



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS II
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

JOSELY DANTAS FERNANDES

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE BIOCARVÃO E COMPOSTO ORGÂNICO NO SOLO
E NA CULTURA DO MILHO**

**LAGOA SECA-PB
2024**

JOSELY DANTAS FERNANDES

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE BIOCÁRVÃO E COMPOSTO ORGÂNICO NO SOLO
E NA CULTURA DO MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof. Dra. Élide Barbosa Corrêa
Coorientadora: Prof. Dra. Lucia Helena Garófalo Chaves

**LAGOA SECA-PB
2024**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma 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.

F363e Fernandes, Josely Dantas.
Efeito da aplicação de biocarvão e composto orgânico no solo e na cultura do milho. [manuscrito] / Josely Dantas Fernandes. - 2024.
33 p. : il. colorido.

Digitado.

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

"Orientação : Profa. Dra. Élide Barbosa Corrêa, Coordenação do Curso de Agroecologia - CCAA. "

"Coorientação: Profa. Dra. Lucia Helena Garófalo Chaves , UFCG - Universidade Federal de Campina Grande "

1. Zea mays. 2. Biocarvão. 3. Adubação orgânica. 4. Fornecedores de nutrientes. I. Título

21. ed. CDD 631.8

NOME DO ALUNO
JOSELY DANTAS FERNANDES

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE BIOCARVÃO E COMPOSTO ORGÂNICO NO SOLO
E NA CULTURA DO MILHO**

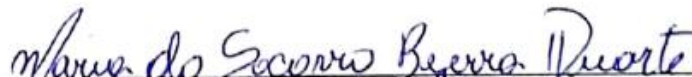
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 17/06/2024.

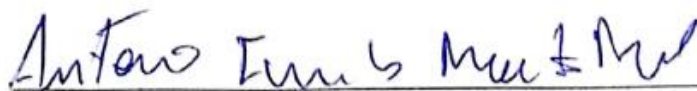
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Elida Barbosa Corrêa (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. MSc. Maria Socorro Bezerra Duarte
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Dr. Antonio Fernandes Monteiro Filho
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

AGRADECIMENTOS

*Ao meu Deus, por reconhecer que **Ele** nunca desistiu de mim, mesmo nas horas em que Lhe fui infiel. A Ti, Senhor da Glória, a minha eterna expressão de amor.*

*À minha esposa **Edilma** e minha filha **Ana Luiza**, pelo apoio e compreensão.*

*Aos meus pais **José Dantas Fernandes** e **Girlene Dantas Fernandes**, por me terem trazido ao mundo e sempre cuidado de mim.*

*Às minhas queridas irmãs **Maria Janair**, **Ane Josana** e **Ana Josane**.*

*Às Professoras Doutoradas **Élida Barbosa Corrêa** e **Lucia Helena Garófulo Chaves**, pela competência profissional e presteza na orientação deste trabalho.*

*Aos **Professores Doutores e Mestres membros da Banca Examinadora** que, deixando seus afazeres diários, aceitaram o nosso convite para participar do evento.*

*A todos que fazem parte do **Grupo de Pesquisa Agrobiodiversidade do Semiárido**.*

*Aos amigos **Antonio Fernandes**, **Hugo**, **Josemar**, **José Antônio** e aos Professores do CCAA/UEPB, pela “força”.*

Finalmente, às demais pessoas que, direta ou indiretamente, me ajudaram a obter esta grande vitória.

MEU MUITO OBRIGADO!

“Torne o solo do seu coração arável; alimente ele com os minerais e nutrientes necessários para um bom cultivo. Não te esqueças que para que esta terra seja boa para o cultivo, o ambiente tem de ser favorável. Assim como toda semente lançada só produzirá uma boa colheita quando a terra for devidamente preparada e regada conforme a espécie, a semente de Deus depositada em seu coração só irá brotar se o solo do seu coração for arável!”

Eronildo R. Paulino

EFEITO DA APLICAÇÃO DE BIOCARVÃO E COMPOSTO ORGÂNICO NO SOLO E NA CULTURA DO MILHO

Josely Dantas Fernandes^{1*}

RESUMO

A adição de fertilizantes orgânicos, tais como biocarvão e composto, podem melhorar as propriedades do solo e o rendimento das culturas, sendo assim, objetivou-se com este estudo, avaliar o efeito da aplicação do biocarvão e do composto orgânico na disponibilidade de nutrientes para o solo e no crescimento e produção do milho AG1051. O experimento foi conduzido utilizando dez tratamentos, representados por doses crescentes de biocarvão e composto orgânico (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 t ha⁻¹), com três repetições. Os tratamentos foram incubados em vasos contendo aproximadamente 20 kg de solo. Após a incubação, amostras de cada unidade experimental foram quimicamente analisadas. No final do ciclo, as plantas foram avaliadas e, com exceção da produção de espigas, foram colocadas em estufa a 65°C para determinação da fitomassa seca de folhas e do colmo. Os resultados obtidos no presente estudo indicam que a utilização do composto orgânico de cama de aviário na dose de 10 t ha⁻¹ aumentou a concentração de cálcio, magnésio, fósforo, hidrogênio, soma de base e melhorou a capacidade de troca de cátions do solo, promovendo incremento no crescimento e nos componentes de produção do milho, em relação ao biocarvão. O uso de composto orgânico de cama de aviário na dose de 10 t ha⁻¹ pode ser utilizado em substituição ao biocarvão, tendo em vista a melhoria nos atributos químicos do solo, ao custo de produção e aos benéficos a cultura do milho.

Palavras chave: *Zea mays*, biocarvão, adubação orgânica, fornecedores de nutrientes.

¹ Estudante de Agronomia pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

EFFECT OF THE APPLICATION OF BIOCARBON AND ORGANIC COMPOUND ON THE SOIL AND CORN CROP

ABSTRACT

The addition of organic fertilizers, such as biochar and compost, can improve soil properties and crop yields, therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of applying biochar and organic compost on the availability of nutrients for the soil and the growth and production of AG1051 corn. The experiment was conducted using ten treatments, represented by increasing doses of biochar and organic compost (0; 2.5; 5.0; 7.5 and 10 t ha⁻¹), with three replications. The treatments were incubated in pots containing approximately 20 kg of soil. After incubation, samples from each experimental unit were chemically analyzed. At the end of the cycle, the plants were evaluated and, with the exception of ear production, they were placed in an oven at 65°C to determine the dry mass of leaves and stalks. The results obtained in the present study indicate that the use of organic compost from poultry litter at a dose of 10 t ha⁻¹ increased the concentration of calcium, magnesium, phosphorus, hydrogen, base sum and improved the cation exchange capacity of the soil, promoting an increase in the growth and production components of corn, in relation to biochar. The use of organic compost from poultry litter at a dose of 10 t ha⁻¹ can be used to replace biochar, with a view to improving the chemical attributes of the soil, the production cost and the benefits of corn cultivation.

Keywords: *Zea mays*, biochar, organic fertilizer, nutrient suppliers.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mufla utilizada no processo de produção do biocarvão de cama de aviário....	16
Figura 2 – Composto (A) e biocarvão de cama de aviário (B) utilizados no experimento.....	17
Figura 3 – Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores substratos e doses (A) e das variáveis analisadas do solo (B) nos dois componentes principais (CP1 e CP2).....	20
Figura 4 – Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores substratos e doses (A) e das variáveis analisadas do milho (B) nos dois componentes principais (CP1 e CP2).....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada (MANOVA) entre as variáveis originais e os componentes principais.....	19
Tabela 2 – Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis originais e os componentes principais.....	19
Tabela 3 – Valores médios das variáveis analisadas por tratamento.....	21
Tabela 4 – Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada (MANOVA) entre as variáveis originais e os componentes principais.....	23
Tabela 5 – Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis originais e os componentes principais.....	24
Tabela 6 – Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis originais e os componentes principais.....	25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1	A cultura do milho.....	12
2.2	Cama de aviário.....	13
2.3	Composto orgânico.....	14
2.4	Biocarvão.....	15
3	METODOLOGIA.....	16
4	RESULTADOS.....	18
4.1	Resultados do solo.....	18
5.2	Resultados do milho.....	23
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
	REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

A multiplicidade de aplicações do milho (*Zea mays* L.), quer na alimentação humana quer na alimentação animal, faz essa cultura assumir relevante papel socioeconômico (MUMBACH et al., 2017), além de constituir-se em indispensável matéria-prima impulsionadoras de diversificados complexos agroindustriais (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

O milho-verde in natura é muito consumido no Brasil, onde as espigas são colhidas antes que os grãos atinjam a maturidade fisiológica. Um fator que contribui para o crescimento da produção de milho-verde é a maior diversificação de uso desse produto pelo mercado, podendo ser comercializado para consumo nas mais diversas formas, desde os grãos in natura, cozidos, ou como ingrediente na fabricação de diversos produtos da culinária brasileira (PISSINATI, OLIVEIRA, PISSINATI, & MOREIRA, 2013).

A oferta de espigas com padrão comercial e produzidas em sistema de cultivo orgânico pode aumentar o valor de venda desse produto em até 30%, quando comparado às espigas cultivadas em sistema convencional (ANTONIALI et al., 2012). Apesar do cultivo do milho-verde ser bastante difundido nas principais regiões brasileiras, informações sobre o comportamento de cultivares e características de espigas de milho-verde sob cultivo orgânico são escassas (CARVALHO et al., 2003).

Atualmente tem-se despertado o interesse por práticas agrícolas sustentáveis, devido a conscientização ambiental (SALDANHA et al., 2017). Dentre as alternativas de práticas agrícolas sustentáveis estão o uso de resíduos como fonte de nutrientes para as plantas e melhorador da qualidade do solo (REf.).

A expansão do setor avícola no Brasil tem gerado um excesso de resíduo, conhecido como “cama de aviário”. Este resíduo pode ser aplicado diretamente no solo agrícola após compostagem, como fonte de matéria orgânica e nutrientes. No caso do seu uso direto no solo, a taxa com que o N amoniacal ($N-NH_4^+$) da cama de aviário é oxidado a nitrato ($N-NO_3^-$), após a aplicação ao solo, é um fator determinante do seu potencial poluidor. Isso porque o aparecimento precoce de NO_3^- no solo antes dos períodos de maior demanda em N pelas culturas, poderá resultar em perdas significativas de N por lixiviação, tornando-se um contaminante das águas de superfície e também do lençol freático (MINOGUE et al., 2012). Segundo Avila et al. (2007), a cama de aviário deve ficar em processo de compostagem por no mínimo 30 dias. Após a compostagem, os resíduos são transformados em substâncias húmicas relativamente estáveis, composto orgânico que permite um aproveitamento melhor na adubação

dos solos (RODRIGUES et al., 2011).

Uma opção para reciclar a cama de frango na agricultura é convertendo-a em biocarvão através do processo de pirólise em condições anóxicas ou com baixa concentração de oxigênio (DHYANI & BHASKAR, 2018; SAJJADI et al., 2018). O biocarvão pode ser usado como fertilizante, condicionador do solo e sequestrador de carbono evitando a emissão de carbono em forma de gases de efeito estufa. Desta forma, o carbono fica armazenado no solo em formas mais estáveis, comparado com a deposição de resíduos diretamente ao solo, em formas mais lábeis (MADARI et al., 2006).

De acordo com os autores Jeffery et al. (2011); Agrafioti et al. (2013) e Chaves et al. (2020), o biocarvão incorporado ao solo acarreta aumento na capacidade de trocas catiônicas, macronutrientes, micronutrientes e pH no solo. No estado da Paraíba, Brasil, um grande número de pequenos agricultores se associou a grandes empresas avícolas, que passaram a produzir grandes volumes de cama de frango, cuja transformação em biocarvão representa uma alternativa para esses produtores.

Os efeitos dos biocarvões no desenvolvimento das culturas ainda não foram amplamente discutidos devido à grande variabilidade entre os diferentes tipos de materiais carbonizados. Portanto, as respostas são diversas, com muitos estudos mostrando efeitos positivos, outros resultados negativos e outros resultados inconsistentes (AGBOOLA & MOSES, 2015; BIEDERMAN & HARPOLE, 2013). Liu et al. (2013) observaram um aumento médio de 11% no rendimento das culturas tratadas com biocarvão, destacando o aumento de 30% nas leguminosas, 29% nas hortaliças folhosas e 14% nas gramíneas. Conforme afirmado por esses pesquisadores, taxas de biocarvão abaixo de 30 t ha⁻¹ proporcionaram os melhores resultados. Furtado e Chaves (2018) utilizaram biocarvão de cama de frango na cultura do girassol e observaram aumentos acentuados nas taxas de crescimento e rendimento desta cultura. Após comparar o efeito da cama de frango e do biocarvão dessa biomassa na acidez do solo e no crescimento do milho, Masud et al. (2020) concluíram que o biocarvão foi mais eficiente na correção da acidez do solo, o que proporcionou maior absorção de nutrientes pelas plantas de milho.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, avaliar e comparar os efeitos da aplicação do biocarvão e do composto orgânico, produzidos a partir de cama de aviário, na disponibilidade de nutrientes para o solo e crescimento e produção do milho AG1051.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é o grão mais importante do mundo depois do trigo e do arroz em termos de terra arável e produção total (OSAGIE e EKA, 1998). O nome milho é derivado do nome mahiz, do índio sul-americano Arawak-Carib. Também é conhecido como milho indiano ou milho na América (PURSEGLOVE, 1992). Esta planta é fonte de alimento para a humanidade e alimenta animais e serve como matéria-prima em muitas indústrias transformadoras para a produção de substâncias como amido, xarope, óleo vegetal e usos recentes como biocombustível (REMISON, 2005). A planta pode crescer em diferentes zonas agroclimáticas do mundo, como são chamadas de rendimentos variáveis. Nenhuma outra cultura tem potencial para crescer em áreas tão diversas como o milho. Por exemplo, pode crescer desde abaixo do nível do mar até mais de 3.000 m acima do nível do mar, e de baixa pluviosidade de 250 mm a 5.000 mm/ano (SHAW, 1988).

A importância e o uso do milho variam de país para país, pois muitas nações desenvolvidas o usam como forragem, mas com a introdução de um novo híbrido (saccharata), a cultura agora é usada como vegetal, especialmente em países desenvolvidos (MORISS, 1998). A maioria das nações africanas e latinas o usam como alimento e, em muitos países asiáticos, ele é cultivado para dois propósitos (alimento e forragem). Cerca de um quarto do produto é consumido mundialmente como alimento (DOEBLEY, 1990).

A comida é uma das necessidades humanas mais importantes. Para que o Brasil atenda à demanda, à necessidade de seu povo e à meta de desenvolvimento na produção de alimentos, os alimentos, incluindo o milho, devem estar prontamente disponíveis. A baixa fertilidade do solo pode comprometer a produção e a segurança alimentar. A fertilidade do solo é uma grande barreira que afeta todos os aspectos da produção agrícola (MBAH, C e MBAGWU, 2006). Em anos anteriores, os fertilizantes inorgânicos foram incentivados pela produção agrícola para melhorar a fertilidade do solo em áreas tropicais. Além do alto custo e da falta de insumos, o uso de fertilizantes orgânicos não tem sido bom para a agricultura, pois é frequentemente associado ao declínio da produtividade das culturas, acidez do solo e desequilíbrio de nutrientes (ANO e AGWU, 2005). A necessidade de usar fontes de energia renováveis e reduzir os custos dos fertilizantes vegetais reavivou o uso de fertilizantes orgânicos em todo o mundo (AYOOLA e ADENIYAN, 2006).

A reciclagem de esterco animal para uso como fertilizante orgânico barato teve um efeito positivo no crescimento e na colheita da biodiversidade e promoveu a restauração de ecossistemas e atividades econômicas do solo. O conteúdo de matéria orgânica (MO) no esterco animal é alto e sua adição aos solos agrícolas geralmente melhora a estrutura do solo, a química e o ambiente biológico (ANTONIOUS, 2016). As emendas orgânicas aliviam a MO, o que melhora a estrutura do solo por meio da absorção de nutrientes, capacidade de retenção de água, estabilidade do agregado, resistência à erosão, prevenção de temperaturas e redução da compactação do solo.

Culturas como o milho precisam de nutrientes como N, P, K, Mg, Ca, Na e S para produzir bem. Esses nutrientes são funcionais e devem ser fornecidos à planta no momento certo e na quantidade certa para crescimento e reprodução adequados (ADEKIYA e OJENIYI, 2002). No entanto, há um interesse renovado no uso eficiente e eficaz de fertilizantes naturais para manter a fertilidade do solo (OLATUNJI e OBOH, 2012). Além de serem uma fonte de nutrientes para as plantas, os fertilizantes orgânicos, por exemplo, estrume de galinha e estrume animal, melhoraram a produtividade agrícola. O fertilizante orgânico ajuda a aumentar o número de microrganismos que têm um efeito específico na proteção das plantas contra germes como nematóides e insetos transmitidos pelo solo e fornece hormônios de crescimento das plantas, como auxinas (AGBEDE e OJENIYI, 2009). Os fertilizantes orgânicos também ajudam a melhorar as condições do solo e fornecem os nutrientes necessários às plantas. Aumenta a capacidade de troca catiônica e atua como um agente perturbador contra flutuações instáveis do pH do solo (AKANNI e OJENIYI, 2008).

2.2 Cama de aviário

A indústria avícola é o setor agrícola de maior expansão (TAŃCZUK et al., 2019). O crescimento deste setor também está aumentando os resíduos ligados às operações de produção (KYAKUWAIRE et al., 2019). O principal resíduo é a "cama de aviário", que contém principalmente o material de cama e excrementos das aves. Embora grandes quantidades de cama sejam produzidas em granjas avícolas, há opções limitadas de descarte. A distribuição direta em terrenos abertos pode levar a problemas de emissão de gases de efeito estufa, contaminação de lençóis freáticos e riscos patogênicos. Portanto, o tratamento da cama de aves (para reutilização ou produção de energia) pode reduzir esses problemas.

A cama de aviário contém, além da biomassa colocada sobre o piso, excremento e ração

(desperdiçada). Se a dieta for rica em substâncias perigosas, como dioxinas, elas também estarão presentes na serapilheira e a utilização posterior seria impactada por esse risco (IRFAN et al., 2020). Esses contaminantes podem não afetar a saúde das aves criadas na serapilheira, mas os usos posteriores podem ser arriscados.

A cama de aviário, após compostagem, é utilizada principalmente como fertilizante (BOLAN et al., 2010). O recente aumento de preço do fertilizante comercial criou uma demanda por cama de aves como fertilizante (JESWANI et al., 2019). É rico em nutrientes como fósforo e nitrogênio, por isso é muito adequado para terras com deficiência de nitrogênio e fósforo (KYAKUWAIRE et al., 2019). Outro uso direto da cama é a fertilização de tanques de peixes para promover o crescimento de algas (ELSAIDY et al., 2015). Também tem sido usado para fazer pellets, ração para ruminantes (BELEWU, 2017) e misturas de solo para cerâmica (BOLAN et al., 2010). A composição também gera calor a cerca de 60°C e pode ser usada para aquecer a água e aquecer as fazendas.

2.3 Composto orgânico

Os materiais compostados diferem dependendo da matéria-prima e do seu grau de decomposição. À medida que a estabilidade biológica do material aumenta durante a compostagem, os materiais compostados podem contribuir para a matéria húmica dos solos. De acordo com numerosos estudos de campo (AMLINGER et al., 2006), espera-se que o conteúdo húmico de um solo aumente em até 2% após a adição repetida de composto.

Em geral, a matéria-prima dos compostos determina em grande parte a qualidade que o composto maduro pode alcançar. Os resíduos orgânicos provenientes de agregados familiares, como os bio-resíduos recolhidos separadamente, bem como os resíduos verdes, como as mudas verdes dos parques, podem ser contaminados com materiais não decomponíveis, como detritos de plástico, o que os torna inadequados para utilização em campos aráveis. Os compostos à base de esterco e o lodo de esgoto compostado, por outro lado, são frequentemente ricos em sais e podem conter também contaminação química e por metais pesados. No entanto, descobriu-se que os materiais à base de resíduos animais são mais eficazes na construção do carbono orgânico do solo do que os resíduos vegetais (DIACONO e MONTEMURRO, 2010; CHEN et al., 2018). Portanto, a qualidade dos compostos deve sempre ser controlada antes da aplicação no campo.

Os compostos são materiais ricos em nutrientes que, em contraste com os fertilizantes

minerais, também contêm quantidades substanciais de carbono, que é necessário aos microrganismos para o crescimento e a utilização de outros nutrientes. Como os compostos contêm uma grande variedade de nutrientes, incluindo micronutrientes e cal, eles também são chamados de “fertilizantes completos”. Os compostos podem substituir parcialmente os fertilizantes minerais e o chorume animal (HIJBEEK et al., 2017). No entanto, a maioria dos nutrientes disponíveis na matéria-prima são consumidos por micróbios durante a compostagem e são então ligados em formas orgânicas. Portanto, apenas cerca de 5% a 15% de N no composto maduro está disponível no primeiro ano após a aplicação (AMLINGER et al., 2003). Conseqüentemente, os compostos geralmente não são suficientes como única medida para a gestão do N no campo.

2.4 Biocarvão

Biocarvão é um material sólido poroso rico em carbono, possui grande área superficial e capacidade de troca catiônica, produzido a partir do processo de pirólise em ambiente com oxigênio limitado (HUSSAIN et al., 2017; MANSOOR et al., 2021).

Descobriu-se que o Biocarvão aumenta significativamente a capacidade de retenção de água do solo em muitos estudos (IGALAVITHANA et al., 2017). Portanto, os solos alterados com biocarvão foram capazes de reter a água disponível para as plantas (RASA et al., 2018) e reduzir o estresse hídrico das plantas durante os períodos de seca (PAETSCH et al., 2018). Isto é especialmente interessante para a agricultura do futuro, que terá de lidar com longos períodos de seca devido às alterações climáticas globais. A estrutura porosa das partículas de biocarvão, bem como os espaços intersticiais entre as partículas de biocarvão e o solo, contribuem para a retenção de água (BARNES et al., 2014). No entanto, o efeito líquido depende da textura do solo, uma vez que o biocarvão pode aumentar a condutividade da água em solo argiloso pesado (EDEH et al., 2020). Além disso, o biocarvão geralmente atua como um agente de calagem e altera as propriedades químicas do solo, como o pH, a capacidade de troca catiônica e a capacidade de tamponamento (LEHMANN e JOSEPH, 2009).

Biocarvão pode incorporar diferentes nutrientes ao solo. Alguns elementos, como P ou K, bem como outros metais, são preservados durante a pirólise e, portanto, sua concentração é maior no biocarvão do que na matéria-prima. Outros elementos, como C, N, H, O e S, são parcialmente transformados em substâncias voláteis e conseqüentemente perdidos durante a pirólise, dependendo da temperatura e do tempo de pirólise (STEINER et al., 2016). O

biocarvão funciona como fertilizante de liberação lenta (Hagemann et al., 2017), aumentando a disponibilidade de nutrientes (K, Ca, N, P, K) devido à entrada direta de nutrientes além de levar ao aumento do pH em solos ácidos (Widowati e Asnah, 2014). No entanto, com o pH mais elevado em solos modificados com biocarvão, o equilíbrio entre NH_4^+ e NH_3 é deslocado para NH_3 , o que pode resultar em emissões indesejadas (Hagemann et al., 2016).

3 METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido (casa de vegetação), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - UAEEA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizada em Campina Grande, Paraíba.

O solo utilizado no experimento foi um Argissolo Acizentado distrófico coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, seco ao ar e peneirado com malha de 2,0 mm com as seguintes características físico-químicas conforme metodologia proposta por Teixeira et al. (2017): classificação textural como areia franca; $869,6 \text{ g kg}^{-1}$ de areia; $90,4 \text{ g kg}^{-1}$ de silte e $40,0 \text{ g kg}^{-1}$ de argila, densidade do solo = $1,46 \text{ g cm}^{-3}$; densidade das partículas = $2,69 \text{ g cm}^{-3}$; porosidade total = 45,73 %; pH (H_2O) = 5,42; Ca = $2,20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Mg = $2,40 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Na = $0,04 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; K = $0,11 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; H + Al = $2,38 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; MO = $17,9 \text{ g kg}^{-1}$; P = $3,8 \text{ mg kg}^{-1}$; CTC = $7,13 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

O composto orgânico foi produzido utilizando a cama de aviário como substrato em baldes de 80 L por 120 dias, durante este período, a umidade foi mantida próxima a 60%. O biocarvão foi produzido através da pirólise da cama de aviário em temperatura de 350°C durante 3 horas em forno mufla, conforme observado na Figura 1.



Figura 1 – Forno mufla Jung® utilizada no processo de produção do biocarvão de cama de

aviário.

O composto e o biocarvão foram peneirados em peneira de 2,0 mm de malha e caracterizados quimicamente, conforme Manual de Métodos Analíticos Oficiais de Fertilizantes e Corretivos (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [MAPA], 2017). Para o composto foram obtidos: Nitrogênio Total = 24,00 g kg⁻¹; P₂O₅ = 5,71%; K₂O = 4,19%; Ca = 6,22%; Mg = 1,08%; pH = 9,37; carbono orgânico = 237,30 g kg⁻¹; relação C/N = 9,93; e capacidade de troca catiônica (CTC) = 82,47 cmolc kg⁻¹. E no biocarvão: Nitrogênio Total = 30,6 g kg⁻¹; P₂O₅ = 5,76%; K₂O = 6,61(%); Ca = 5,27%; Mg = 1,08%; pH = 8,97; Carbono Orgânico = 400,2 g kg⁻¹; Relação C/N = 13,08 e CTC = 58,61 cmolc kg⁻¹. A imagem do composto e do biocarvão de cama de aviário podem ser verificadas na Figura 2.

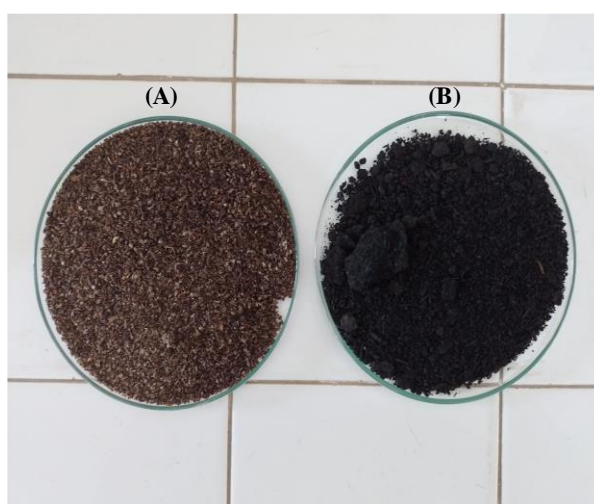


Figura 2 – Composto (A) e biocarvão de cama de aviário (B) utilizados no experimento.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram de doses crescentes de biocarvão e composto orgânico de cama de aviário, ou seja, 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 t ha⁻¹. Cada unidade experimental correspondia a um vaso contendo 20 kg de solo, na qual foi incubada durante 25 dias, com o respectivo tratamento, para que o solo reagisse com o composto e o biocarvão. Logo após a incubação foi retirada uma amostra de cada unidade experimental para serem submetidas à análise química (Teixeira et al., 2017). Em seguida, foi semeado três sementes de milho, híbrido AG 1051, na própria unidade experimental. Aos 12 dias após a semeadura foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por unidade experimental. A irrigação foi feita com água de abastecimento, mantendo-se a umidade do solo próximo a capacidade de campo. Não foi aplicado adubo mineral para não interferir nos resultados.

O milho verde foi colhido e avaliado aos 85 dias após a semeadura. As variáveis de crescimento avaliadas foram: altura da planta (AP), diâmetro do colmo (DC) e altura da inserção da espiga (IE) e as de produção: diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), fitomassa verde das folhas (FVF), colmo (FVC) e espigas (FVE) e fitomassa seca de folhas (FSF) e colmo (FSC), colocando-os em estufa circulação de ar forçada a 65 °C até peso constante.

A estrutura multivariada dos resultados foi avaliada por meio da análise de componentes principais (ACP), sintetizando-se a quantidade de informações relevantes contida no conjunto de dados originais em menor número de dimensões, resultantes de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos autovalores ($\lambda \geq 1,0$) na matriz de correlação, explicando porcentagem maior que 10% da variância total (GOVAERTS et al., 2007).

A partir da redução das dimensões, os dados originais das variáveis de cada componente foram submetidos à análise de variância multivariada (MANOVA) pelo teste de Hotelling (1947) a 0,05 de probabilidade para os substratos (biocarvão e composto) e doses, assim como para interação entre os mesmos. Apenas variáveis com coeficiente de correlação maior ou igual a 0,6 foram mantidos em cada componente principal (PC) (HAIR et al., 2009). Para efeito de padronização, os valores (de cada parcela) de todas as variáveis analisadas (caracterização química do solo e de produção do milho) foram subtraídas pela média e em seguida dividida pelo desvio padrão. Para melhor compreensão, os valores médios das variáveis analisadas por tratamento, apresentados em tabela, são os originais. O programa estatístico utilizado foi o software Statistica 7.0.

4 RESULTADOS

4.1 Resultados do solo

O espaço multidimensional das variáveis originais foi reduzido para dois componentes principais (CP1 e CP2) com autovalores maiores que $\lambda \geq 1,0$, de acordo com Kaiser (1960). Os autovalores e a porcentagem de variação explicados por cada componente representaram conjuntamente 91,04% da variação total, sendo o CP1 explicado por 72,87% da variância e o CP2 por 18,17% da variância restante (Tabela 1). A interação entre os substratos e as doses (S \times D) influenciou significativamente os dois componentes principais (CP1 e CP2) (Tabela 1).

Tabela 1 - Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada (MANOVA) entre as variáveis padronizadas e os componentes principais.

Variáveis	Componentes principais	
	CP1	CP2
Autovalores (λ)	8,22	1,98
Porcentagem de variância total ($S^2\%$)	72,87	18,17
Teste de Hotelling (T^2) para os substratos (S)	0,01	0,01
Teste de Hotelling (T^2) para doses (D)	0,01	0,01
Teste de Hotelling (T^2) para interação (S \times D)	0,02	0,01

As variáveis que apresentaram coeficientes de correlação superior a 0,7 ($r > 0,7$) foram consideradas relevantes. Assim, na Tabela 2, as variáveis que tiveram maior poder discriminatório no CP1 foram: magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), soma das bases (S), hidrogênio (H), capacidade de troca de cátions (CTC), matéria orgânica (MO), fósforo (P), potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE). No CP2, apenas o teor de cálcio apresentou coeficiente de correlação superior a 0,7. Ademais, as variáveis com o mesmo sinal atuam de forma diretamente proporcional, ou seja, quando o valor de uma aumenta, o valor da outra aumenta, ou vice-versa; e as variáveis com sinais opostos agem de forma inversamente proporcional, ou seja, quando o valor de uma aumenta, o valor da outra diminui (VELOSO et al., 2023).

Tabela 2 - Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis padronizadas e os componentes principais.

Componente principal	Coeficientes de correlação (r)										
	Ca	Mg	Na	K	S	H	CTC	MO	P	pH	CE
CP1	0,01	-0,82	-0,97	-0,94	-0,98	0,92	-0,90	-0,77	-0,86	-0,96	-0,92
CP2	0,91	0,47	-0,19	-0,31	0,18	0,25	0,40	-0,55	0,42	-0,24	0,10

CP1 - componente principal 1; CP2 - componente principal 2; Ca (cálcio - cmolc kg^{-1}), Mg (magnésio - cmolc kg^{-1}), Na (sódio - cmolc kg^{-1}), K (potássio - cmolc kg^{-1}), S (soma das bases), H (hidrogênio - cmolc kg^{-1}), CTC (capacidade de troca de cations - cmolc kg^{-1}), MO (matéria orgânica - g kg^{-1}), P (fósforo - mg kg^{-1}), pH (potencial hidrogeniônico), CE (condutividade elétrica - dS m^{-1}).

As projeções bidimensionais dos efeitos dos tratamentos e das variáveis no primeiro e segundo componentes principais (CP1 e CP2) estão apresentadas nas Figura 3A e 3B. Verifica-se no componente principal 1, que o solo que recebeu o tratamento com o composto na dose de 10 t ha^{-1} (CD5) se destacaram em comparação aos demais tratamentos, havendo maiores valores em Mg (4,36 cmolc kg^{-1}), S (9,94 cmolc kg^{-1}), H (1,30 cmolc kg^{-1}), CTC (11,24 cmolc kg^{-1}), P (430,70 mg kg^{-1}) e CE (2,16 dS m^{-1}) (Tabela 3). Ao comparar os resultados obtidos no solo que receberam o tratamento CD5 com as que receberam o tratamento com biocarvão na mesma dose (BDC), verifica-se incremento de 24,57% (0,86 cmolc kg^{-1}) no teor de Mg, 15,31% (1,32

cmolc kg⁻¹) na S, 36,84% (0,35 cmolc kg⁻¹) H, 17,45% (1,67 cmolc kg⁻¹) na CTC, 99,94% (214,51 mg kg⁻¹) P e 8% (0,16 dS m⁻¹) na CE, demonstrando efeito benéfico do composto na dose de 10 t ha⁻¹ em relação ao biocarvão (BD5).

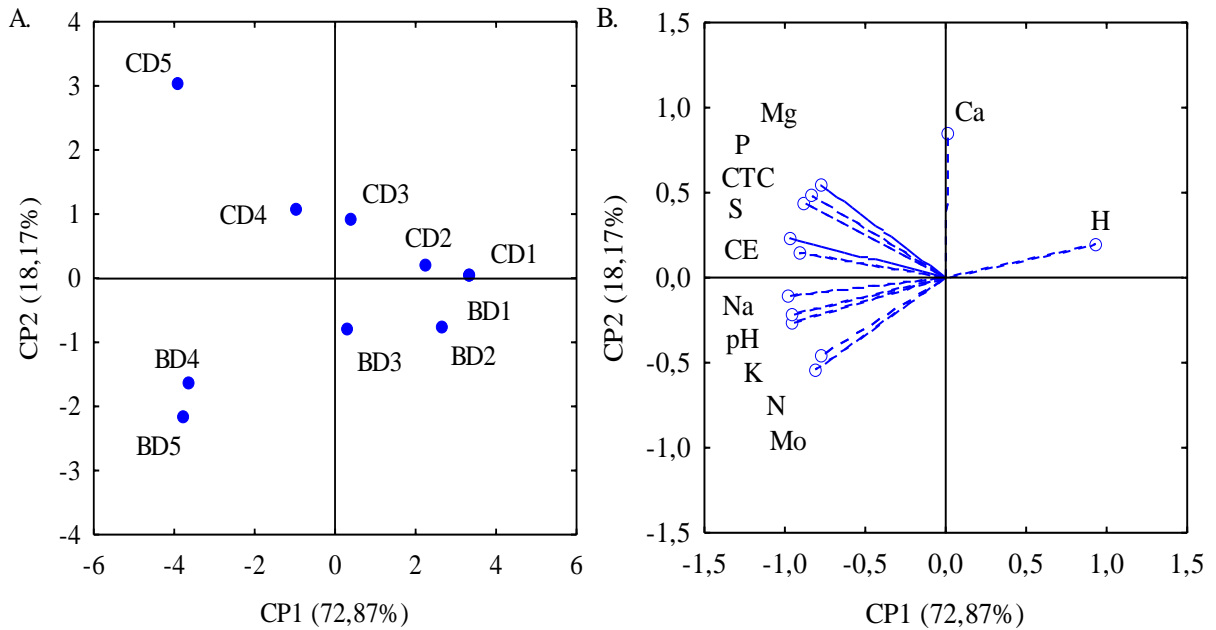


Figura 3 - Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores substratos e doses (A) e das variáveis analisadas do solo (B) nos dois componentes principais (CP1 e CP2). CD1, CD2, CD3, CD4 e CD5 correspondem a aplicação de composto de cama de aviário nas doses 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 t ha⁻¹, respectivamente, e BD1, BD2, BD3, BD4 e BD5 a aplicação de biocarvão de cama de aviário nas doses 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 t ha⁻¹, respectivamente.

Ainda no componente principal 1, é possível observar que os maiores valores de Na (0,87 cmolc kg⁻¹), K (2,23 cmolc kg⁻¹), MO (28,4 g kg⁻¹) e pH (6,73) foram obtidos no tratamento BD5, ou seja, no solo tratado com biocarvão na dose de 10 t ha⁻¹ (Tabela 3), correspondendo ao aumento de 12,99% (0,10 cmolc kg⁻¹), 34,33% (0,57 cmolc kg⁻¹), 48,43% (8,97 g kg⁻¹) e 6,83% (0,43) nos teores de Na, K, MO e pH, respectivamente, em relação ao solo submetido ao tratamento CD5 (composto na dose de 10 t ha⁻¹).

Tabela 3 - Valores médios originais das variáveis analisadas por tratamento.

Tratamentos	Valores médios										
	Ca	Mg	Na	K	S	H	CTC	MO	P	pH	CE
BD1	2,75	2,54	0,38	0,14	5,81	2,27	8,08	15,70	2,20	5,37	1,31
BD2	2,50	2,43	0,42	0,62	5,96	1,82	7,78	15,77	86,13	5,75	1,08
BD3	2,65	2,77	0,51	1,22	7,15	1,59	8,74	21,43	161,33	6,00	1,21
BD4	2,79	2,82	0,77	2,17	8,65	1,02	9,67	28,60	172,93	6,50	1,99
BD5	2,12	3,50	0,87	2,23	8,62	0,95	9,57	28,40	216,17	6,73	2,00
CD1	2,75	2,54	0,38	0,14	5,81	2,27	8,08	15,70	2,20	5,37	1,31
CD2	2,90	2,61	0,40	0,40	6,31	2,08	8,39	18,20	66,90	5,50	1,42
CD3	3,03	3,17	0,51	0,68	7,16	1,91	9,40	19,27	173,20	5,83	1,44
CD4	2,98	3,34	0,56	1,13	8,02	1,23	9,25	18,70	277,00	6,21	1,60
CD5	3,16	4,36	0,77	1,66	9,94	1,30	11,24	19,43	430,70	6,30	2,16

B (biocarvão); C (composto); D1 (dose 1 - 0 t ha⁻¹); D2 (dose 2 - 2,5 t ha⁻¹); D3 (dose 3 - 5,0 t ha⁻¹); D4 (dose 4 - 7,5 t ha⁻¹); D5 (dose 4 - 10 t ha⁻¹); Ca (cálcio - cmolc kg⁻¹), Mg (magnésio - cmolc kg⁻¹), Na (sódio - cmolc kg⁻¹), K (potássio - cmolc kg⁻¹), S (soma das bases), H (hidrogênio - cmolc kg⁻¹), CTC (capacidade de troca de cations - cmolc kg⁻¹), MO (matéria orgânica - g kg⁻¹), P (fósforo - mg kg⁻¹), pH (potencial hidrogeniônico), CE (condutividade elétrica - dS m⁻¹).

Ao analisar o solo tratado com composto ou biocarvão na dose de 0 t ha⁻¹ (BD1 e CD1), não se verificou diferença entre os tratamentos. Entretanto, constatou-se os menores valores de Na (0,38 cmolc kg⁻¹), K (0,14 cmolc kg⁻¹), S (5,81 cmolc kg⁻¹), MO (15,70 g kg⁻¹), P (2,20 mg kg⁻¹) e pH (5,37), em relação aos demais tratamentos. No componente principal 2 (CP2), verifica-se que o solo tratado com composto na dose de 10 t ha⁻¹ (CD5), obteve o maior valor para de Ca (3,16 cmolc kg⁻¹) e, ao comparar com o solo submetido ao tratamento BD5, nota-se incrementos de 49,06% (1,04 cmolc kg⁻¹).

A aplicação do composto orgânico e do biocarvão produzidos a partir da cama de aviário melhoraram a fertilidade do solo, aumentando o pH do solo e os teores de matéria orgânica e dos cátions básicos, corroborando com Kebede et al. (2023) e Mendes et al. (2021a).

O biocarvão de cama de aviário, com exceção da dose 0 t ha⁻¹, apresentou um poder de calagem superior ao composto, reduzindo com maior eficiência a acidez ativa do solo (Tabela 3). O aumento nos valores de pH é justificado pelo acúmulo de cinzas e à natureza porosa do biocarvão (FERNANDES et al, 2022a; FERNANDES et al, 2022b). Estes resultados corroboram (MENDES et al., 2021a), que verificaram aumento no pH e na fertilidade do solo. Além disso, constatou-se que o biocarvão de cama de aviário apresenta um caráter alcalino devido a presença de calcita (CaCO₃) atribuída a utilização de calcário calcítico na dieta de frangos (DOMINGUES et al., 2017; CHAVES et al., 2020; FERNANDES et al., 2022b).

O aumento nos teores de cálcio e capacidade de troca catiônica do solo, com a maior dose de composto de cama de aviário (Tabela 3) é atribuído a maior concentração destes na sua biomassa, ou seja, 6,22% e 82,47 cmolc kg⁻¹, respectivamente. Apesar dos teores de magnésio e fósforo serem praticamente os mesmos no composto e no biocarvão, no solo, a concentração

destes nutrientes foram maiores aplicando-se composto.

O incremento de P disponível, em todos os tratamentos, pode estar relacionado ao acréscimo no pH e das bases trocáveis no solo tratado com o biocarvão e o composto orgânico. Tais resultados corroboram Mahmoud et al. (2023), que confirmaram aumento na disponibilidade de NPK em solos alterados com esterco de aves e Mendes et al. (2021a) que também constataram, quando comparado ao tratamento controle, maior quantidade de fósforo disponível no solo após aplicação de biocarvão. Apesar do menor teor de fósforo obtido com a aplicação de biocarvão de cama de aviário, o uso deste insumo pode diminuir a adsorção de fósforo, como relatado por Fernandes et al. (2022c), que verificaram uma liberação deste elemento pelo biocarvão superior a quantidade adsorvida pelo solo, aplicando-se 37,2, 49,6 e 62,0 t ha⁻¹ de biocarvão de cama de aviário.

Quanto ao potássio, o maior teor no solo foi observado com a aplicação da maior dose do biocarvão (Tabela 3), o que pode ser justificado pela maior concentração deste nutriente em sua constituição, ou seja, 6,61%, contra 4,19% presente no composto. Aumento no teor de potássio do solo, com aplicação de biocarvão, também foi relatado por Schulz e Glaser (2012).

Ganhos significativos na capacidade de troca catiônica do solo (Tabela 3) podem ser explicados pelas diferenças de pH e concentração de cátions trocáveis dos tratamentos aplicados. Geralmente, a aplicação individual ou combinada de biocarvão e composto aumenta significativamente a CTC dos solos tratados. Lin et al. (2022) observaram incrementos na CTC aplicando-se esterco de aviário. Olakayode et al. (2020) relataram que a aplicação de biocarvão aumentar a CTC do solo devido à sua natureza altamente porosa e maior área superficial. Chang et al. (2016) concluíram que o acréscimo na CTC do solo, ao longo do tempo, pode ser devido à oxidação superficial do biocarvão e de grupos funcionais de superfície mais carregados negativamente.

O resultado da análise do solo (Tabela 3) revela um maior incremento no teor de matéria orgânica com a aplicação de biocarvão de cama de aviário. Este resultado era esperado uma vez que a concentração de carbono orgânico no biocarvão é maior se comparado ao do composto, cujos valores são: 400,2 e 237,30 g kg⁻¹, respectivamente. Os resultados obtidos neste estudo corroboram Phares et al. (2020) que constataram melhora na porosidade do solo e no carbono orgânico das parcelas tratadas com biocarvão.

A aplicação de resíduos orgânicos podem levar a um acúmulo de C no solo ao longo do tempo ou a uma redução na taxa de esgotamento da matéria orgânica (SCHULZ e GLASER, 2012). Contudo, um dos problemas com a utilização de resíduos orgânicos, como compostos e

esterco, como meio de sequestro de C terrestre é a sua taxa relativamente rápida de degradação, levando à liberação de dióxido de carbono (AYILARA et al., 2020). O uso de biocarvão, além de aumentar o teor de carbono no solo (Tabela 3), também aumenta a sua permanência devido a presença de compostos recalcitrantes. Avaliando a mineralização de carbono orgânico do biocarvão e do composto orgânico de cama de aviário em um Argissolo, Tito et al. (2021) verificaram uma maior mineralização de C-CO₂ nos tratamentos que receberam composto orgânico, sendo o biocarvão de cama de aviário mais eficiente na mitigação do efeito “estufa”.

4.2 Resultados do milho

Verifica-se de acordo com análise de variância multivariada (Tabela 4), que o espaço multidimensional das variáveis originais foi reduzido para dois componentes principais (CP1 e CP2) com autovalores maiores que $\lambda \geq 1,0$. Os autovalores e a porcentagem de variação explicados por cada componente representaram conjuntamente 92,44% da variação total, sendo o CP1 explicado por 81,65% da variância e o CP2 por 10,79% da variância restante (Tabela 4). Observa-se ainda, que a interação entre os substratos e as doses (S × D) influenciou significativamente os dois componentes principais (CP1 e CP2) (Tabela 4).

Tabela 4 - Autovalores, porcentagem de variância total explicada, análise de variância multivariada (MANOVA) entre as variáveis padronizadas e os componentes principais.

Variáveis	Componentes principais	
	CP1	CP2
Autovalores (λ)	8,58	1,76
Porcentagem de variância total (S ² %)	81,65	10,79
Teste de Hotelling (T ²) para os substratos (S)	0,01	0,01
Teste de Hotelling (T ²) para doses (D)	0,01	0,01
Teste de Hotelling (T ²) para interação (S × D)	0,01	0,03

As variáveis que apresentaram coeficientes de correlação superior a 0,7 ($r > 0,7$) foram consideradas relevantes e mantidas no banco de dados. Desta forma, na Tabela 5, as variáveis que tiveram maior coeficiente de correlação no CP1 foram: diâmetro do colmo (DC), inserção da espiga (IE), diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), biomassa fresca das folhas (FVF), biomassa fresca do colmo (BFC), biomassa da espiga (FE), biomassa seca das folhas (FSF) e biomassa seca do colmo (FSC). No CP2, apenas altura de planta (AP) apresentou coeficiente de correlação superior a 0,7.

Tabela 5 - Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis padronizadas e os componentes principais.

Componente principal	Coeficientes de correlação (r)									
	AP	DC	IE	DE	CE	FVF	FVC	FVE	FSF	FSC
CP1	-0,60	-0,95	-0,98	-0,95	-0,86	-0,98	-0,96	-0,97	-0,98	-0,95
CP2	0,79	-0,01	-0,13	-0,11	0,12	0,07	-0,20	-0,03	0,03	-0,22

CP1 - componente principal 1; CP2 - componente principal 2; AP (altura de planta - cm), DC (diâmetro do colmo - mm), IE (inserção da espiga), DE (diâmetro da espiga - mm), CE (comprimento da espiga - cm), FVF (fitomassa verde das folhas - g), FVC (fitomassa verde do colmo - g), FVE (fitomassa verde da espiga - g), FSF (fitomassa seca das folhas - g), FSC (fitomassa seca do colmo - g).

Ao analisar as Figuras 4A e 4B, verifica-se que as plantas cultivadas em solo tratado com composto na dose de 10 t ha⁻¹ (CD5) se destacaram em comparação aos demais tratamentos, constatando no componente principal 1 os maiores valores em DC (29,59 mm), IE (93,5 cm), DE (56,64 mm), CE (30,93 cm), FVF (140,09 g), BFC (312,98 g), FE (240,07 g), FSF (53,96 g) e FSC (82,87 g) (Tabela 6). Ao comparar os resultados obtidos nas plantas cultivadas no solo que receberam o tratamento CD5 com as que receberam o tratamento com biocarvão na mesma dose (BD5), verifica-se incremento de 7,03% (1,94 mm) no DC, 16,15% (13,0) na IE, 6,71% (3,56 mm) no DE, 10,46% (2,93 cm) no CE, 15,05% (18,33 g) na FVF, 8,28% (23,94 g) na BFC, 30,39% (55,96 g) na FE, 13,86% (6,57 g) na FSF e 19,18% (13,34 g) na FSC, evidenciando o efeito benéfico do composto na dose de 10 t ha⁻¹ em relação ao biocarvão (BD5).

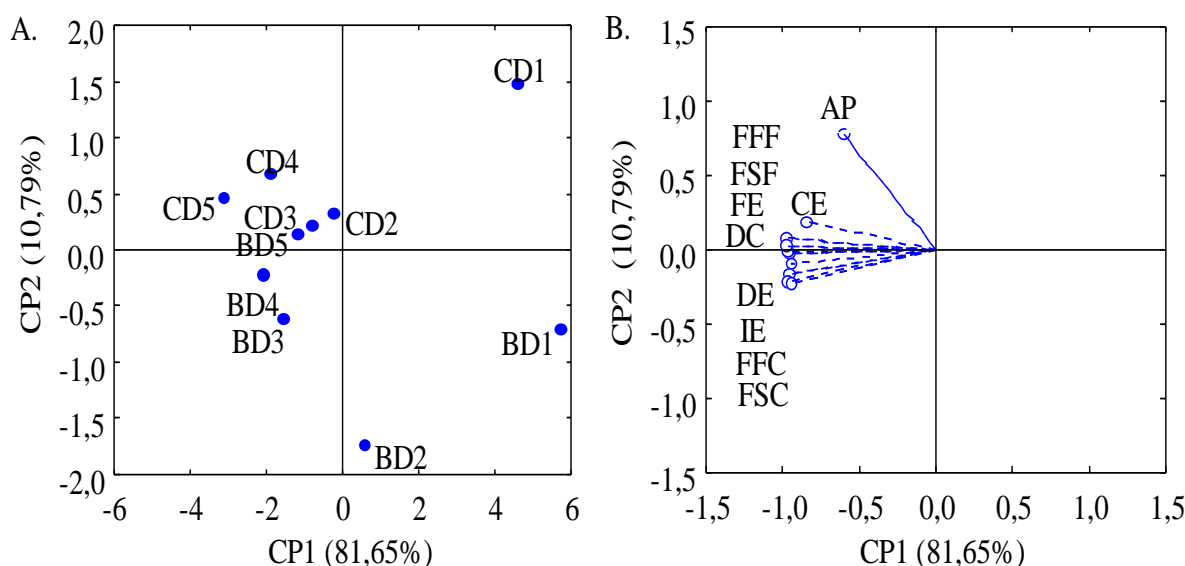


Figura 4 - Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores substratos e doses (A) e das variáveis analisadas do milho (B) nos dois componentes principais (CP1 e CP2). CD1, CD2, CD3, CD4 e CD5 correspondem a aplicação de composto de cama de aviário nas doses 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 t ha⁻¹, respectivamente, e BD1, BD2, BD3, BD4 e BD5 a aplicação de biocarvão de cama de aviário nas doses 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 t ha⁻¹, respectivamente.

Ainda no componente principal 1, é possível observar que os menores valores de DC (19,57 mm), IE (47,33 cm), DE (29,91 mm), CE (23,0 cm), FVF (75,96 g), BFC (127,33 g), FE (80,10 g), FSF (25,28 g) e FSC (32,12 g) foram obtidos nas plantas submetidas ao tratamento controle, ou seja, na dose de zero (BD1) (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores médios originais das variáveis analisadas por tratamento.

Tratamentos	Valores médios									
	AP	DC	IE	DE	CE	FVF	FVC	FVE	FSF	FSC
BD1	103,50	19,57	47,33	29,91	23,00	75,96	127,33	80,10	25,28	32,12
BD2	106,00	24,37	76,67	45,52	27,83	103,46	276,37	166,62	39,50	75,98
BD3	156,67	28,36	92,67	50,64	26,67	117,67	316,27	202,63	46,43	81,81
BD4	160,33	29,04	92,33	49,62	27,83	135,25	316,52	184,67	53,03	77,43
BD5	163,17	27,58	80,50	53,08	28,00	121,76	289,04	184,11	47,39	69,53
CD1	164,00	20,96	48,00	30,25	25,50	78,85	128,17	90,19	26,92	33,14
CD2	167,83	26,48	78,00	39,58	26,50	118,52	273,32	184,83	44,65	73,15
CD3	169,67	26,11	78,00	47,12	27,00	121,90	290,74	166,52	49,13	74,26
CD4	174,50	25,34	89,33	51,41	30,07	129,67	281,00	211,47	49,21	80,09
CD5	175,33	29,52	93,50	56,64	30,93	140,09	312,98	240,07	53,96	82,87

B (biocarvão); C (composto); D1 (dose 1 - 0 t ha⁻¹); D2 (dose 2 - 2,5 t ha⁻¹); D3 (dose 3 - 5,0 t ha⁻¹); D4 (dose 4 - 7,5 t ha⁻¹); D5 (dose 5 - 10 t ha⁻¹); AP (altura de planta - cm), DC (diâmetro do colmo - mm), IE (inserção da espiga), DE (diâmetro da espiga - mm), CE (comprimento da espiga - cm), FVF (fitomassa verde das folhas - g), FVC (fitomassa verde do colmo - g), FVE (fitomassa verde da espiga - g), FSF (fitomassa seca das folhas - g), FSC (fitomassa seca do colmo - g).

Efeito semelhante ao observado no CP1, foi constatado no CP2 (Figura 4), isto é, as plantas cultivadas em solo tratado com composto na dose de 10 t ha⁻¹, apresentaram o maior valor em altura de planta (175,33 cm), correspondendo a um aumento de 7,45% (12,16 cm) em relação as plantas cultivadas com biocarvão na dose de 10 t ha⁻¹ (BD5), já o menor valor de AP (103,50 cm) foi registrado nas plantas cultivadas em solo que não recebeu aplicação de biocarvão, ou seja, na dose de 0 t ha⁻¹ (BD1) (Tabela 6).

Em geral, pode-se observar que as doses crescentes, tanto do composto orgânico como do biocarvão, causaram a melhoria do solo e das variáveis analisadas nas plantas de milho. Estes resultados corroboram com Mendes et al. (2021b) que observaram efeito significativo da aplicação de biocarvão de cama de frango no crescimento e produção do milho híbrido BRS 2022, cujos melhores resultados foram alcançados aplicando-se 6,4 t ha⁻¹ deste insumo. Campos et al. (2017) também verificaram que plantas de milho respondem de forma linear à adubação orgânica até o nível de 7,5 t ha⁻¹ de cama aviária, proporcionando as maiores produções de matérias verde e seca de plantas de milho.

Os efeitos favoráveis do composto em relação ao biocarvão estão diretamente relacionados aos valores de cálcio, magnésio e fósforo do solo que se apresentaram como maiores.

Provavelmente devido a maior facilidade desse material se decompor, promovendo um efeito, praticamente imediato após

a aplicação ao solo disponibilizando esses nutrientes essenciais para o crescimento das culturas. Há relatos de que os efeitos de biocarvão no solo e, conseqüentemente, no rendimento das culturas, não são imediatos após a aplicação, ele reage ao longo do tempo. Pelo contrário, os maiores teores de matéria orgânica ao solo devido a aplicação de biocarvão são devido a sua capacidade de converter o carbono em uma forma aromática estável que tem maior resistência à degradação que o composto orgânico, corroborando Brassard et al. (2016) e Qambrani et al. (2017).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que a utilização do composto orgânico de cama de aviário na dose de 10 t ha⁻¹ aumentou a concentração de cálcio, magnésio, fósforo, hidrogênio, soma de base e melhorou a capacidade de troca de cátions do solo, promovendo incremento no crescimento e nos componentes de produção do milho, em relação ao biocarvão.

O uso de composto orgânico de cama de aviário na dose de 10 t ha⁻¹ pode ser utilizado em substituição ao biocarvão, tendo em vista a melhoria nos atributos químicos do solo, ao custo de produção e aos benefícios a cultura do milho.

REFERÊNCIAS

- ADEKIYA, A. O.; OJENIYI, S. O. Evaluation of tomato growth and soil properties under methods of seedling bed preparation in an Afisol in the rainforest zone of southwest, Nigeria. **Soil and Tillage Research**, v. 64, p. 275-279, 2002.
- AGBEDE, T. M.; OJENIYI, S. O. Tillage and poultry manure effects on soil fertility and sorghum yield in southwestern Nigeria. **Soil and Tillage Research**. v. 64, p. 209-215, 2009.
- AGBOOLA, K.; MOSES, S. A. Effect of biochar and cow dung on nodulation, growth, and yield of soybean (*Glycine max* l. Merrill). **International Journal of Agriculture and Biosciences**, v. 4, n. 4, p. 154-160, 2015.
- AGRAFIOTI, E.; BOURAS, G.; KALDERIS, D.; DIAMADOPOULOS, E. Biochar production by sewage sludge pyrolysis. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v.101, p.72-78, 2013.
- AKANNI, D. I.; OJENIYI, S. O. Residual effect of goat and poultry manures on soil properties, nutrient content and yield of *Amaranthus* in southwestern Nigeria. **Research Journal of Agronomy**. v. 2, p. 44-46, 2008.

AMLINGER, F.; GÖTZ, B.; DREHER, P.; GESZTI, J.; WEISSTEINER, C. Nitrogen in biowaste and yard waste compost: dynamics of mobilisation and availability—a review. *European Journal of Soil Biology*, v. 39, p. 107–116, 2003.

AMLINGER, F.; PEYR, S.; GESZTI, J.; DREHER, P.; WEINFURTNER, K.; NORTCLIFF, S. (2006) **Evaluierung der nachhaltig positiven Wirkung von Kompost auf die Fruchtbarkeit und Produktivität von Böden**. Lebensministerium, Vienna, pp245.

ANO, A. O.; AGWU, J. A. Effect of animal manures on selected soil chemical properties (1). *Nigerian Journal of Soil Science*. v. 15, p.14-19, 2005.

ANTONIALI, S.; SANTOS, N. C. B.; NACHILUK, K. Milho-verde orgânico: produção e pós-colheita. *Pesquisa & Tecnologia*, Campinas, v. 9, n. 2, p. 1-6, 2012.

ANTONIOUS, G. F. **Organic fertilizers: From basic concepts to applied outcomes**. In: LARRAMENDY, M. L; SOLONESKI, S. editors. *Soil Amendments for Agricultural Production*. Rijeka, Croatia: Intech, 2016; 157-187.

AVILA, V. S. de; KUNZ, A.; BELLAVAR, C.; PAIVA, D. P. de; JAENISCH, F. R.; MAZZUCO, H.; TREVISOL, I.M.; PALHARES, J. C. P.; ABREU, P. G. de, ROSA, P. S. **Boas práticas de produção de frangos de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 28p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 51).

AYILARA, M. S.; OLANREWaju, O. S.; BABALOLA, O. O.; ODEYEMI, O. Gestão de Resíduos por meio da Compostagem: Desafios e Potenciais. *Sustentabilidade*, v. 12, n. 11, p. 4456, 2020.

AYOOLA, O. T.; ADENIYAN, O. N. Influence of poultry manure and NPK fertilizer on yield and yield components of crops under different cropping systems in southwest Nigeria. *African Journal of Biotechnology*. v. 5, n. 15, p. 1386-1392, 2006.

BARNES, R. T.; GALLAGHER, M. E.; MASIELLO, C. A.; LIU, Z.; DUGAN, B. Biochar-induced changes in soil hydraulic conductivity and dissolved nutrient fluxes constrained by laboratory experiments. *PLoS One*, v. 9, n. 9, e108340, 2014.

BELEWU, M. A. Subject Review Article: Broiler litter as feed for ruminants - Potential and limitations under Nigerian Conditions. *Ghana Journal of Agricultural Science*, v. 30, p. 79-85, 1997.

BIEDERMAN, L. A.; HARPOLE, W. S. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: A meta-analysis. *GCB Bioenergy*, v. 5, n. 2, p. 202-214, 2013.

BOLAN, N. S.; SZOGI, A. A; CHUASAVATHI, T.; SESHADRI, B.; ROTHROCK, M. J; PANNEERSELVAM, P. Uses and management of poultry litter. *World's Poultry Science Journal*, v. 66, p. 673-698, 2010.

BOLAN, N.; SZOGI, A. A.; CHUASAVATHI, T.; SESHADRI, B.; ROTHROCK, M. J.; PANNEERSELVAM, P. Uses and management of poultry litter. *World's Poultry Science Journal*, v. 66, p. 673-698, 2010.

BRASSARD, P.; GODBOUT, S.; RAGHAVAN, V. Soil biochar amendment as a climate change mitigation tool: key parameters and mechanisms involved. **J. Environ. Manag.** v. 181, p. 484–497, 2016.

CAMPOS, S. A.; LANA, R. P.; GALVÃO, J. C. C.; COELHO, S. P.; TROGELLO, E.; TAVARES, V. B.; SOUZA, M. N.; VELOSO, C. M. Uso de cama aviária na produção de milho e qualidade da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.3, p. 373-387, 2017.

CARVALHO, G. J.; TEIXEIRA, C. M.; MARQUES, E. L. S.; ALMEIDA, K.; FONTANÉTTI, A. Produção orgânica de milho-verde em consórcio com feijão-de-porco (Canavalia ensiformes). **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 275, 2003.

CHANG, J.; LUO, X.; LI, M.; WANG, Z.; ZHENG, H. Short-term influences of peanut-biochar addition on abandoned orchard soil organic N mineralization in north China. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 25, n. 1, p. 67–72, 2016.

CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D.; MENDES, J. S.; DANTAS, E. R. B.; GUERRA, H. C.; TITO, G. A.; SILVA, A. A. R.; LAURENTINO, L. G. DE S.; SOUZA, F. G.; LIMA, W. B.; CHAVES, I. DE B. Characterization of poultry litter biochar for agricultural use. **Sylwan**, v.164, p.468-487, 2020.

CHEN, Y.; MARTA, C-A.; SHEN, Q.; SINGH, B.; CAYUELA, M. L. The long-term role of organic amendments in building soil nutrient fertility: a meta-analysis and review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 111, n. 2–3, p. 103–125, 2018.

DHYANI, V.; BHASKAR, T. A comprehensive review on the pyrolysis of lignocellulosic biomass. *Renew. Energy*, v.129, p.695-716, 2018.

DIACONO, M.; FRANCESCO, M. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, n. 2, p. 401–422, 2010.

DOEBLEY, J. Molecular evidence for gene flow among Zea species. **BioScience**. v. 40, n. 6, p. 443-448, 1990.

DOMINGUES, R. R.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, C. A.; MELO, I. C. N. A. DE; MELO, L. N. C. A.; MAGRIOTIS, Z. M.; SAANCHEZ-MONEDERO, M. A. Properties of biochar derived from wood and high-nutrient biomasses with the aim of agronomic and environmental benefits. **Plos One**, v.12, p.1-19, 2017.

EDEH, I. G.; MAŠEK, O.; BUSS, W. A meta-analysis on biochar's effects on soil water properties-new insights and future research challenges. **Science of The Total Environment**, v. 714, 136857, 2020.

ELSAIDY, N.; ABOUELENIEN, F.; KIRRELLA, G. A. K.; Impact of using raw or fermented manure as fish feed on microbial quality of water and fish. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 41, p. 93-100, 2015.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 1. ed. Guaíba: Agropecuária, 2000. v.1. 360 p.

FEITOSA, H.; SILVA JÚNIOR, R. J. C.; FARIAS, G. C.; ANDRADE FILHO, F. L. Análise multivariada dos atributos químicos de um argissolo sob sistema rotacional (girassol/milho) submetidos à diferentes níveis de salinidade e nitrogênio. *In: OLIVEIRA, R. J. Jornadas científicas*. v. 1: Guarujá, SP: Editora Científica Digital, 2020. p. 117-129.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, E. R. B.; LAURENTINO, L. G. de S.; CAVALCANTE, A. R.; KUBO, G. T. M. Thermal treatment of poultry litter: Part I. Characterization by immediate analysis and gravimetric yield. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 9, p. 633–639, 2022a.

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

FERNANDES, J. D.; GUERRA, H. O. C.; CHAVES, L. H. G.; LAURENTINO, L. G. DE S.; CAVALCANTE, A. R.; KUBO, G. T. M. Thermal treatment of poultry litter: Part II. Evaluation of structural and morphological characteristics. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 9, p. 680–687, 2022b.

FURTADO, G. F.; CHAVES, L. H. G. Growth rates and sunflower production in function of fertilization with biochar and NPK. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 2, p. 260-270, 2018.

GOVAERTS, B.; SAYRE, K. D.; LICHTER, K.; DENDOOVEN, L.; DECKERS, J. Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rain fed maize/wheat systems. **Plant and Soil**, v. 291, p. 39–54, 2007.

HAGEMANN, N.; HARTER, J.; BEHRENS, S. 2016. **Elucidating the impacts of biochar applications on nitrogen cycling microbial communities**. In: RALEBITSO-SENIOR, T. KOMANG, Orr, Caroline (Eds.), *Biochar Application: Essential Soil Microbial Ecology*. Elsevier, pp. 163–198.

HAGEMANN, N.; KAMMANN, C. I.; SCHMIDT, H. P.; KAPPLER, A.; BEHRENS, S. Nitrate capture and slow release in biochar amended compost and soil. **PLoS One**, v. 12, n. 2, e0171214, 2017.

HAIR, F. J.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. (2009). **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Tradução Adonai Schlup Sant'Anna. Porto Alegre: Bookman. 688p.

HIJBEEK, R.; VAN ITTERSUM, M. K.; TEN BERGE, H. F. M.; GORT, G.; SPIEGEL, H.; WHITMORE, A. P. Do organic inputs matter – a meta-analysis of additional yield effects for arable crops in Europe. **Plant and Soil**, v. 411, n. 1–2, p. 293–303, 2017.

HOTELLING, H.; EISENHART, C.; HASTAY, M. W.; WALLIS, W. A. (1947). **Multivariate quality control**. Techniques of statistical analysis. New York: John Wiley & Sons. 1947. 73p.

HUSSAIN, M.; FAROOQ, M.; NAWAZ, A.; AL-SADI, A. M.; SOLAIMAN, Z. M.; ALGHAMDI, S. S.; YONG, U. A.; SIDDIQUE, K. H. M. Biochar for crop production: potential benefits and risks. **Journal Soils Sediments**, v. 17, n. 3, p. 685–716, 2017.

IGALAVITHANA, A. D.; OK, Y. S.; NIAZI, N. K.; RIZWAN, M.; AL-WABEL, M. I.; USMAN, A. R. A.; MOON, D. H.; LEE, S. S. Effect of Corn Residue Biochar on the Hydraulic Properties of Sandy Loam Soil. **Sustainability**, v. 9, 266, 2017.

IRFAN, M.; MUKHTAR, N.; AHMAD, T.; MUNIR, M. T. Gastric impaction: an important health and welfare issue of growing ostriches. **Agricultura Tropica et Subtropica**, v. 53, p. 161-173, 2020.

JEFFERY, L. S.; VERHEIJEN, F. G. A.; VAN DER VELDE, M.; BASTOS, A. C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 144, n. 1, p. 175-187, 2011.

JESWANI, H. K.; WHITING, A.; MARTIN, A.; AZAPAGIC, A. Environmental and economic sustainability of poultry litter gasification for electricity and heat generation. **Waste Management**, v. 95, p. 182-191, 2019.

KAISER, H. F., The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, n. 1, p. 141-151, 1960.

KEBEDE, T.; BERHE, D. T.; ZERGAW, Y. Effects of Biochar and Compost Application on Soil Properties and on the Growth and Yield of Hot Pepper (*Capsicum annum* L.), **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2023, n. 6, p. 1-9, 2023.

KYAKUWAIRE, M.; OLUPOT, G.; AMODING, A.; NKEDI-KIZZA, PETER.; BASAMBA, T. A. How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer? A Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 19, p. 1-23, 2019.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (Eds.), 2009. **Biochar for Environmental Management**. Science and Technology. Reprint. Earthscan, London.

LIN, Y.; WATTS, D. B.; RUNION, G. B. Influence of poultry litter on nutrient availability and fate in plant-soil systems: A meta-analysis. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 00043, 2022.

LIU, X.; ZHANG, A.; JI, C.; JOSEPH, S.; BIAN, R.; LI, L.; PAN, G.; PAZ-FERREIRO, J. Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions-A meta-analysis of literature data. **Plant and Soil**, v. 373, p. 583-594, 2013.

MADARI, B. E.; COSTA, A. R.; CASTRO, L. M.; SANTOS, J. L.; BENITES, V. M.; ROCHA, A. O.; MACHADO, P. L. O. A. **Carvão vegetal como condicionador de solo para arroz de terras altas (cultivar Primavera): um estudo prospectivo**. Comunicado Técnico 125. Goiânia, GO. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. 2006. 6 p.

MAHMOUD, E.; GHONEIM, A. M.; SELEEM, M.; ZUHAIR, R.; EL-REFAEY, A.; KHALAFALLAH, N. Phosphogypsum and poultry manure enhance diversity of soil fauna, soil fertility, and barley (*Hordeum aestivum* L.) grown in calcareous soils. **Sci Rep**, v. 13, n. 1, p. 9944, 2023.

MANSOOR, S.; KOUR, N.; MANHAS, S.; ZAHID, S.; WANI, O. A.; SHARMA, V.; WIJAYA, L.; ALYEMENI, M. N.; ALSAHLI, A. A.; EL-SEREHY, H. A.; PARAY, B. A. Biochar as a tool for effective management of drought and heavy metal toxicity. **Chemosphere**, v. 271, 129458, 2021.

MASUD, M. M.; ABDULAHA-ALBAQUY, M.; AKHTER, S.; SEN, R.; BARMAN, A.; KHATUN, M. R. Liming effects of poultry litter derived biochar on soil acidity amelioration and maize growth. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 202, n. 1, 1-10. 2020.

MBAH, C. N.; MBAGWU, J. S. Effect of animal waste on physicochemical properties of a dystic leptosol and maize yield in Southeastern Nigeria. **Nigerian Journal of Soil Science**. v. 1, p. 290 -305, 2006.

MENDES, J. DA S.; FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C.; TITO, G. A.; CHAVES, I. DE B. Chemical and Physical Changes of Soil Amended with Biochar. **Water Air Soil Pollut**, v. 232, n. 338, p. 1-13, 2021a.

MENDES, J. S.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D.; TITO, G. A.; GUERRA, H. O. C.; LAURENTINO, L. G. S.; KUBO, G. T. M.; DANTAS, E. R. B.; SILVA, Y. S.; OLIVEIRA, L. D. Development and production of maize as a function of biochar rates. **SEMINA: ciências agrárias**, v. 42, n. 6, p. 3707-3720, 2021b.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; **Manual de métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos**, Secretaria de Defesa Agropecuária - Brasília, DF, 2017.

MINOGUE, P. J.; OSIECKA, A.; MACKOWIAK, C.; NOWAK, J. Leaching potential with diammonium phosphate and poultry litter fertilization of young pine plantations in the Florida Sandhills. **Southern Journal of Applied Forestry**, v.36, p.181-190, 2012.

MORISS, M. L. Overview of the world maize economy, in Morris, M.L. (Ed), **Maize Seed Industries in Developing Countries**, Lynne Rienner, Boulder, Colorado. 1998; 13-34.

MUMBACH, G. L.; KOTOWSKI, I. E.; SCHNEIDER, F. J. A.; MALLMANN, M. S.; BONFADA, E. B.; PORTELA, V. O.; BONFADA, E. B.; KAISER, D. R. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e milho safrinha. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 97-103, 2017.

OLAKAYODE, A. O.; AKINDE, B. P.; EGBEBI, I. A. Effect of biochar application on selected soil properties in Southwestern Nigeria. **Journal of Soil Science and Environmental Management**, v. 11, n. 3, p. 108–112, 2020.

OLATUNJI, O.; OBOH, V. U. Growth and yield of okra and tomato as affected by pig dung and other manures issue for economic consideration in Benue State. **Nigerian Journal of Soil Science**. v. 22, p.103-107, 2012.

OSAGIE, A. U.; EKA, O. U. **Nutritional Quality of Plant Foods**. **Post-Harvest Research Unit**, University of Benin, Benin. v. 2, n. 1, p. 34 -4, 1998.

PAETSCH, L.; MUELLER, C. W.; KÖGEL-KNABNER, I.; LÜTZOW, M. V. GIRARDIN, C.; RUMPEL, C. Effect of in-situ aged and fresh biochar on soil hydraulic conditions and microbial

C use under drought conditions. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 6852, 2018.

PHARES, C. A.; ATIAH, K.; FRIMPONG, K. A.; DANQUAH, A.; ASARE, A. T.; AGGORWOANANU, S. Application of biochar and inorganic phosphorus fertilizer influenced rhizosphere soil characteristics, nodule formation and phytoconstituents of cowpea grown on tropical soil, **Heliyon**, v. 6, n. 10, p. 1-9, 2020.

PISSINATI, A.; OLIVEIRA, M. A.; PISSINATI, A.; MOREIRA, A. Management and cost of urea application in maize grown in northern Paraná state, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 3, p. 235-241, 2013.

PURSEGLOVE, J. W. **Tropical Crops: Monocotyledons**. Longman Scientific and Technical, New York, p. 300-305, 1992.

QAMBRANI, N. A.; RAHMAN, M. M.; WON, S.; SHIM, S.; RA, C. Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 79, p. 255–273, 2017.

RASA, K.; HEIKKINEN, J.; HANNULA, M.; ARSTILA, K.; KULJU, S.; HYVÄLUOMA, J. How and why does willow biochar increase a clay soil water retention capacity? **Biomass and Bioenergy**, v. 119, p. 346–353, 2018.

REMISON, S. U. **Arable and vegetable crops of the tropics**. Gift-Press Association, Benin City, Nigeria. 2005.

RODRIGUES, P. N. F.; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E.; COSTA, R. N. T.; PEDROSA, E. M. R.; OLIVEIRA, V. S. Efeito do composto orgânico e compactação do solo no milho e nutrientes do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.8, p.788–793, 2011.

SAJJADI, B.; CHEN, W.; EGIEBORA, N. O. A comprehensive review on physical activation of biochar for energy and environmental applications. **Reviews in Chemical Engineering**, v.35, p.1-42, 2018.

SALDANHA, E. C. M.; SILVA JÚNIOR, M. L.; ALVES, J. D. N.; MARIANO, D. C.; OKUMURA, R. S. Consórcio milho e feijão-de-porco adubado com NPK no Nordeste do Pará. **Global Science Technology**, v.10, n.01, p.20 – 28, 2017.

SCHULZ, H.; GLASER, B. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. v. 175, n. 3, p. 410–422, 2012.

SHAW, R. H. **Climate requirement, in Sprague**, G.F. and Dudley, J.W (Ed), Corn and Corn 638 Improvement, 3rd ed Madism, Wisconsin, WI, 1988; 609.

STEINER, C.; BAYODE, A. O.; RALEBITSO-SENIOR, T. K. 2016. **Feedstock and production parameters**. In: KOMANG RALEBITSO-SENIOR, T., Orr, Caroline (Eds.), Biochar Application: Essential Soil Microbial Ecology. Elsevier, pp. 41–54.

TAŃCZUK, M.; JUNGA, R.; KOLASA-WIECEK, A.; NIEMIEC, P. Assessment of the Energy Potential of Chicken Manure in Poland. **Energies**, v. 12, p. 1-18, 2019.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017. 573 p.

TITO, G. A.; FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C.; DANTAS, E. R. B. Organic carbon mineralization of the biochar and organic compost of poultry litter in an Argisol. **SEMINA: ciências agrárias**, v. 42, n. 6, p. 3167-3184, 2021.

VELOSO, L. L. D. S. A.; AZEVEDO, C. A. V. D.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. D.; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, A. A. R. D.; FÁTIMA, R. T.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, V. L.; CHAVES, L. H. G. Production and Fiber Characteristics of Colored Cotton Cultivares under Salt Stress and H₂O₂. **Plants (Basel)**, v. 12, n. 11, p. 2090, 2023.

WIDOWATI, W.; ASNAH, A. Biochar can enhance potassium fertilization efficiency and economic feasibility of maize cultivation. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 2, p. 1-9, 2014.