BCA (Tabela 3).

O maior diâmetro caulinar (DC), equivalente a 10,15 mm foi obtido na dose 6,93 t ha⁻¹ de BCA (Figura 4B). Com relação aos contrastes, verifica-se que as plantas que receberam os tratamentos adubação mineral e 0 t ha⁻¹ de BCA apresentaram médias de DC estatisticamente semelhantes entre si (Tabela 3).

As maiores médias de matéria seca da planta inteira, áreas foliar e produtividade corresponderam a 34,37 g, 0,14 m² e 10,59 t ha⁻¹ com a aplicação de 5,46; 5,53 e 7,73 t ha⁻¹ de BCA, respectivamente (Figuras 4C, 4D e 4E). Quanto aos contrastes, verificou-se que a adubação mineral diferiu estatisticamente da dose de 0 e 12 t ha⁻¹ de BCA para produtividade e massa fresca da planta inteira, respectivamente. Já para área foliar, independente da dose aplicada, suas médias foram superiores quando comparadas ao

tratamento adubação mineral (Tabela 3).

Os aumentos verificados até a concentração máxima de BCA podem ser atribuídos à oferta crescente de nutrientes para as plantas, resultando em uma nutrição mais equilibrada das plantas, com consequente aumento do crescimento em altura e produção (LIMA et al., 2019; WISNUBROTO et al., 2017).

O baixo crescimento e produção verificado nas plantas que receberam a adubação mineral pode estar associado a virose, devido à presença de insetos vetores como mosca branca (*B. tabaci*) e pulgões (*M. euphorbiae*). Também verificou-se a presença destes vetores nas plantas que receberam o BCA, porém, com menor incidência da doença. Os principais sintomas observados foram: bronzeamento de folíolos apicais, redução da área foliar, curvatura do ponteiro, presença de anéis cloróticos e necróticos em folhas e frutos, com paralisação do crescimento da planta.

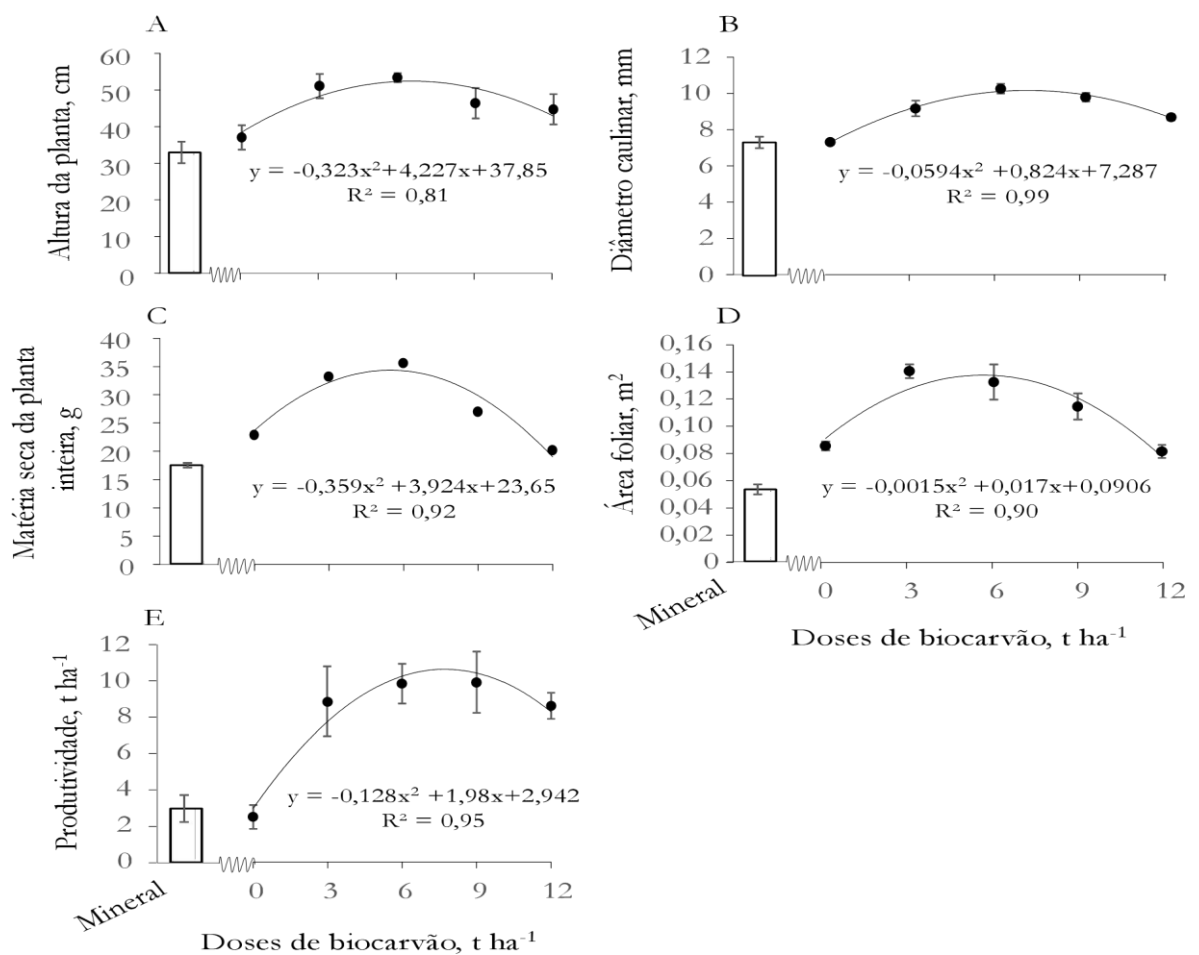


Figura 4. Altura da planta, diâmetro caulinar, matéria seca da planta inteira, área foliar total e produtividade em função das diferentes doses de BCA e da adubação mineral. Barras verticais representam o erro padrão

5. CONCLUSÕES

1. O pH, e os teores de matéria orgânica, sódio e potássio do solo aumentaram em função das doses de biocarvão, comportamento inverso foi observado para acidez potencial;
2. Todas variáveis de crescimento e produção foram influenciadas pela aplicação de BCA, cuja maior produtividade foi de 10,59 t ha⁻¹ na dose 7,73 t ha⁻¹.

6. REFERÊNCIAS

BRASIL. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária Coordenação Geral de Apoio Laboratorial, Murilo Carlos Muniz Veras (Org.)- Brasília: MAPA/SDA/CGAL, 2014. 220p.

CARMO, S.A. **Conservação Pós- Colheita De Pimentão Amarelo ‘ Zarco HS’, 127 f. 2004.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2004.

CARVALHO, W.S. **Pirólise rápido do bagaço, de sorgo sacarino: influência da temperatura de aditivos e de catalisadores.** Universidade Federal de Uberlândia, MG, 2016.

CHAN, K.Y.; VAN, Z. L.; MESZAROS, I.; DOWNIE, A.; JOSEPH, S. **Valores agronômicos do Biochar de Resíduos Verdes como uma Emenda do Solo. Revista Australiana de Pesquisa do Solo.** 45, 629-634. 2007.

CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D.; DANTAS, E. R. B.; GUERRA, H. C.; TITO, G.A.; SILVA, A. A. R.; LAURENTINO, L. G. S.; SOUZA, F. G.; LIMA, W. B.; CHAVES, I. B. **Characterization of poultry litter biochar for agricultural use. Sylwan.** 164, n. 6, p.468487, 2020.

DINIZ, J. M. T.; DANTAS, R. T.; FIDELES FILHO, J. **Variabilidade espaço-temporal da temperatura e difusividade térmica do solo de Lagoa Seca-PB.** Ambiente & Água-an

interdisciplinary Journal of Applied Science. V.9, n.4, p.722-736, 2014.

DONAGEMMA, G.K; CAMPOS, D.V.B. (Org.); CALDERADO FILHO, S. (Org.); TEIXEIRA, W.G. (Org.); VIANA, J.H.M. (Org.); **MANUAL DE MÉTODOS DE ANÁLISE DE SOLO**. 2.ed. Rio de Janeiro; Embrapa, 2011.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. **Guidlines for predicting crop water requirements**. Rome:FAO, 1977. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, E. R. B.; TITO, G. A.; GUERRA, H. C. **Phosphorus availability in soil incubated with biochar: adsorption study**. Revista Caatinga, v.35, n. 1, p. 206-215, 2022.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H.; MENDES, J. S.; CHAVES, I. B.; TITO, G. A. **Soil Chemical Amendments and the Macronutrients Mobility Evaluation in Oxisol Treated With Biochar**. Journal of Agricultural Science, v. 10, n. 10, p. 238-247, 2018.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. - Ciência Agronômica, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2013, 421 p.

GONDEK, K.; HERSZTEK, M. M. **Effect of thermal conversion of pig manure and poultry litter on the content and mobility of Mn and Fe in Biochar and in soil after their application**. Chilean Journal of Agricultural Research, V.7, n.3, p.349-355,2016.

GUERRA, P. **Producción y caracterización de Biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonía Peruana**. Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina, p. 101, 2014.

HASSAN, M.; LIU, Y.; NAIDU, R.; PARIKL, S.J.; DU, J.; QI, F.; WILLET, I.R. **Influência das Fontes de Matéria-Prima e da Temperatura de Pirólise nas Propriedades do Biochar e na Funcionalidade Como Absorventes: Meta-Análise**. Ciência do Meio Ambiente Total 744; 140714, 2020.

Kamara, A., Kamara, H. S., Kamara, M. Saimah. (2015). **Effect of Rice Straw Biochar on Soil Quality and the Early Growth and Biomass Yield of Two Rice Varieties**. *Agricultural Sciences*, 6, 798-806, 2015. DOI: 10.4236/as.2015.68077.

LIMA,W. B.;CAVALCANTE, A. R.;BONIFÁCIO, B. F.; SILVA, A. A. R.; OLIVEIRA,L.

- D.; SOUZA, R. F. A.; CHAVES, L. H. G. **Growth and Development of Bell Peppers Submitted to Fertilization with Biochar and Nitrogen.** *Agricultural Sciences*, v. 10, n. 6, p. 753-762, 2019.
- MAIA, C.; TEIXEIRA, W.; CARVALHO, M.; REZENDE, F. **Potencialidades Do Uso Do Biocarvão Como Condicionador De Solo No Brasil.** Embrapa Solos, Rio De Janeiro, 2015.
- MARU, A.; HARUNA, O.A.; PRIMUS, W.C. **Coaplicação de Biochar de Cama de Frango e Ureia Apenas para Melhorar a Eficiência do Uso de Nutrientes e o Rendimento do Cultivo de Oryza Sativa L. em Solo Tropical ácido.** *Revista Científica Mundial*, 2015.
- MATHIAS, J.; RESENDE, F.V. **Como Plantar Pimentão.** Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, 2013.
- MENDES, J. S.; FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C.; TITO, G. A.; CHAVES, I. B. **Chemical and Physical Changes of Soil Amended with Biochar.** *Water, Air and Soil Pollution*, v. 232, p. 1-13, 2021.
- PEREIRA, M. E.; VARANDA, L. D.; CARVALHO, N. R. de.; SETTE JR, C. R.; PADUA, F.A. de; DE CONTI, A. C.; YAMAJI, F. M. **Biochar produced from poultry litter waste** *Research, Society and Development*, v. 10, n. 11, p. 1-13, 2021.
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación.** 3.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 513 p.
- Severino, L. S., Costa, F. X., Beltrão, N. E. M., Lucena, A. M. A., Guimarães, M. M. (2005). **Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana.** *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 5(1), 1-6.
- SIKDER, S.; JOARDAR, J.C. **Biochar production from poultry litter as management approach and Effects on plant growth.** *Int J Recycl Org Waste Agricult*, v. 8, p. 47–58, 2019.
- SILVA, A.M. **Produção Orgânica de Pimentão (Capsicum annum L.) Sob Plantio Direto Em Sucessão a Adubos Verdes Nos Períodos de Primavera/ Verão e Outono/ Inverno.** UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.
- SILVA, G.P.P.; RESENDE, F.V. ; SOUZA, R.B.; JASSE, M.E.C. **Cultivares é Adubação de Pimentão Para Cultivo Orgânico De Inverno no Cerrado, 2010.** *Horticultura Brasileira*, v.28, n.2, p.2936-2941, 2010.
- Silva, J. L. A., Alves, S. S. V., Nascimento, I. B., Medeiros, J. F., Targino, A. J. O., Linhares, P. S. F. (2014). **Teores foliares no pimentão submetido à estresse salino em diferentes solos.** *Agropecuária Científica no Semiárido*, 10, 77-82.

SOUSA, M.C.C.; PESSOA, M.L. **Biocarvão**. Trabalho de Conclusão de Curso.ETEC Professor Carmelino Corrêa Júnior, São Paulo. ric.cps.sp.gov.br.046, 2024.

SPARKS, D. L. **Environmental soil chemistry**. Academic Press, San Diego, CA, USA, 2003.

Souza, I. L., Tomazella, V. B., Santos, A. J. N., Moraes, T. and Silveira, L.C.P. (2018). **Parasitoids Diversity in Organic Sweet Pepper (*Capsicum annuum*) Associated with Basil (*Ocimum basilicum*) and Marigold (*Tagetes erecta*)**. Brazilian Journal of Biology, 79, 603- 611. DOI: 10.1590/1519-6984.185417.

TORRES, M.R. **Biocarvão de Esterco Bovino Como Condicionador De Solo Para o Cultivo Do Feijoeiro**. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Minas Gerais, 2020.

WISNUBROTO, E. I.; UTOMO, W.H.; INDRAYATIE, E. R. Residual Effect of Biochar on Growth and Yield of Red Chili (*Capsicum Annum L.*). **Journal of Advanced Agricultural Technologies** v.4, n. 1, p. 28-31, 2017.

ZHANG, D.; PAN, G.; WU, G.; KIBUE, G.W.; LI, L.; ZHANG, X.; ZHENG, J.; CHENG, K., JOSEPH, S.; LIU, X. **Biochar helps enhance maize productivity and reduce greenhouse gas emissions under balanced fertilization in a rainfed low fertility inceptisol**. *Chemosphere*, v. 142, p. 106 -113, 2016.

ZHU, L.; LEI, H.; ZHANG, Y.; ZHANG, X.; BU, Q.; WEI, Y.; WANG, L.; YADAVALLI, G.; VILLOTA, E. **Uma Revisão do Biochar Derivado da Pirólise e sua Aplicação na Produção de Biocombustíveis**. SF Revista de Engenharia de Materiais e Química, 2018.