



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

ROGÉRIO FREIRE DA SILVA

**SUBSTÂNCIAS HÚMICAS COMO PROMOTORAS DO CRESCIMENTO E
COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL RADICULAR EM PIMENTÃO**

**CAMPINA GRANDE
2024**

ROGÉRIO FREIRE DA SILVA

**SUBSTÂNCIAS HÚMICAS COMO PROMOTORAS DO CRESCIMENTO E
COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL RADICULAR EM PIMENTÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / EMBRAPA Algodão, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências Agrárias.

Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar. Linha de Pesquisa: Biotecnologia e Melhoramento Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses.

**CAMPINA GRANDE
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.

S586s Silva, Rogério Freire da.
Substâncias húmicas como promotoras do crescimento e composição nutricional radicular em pimentão [manuscrito] / Rogério Freire da Silva. - 2024.
39 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses, Departamento de Biologia - CCBS. "

1. Capsicum annum. 2. Ácido húmico. 3. Leonardita. 4. Semiárido. I. Título

21. ed. CDD 635.643

ROGÉRIO FREIRE DA SILVA

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS COMO PROMOTORAS DO CRESCIMENTO E COMPOSIÇÃO
NUTRICIONAL RADICULAR EM PIMENTÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba / EMBRAPA Algodão, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências Agrárias.

Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar. Linha de Pesquisa: Biotecnologia e Melhoramento Vegetal.

Aprovada em: 30/04/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dr. José Félix de Brito Neto
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

A Deus por me conceder sabedoria, paciência e saúde para transpor os desafios, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida. À minha família, vocês são minha base e estão sempre no meu coração. Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Gadelha por acreditar no meu potencial. Ao meu irmão Ramon Freire por estar sempre ao meu lado durante a pesquisa e ser um exemplo como pesquisador e pessoa, meu muito obrigado.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias UEPB e Embrapa algodão por se mostrarem sempre dispostos a partilhar o conhecimento.

À Universidade Federal da Paraíba, na pessoa do Prof. Dr. Bruno Dias por ceder o laboratório de matéria orgânica do solo para as análises de fertilidade.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba pelo fomento parcial da pesquisa.

Ao coordenador do Canteiro Cheiro Verde – Stênio Andrey por ceder a sua empresa/família para executarmos o experimento.

Ao governo do estado da Paraíba por me conceder licença remunerada e permitir cursar o mestrado.

RESUMO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma planta de importância nutricional e econômica para o ser humano, entretanto, ainda é pouco cultivada no Semiárido Paraibano. Trabalhos recentes têm demonstrado que o uso de substâncias húmicas como bioestimulantes pode promover incremento no crescimento vegetal, elevando a absorção e assimilação de nutrientes, resultando em aumento de produção. Diante disto, objetivou-se avaliar a capacidade bioestimulante das substâncias húmicas em associação com o esterco bovino na promoção do crescimento vegetal no cultivo de pimentão orgânico no Semiárido paraibano. A pesquisa foi desenvolvida na empresa agrícola familiar: Canteiro Cheiro Verde, localizada no município de Nova Floresta. O delineamento experimental consiste em 12 tratamentos, em blocos ao acaso, arranjos em esquema fatorial com 4 doses de esterco (8, 18, 28 e 38 t ha⁻¹) e 3 doses de substâncias húmicas (0, 8 e 12 kg ha⁻¹). As variáveis analisadas foram altura de planta, diâmetro do caule, comprimento de folha, largura de folha, área foliar, crescimento radicular, massa seca de raiz, taxa relativa de crescimento de altura de plantas, taxa relativa de crescimento área foliar e taxa relativa de crescimento diâmetro de caule, teores nutricionais radiculares de nitrogênio, fósforo e potássio. As substâncias húmicas em interação com o esterco bovino proporcionaram incremento do teor de nitrogênio radicular de 36,05%. O teor de potássio radicular teve incremento de 10,62%. Os incrementos obtidos em altura de planta, área foliar e biomassa seca de raiz foram de 21,2%, 58,21% e 8% respectivamente. O maior diâmetro de caule (18,98 mm) e o maior crescimento total de raiz (22,45 cm) obteve-se aplicando 26,55 e 8 (t ha⁻¹) de esterco bovino respectivamente. A associação de substâncias húmicas com esterco bovino promoveu crescimento positivo da parte aérea, biomassa seca de raiz e incremento nutricional radicular no pimentão nas condições edafoclimáticas do Semiárido paraibano.

Palavras-Chave: *Capsicum annuum*; ácido húmico; leonardita; semiárido.

ABSTRACT

The bell pepper (*Capsicum annuum* L.) is a plant of nutritional and economic importance for human beings, however, it is still not widely cultivated in the semi-arid region of Paraíba. Recent studies have shown that the use of humic substances as biostimulants can promote an increase in plant growth, enhancing the absorption and assimilation of nutrients, resulting in increased production. Given this, the objective was to evaluate the biostimulant capacity of humic substances in association with cattle manure in promoting plant growth in the cultivation of organic bell peppers in the semi-arid region of Paraíba. The research was carried out at the family farm company: Canteiro Cheiro Verde, located in the municipality of Nova Floresta. The experimental design consists of 12 treatments, in a randomized block design, arranged in a factorial scheme with 4 doses of manure (8, 18, 28 and 38 t ha⁻¹) and 3 doses of humic substances (0, 8 and 12 kg ha⁻¹). The analyzed variables were plant height, stem diameter, leaf length, leaf width, leaf area, root growth, root dry mass, relative growth rate of plant height, relative growth rate of leaf area and relative growth rate of stem diameter, root nutritional contents of nitrogen, phosphorus and potassium. Humic substances in interaction with cattle manure provided a 36.05% increase in root nitrogen content. The root potassium content had an increase of 10.62%. The increases obtained in plant height, leaf area and root dry biomass were 21.2%, 58.21% and 8%, respectively. The largest stem diameter (18.98 mm) and the greatest total root growth (22.45 cm) were obtained by applying 26.55 and 8 (t ha⁻¹) of cattle manure, respectively. The association of humic substances with cattle manure promoted positive growth of the aerial part, root dry biomass, and root nutritional enhancement in bell peppers under the edaphoclimatic conditions of the semi-arid region of Paraíba.

Keywords: *Capsicum annuum*; humic acid; leonardite; semiarid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Dados da temperatura média do ar e da profundidade das precipitações durante o período experimental.....	16
Figura 2 – Teores nutricionais de nitrogênio e potássio em raízes de pimentão.....	22
Figura 3 – Crescimento absoluto de altura de planta e taxa relativa de crescimento de altura de planta de pimentão sob aplicação de esterco bovino e substâncias húmica.....	24
Figura 4 – Área foliar e taxa relativa de crescimento de área foliar de pimentão sob aplicação de esterco bovino e substâncias húmicas.....	25
Figura 5 – Diâmetro de caule e taxa relativa de crescimento de diâmetro de caule de pimentão sob aplicação de esterco bovino e substâncias húmicas.....	27
Figura 6 – Crescimento e biomassa de raiz de pimentão sob aplicação de esterco bovino e substâncias húmica.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química e física do solo pré-instalação do experimento.....	17
Tabela 2 – Caracterização química do esterco bovino.....	17
Tabela 3 – Resumo da análise de variância dos teores nutricionais de N, P e K em função de doses de esterco e substâncias húmicas.....	21
Tabela 4 – Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento aéreo AP, AF, DC, TRCAP, TRCAF e TRCDC em função de doses de esterco e substâncias húmicas.....	23
Tabela 5 – Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento radicular MSR e CTR em função de doses de esterco e substâncias húmicas.....	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivo geral	11
1.2	Objetivos específicos	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	A cultura do pimentão	12
2.1.1	<i>Origem e caracterização botânica</i>	12
2.1.2	<i>Importância econômica</i>	12
2.2	Esterco bovino	13
2.3	Substâncias húmicas	14
2.4	Leonardita	15
2.5	Efeito das substâncias húmicas no crescimento vegetal	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1	Local do experimento	17
3.3	Delineamento experimental	18
3.4	Condução do experimento	18
3.5	Análises estatísticas	18
3.6	Crescimento	19
3.7	Crescimento radicular	19
3.8	Composição nutricional radicular	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1	Teores radiculares de macronutrientes	21
4.2	Variáveis de crescimento aéreo	23
4.3	Variáveis de crescimento radicular	28
5	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma das hortaliças mais consumidas no mercado brasileiro, sendo apreciada de diversas formas (DA SILVA et al., 2022). Sua demanda global tem aumentado consideravelmente nos últimos anos. O pimentão verde apresenta grande quantidade de pigmentos fotossintetizantes como a clorofila a e b, enquanto os pimentões de cor amarela e vermelha possuem predominância de pigmentos carotenoides como a violaxantina, zeaxantina, luteína e betacaroteno (HALLMANN et al., 2019). Os carotenoides encontrados no pimentão são precursores da vitamina A, a qual gera diversos benefícios à saúde humana (GIAMPIERI et al., 2022). Além disso, o pimentão apresenta alto teor de ácido ascórbico, licopeno e compostos fenólicos, que são moléculas bioativas com grande atividade antioxidante (CARES et al., 2015; SILVA et al. 2017). Portanto, o pimentão é importante não só economicamente, mas também contribui para a saúde humana uma vez que possui uma série de compostos como aminoácidos, glicídios e moléculas que atuam na redução dos radicais livres e na diminuição das espécies reativas de oxigênio (REIS, 2016).

A maioria dos fertilizantes comerciais químicos e orgânicos são produzidos fora do Brasil, os maiores produtores em 2022 foram Rússia, Canadá e China (FAO, 2024). Diante disto, torna-se necessário testar, em condições edafoclimáticas do semiárido, os produtos comerciais produzidos em países com climas e solos diferentes do brasileiro. Considerando os preços normalmente elevados dos fertilizantes minerais, que em sua maioria são importados, o esterco bovino surge como uma alternativa viável para a adubação orgânica, isso porque atua como condicionador químico e físico do solo, é fonte nutricional da microbiota e disponibiliza nutrientes para as plantas (SRIDHAR et al., 2022).

A aplicação do esterco bovino é uma forma simples de destinar resíduos da pecuária, ao passo que se verifica melhoria na estrutura do solo, favorecendo ao processo de infiltração e retenção de água, formação de agregados, melhoria da aeração e redução no processo erosivo dos solos tropicais (FARIA et al., 2020). Além disso, na utilização de esterco bovino, há disponibilização de macronutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, bem como um aumento na concentração de carbono orgânico do solo (SEKARAN et al., 2020).

O esterco bovino tem sido utilizado no cultivo de hortaliças, devido a sua grande quantidade de nutrientes, os quais podem ser disponibilizados às plantas por um período mais prolongado durante o ciclo da cultura (COSTA et al., 2016; YANG e ZHANG, 2022), proporcionando crescimento e desenvolvimento das hortaliças, resultando em aumento da produção.

A associação do esterco bovino a bioestimulantes orgânicos pode ser uma técnica de manejo viável para reduzir custos e aumentar a produção. Essa associação pode reduzir a utilização

de fertilizantes minerais que podem ser danosos ao meio ambiente pela possibilidade de contaminação do solo e lençóis freáticos (SOUZA., 2018).

Trabalhos recentes têm demonstrado que o uso de substâncias húmicas como bioestimulantes pode promover incremento no crescimento vegetal, elevando a absorção e assimilação de nutrientes, resultando em aumento de produção (ROUPHAEL e COLLA, 2020). Além disso, as substâncias húmicas promovem tolerância a estresses abióticos, favorecendo o cultivo em condições semiáridas (BULGARI et al., 2019; ROUPHAEL e COLLA, 2020; FRANZONI et al., 2022). Aplicando doses de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos em plantas de soja, Catuchi et. al. (2016) obtiveram aumento do número de vagens por planta, o que proporcionou aumento na produtividade. Quando aplicadas em milho, as substâncias húmicas promoveram o aumento no comprimento e diâmetro do caule assim como maior peso fresco por espiga (GARCÍA et al., 2016).

As substâncias húmicas agem sobre o ápice radicular, promovendo maior alongamento e diferenciação celular precoce. Elas atuam no cilindro central melhorando a condutividade hídrica e a mobilização dos nutrientes, proporcionando aumento do diâmetro dos elementos de vaso do xilema o que torna a planta mais eficiente na absorção de água e nutrientes (PIZZEGHELLO et al., 2020).

Nesse contexto, objetivou-se avaliar a capacidade bioestimulante das substâncias húmicas em associação com o esterco bovino na promoção do crescimento vegetal no cultivo de pimentão no Semiárido Paraibano.

1.1 Objetivo geral

Avaliar a capacidade bioestimulante das substâncias húmicas em associação com o esterco bovino na promoção do crescimento vegetal e composição nutricional radicular no cultivo de pimentão no Semiárido Paraibano

1.2 Objetivos específicos

Investigar a combinação de substâncias húmicas e esterco bovino para aumentar o teor nutricional radicular;

Analisar a influência das substâncias húmicas na promoção de aumento da biomassa de raiz no pimentão orgânico em condições edafoclimáticas do Semiárido paraibano;

Determinar as dosagens ideais de substâncias húmicas e esterco bovino para promover o crescimento do pimentão orgânico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do pimentão

2.1.1 Origem e caracterização botânica

O gênero *Capsicum* teve origem na América do Sul, mais especificamente na região Andina, estendendo-se pela Colômbia, Equador e Peru (CARRIZO-GARCIA et al., 2016; GONZÁLEZ-LÓPEZ et al., 2021). No Brasil, a sua expansão teve início a partir da bacia amazônica, estendendo-se pelo centro-oeste, sudeste e norte em direção à América Central. A espécie *C. annuum* é encontrada em todo o mundo enquanto *C. pubescens* e *C. baccatum* estão restritas à América do Sul na região da Cordilheira dos Andes e terras altas americanas. As espécies *C. frutescens* e *C. chinense* são muito apreciadas na África, Ásia e América do Sul (BOSLAND e VOTAVA, 2012; GONZÁLEZ-LÓPEZ et al., 2021).

A família Solanacea abrange plantas de grande interesse econômico como o tomate (*Solanum lycopersicum*), o tabaco (*Nicotiana tabacum*), a berinjela (*S. melongena*), a batata (*S. tuberosum*) e em especial o pimentão (*C. annuum* var. *annuum*). O pimentão possui classificação científica no Reino Plantae, Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida, Ordem Solanales, Família Solanaceae, Subfamília Solanoideae, Tribo Solaneae, Subtribo Capsicinae, Gênero *Capsicum* e Espécie *Capsicum annuum* (FLORA, 2020).

O *C. annuum* tem porte subarborescente ramificado anual ou bienal, com caule lenhoso e ramos eretos, angulosos e pubescentes, suas folhas são simples, inteiras, oval-acuminadas, glabras, e de coloração verde escura, variando em tamanho. Suas flores são simples, pequenas e numerosas, pétalas brancas, aparecendo na inserção dos ramos. O fruto (baga) apresenta formas, tamanhos e cores variáveis (LIMA, 2019). As flores são pequenas, isoladas e hermafroditas, com corola de 15 mm de diâmetro e cor branca leitosa (CASALI et al., 1984). O fruto do pimentão é do tipo baga, com formatos cônicos, semicônicos, retangulares ou quadrados, nas cores verde, amarelo, vermelho, creme, laranja e roxo (CAVALCANTE et al., 2021).

2.1.2 Importância econômica

O cultivo do pimentão e das pimentas é de grande importância econômica, sendo consumida em todo o mundo. O continente Asiático concentra a maior parte da produção mundial sendo responsável por 67,3%, seguido da América com 12,9%, África com 9,5%, Europa com 10,2% e Oceania com 0,2 % (FAO STATISTIC, 2023). No ano de 2022, de acordo com os dados da Fao Statistic (2023), a produção mundial foi de 36.972.494,42 toneladas, cultivadas em uma área total

de 2.020.816 hectares. Entre os maiores produtores mundiais estão a China, México e Indonésia, com 16.810.518,62; 3.133.244,27; 3.020.262,11 toneladas, respectivamente.

A nível nacional, o pimentão é uma hortaliça que se encontra entre as dez mais importantes do ponto de vista econômico. O Sudeste destaca-se como a maior região cultivada (FILHO et al., 2018). Em 2017, a produção nacional atingiu cerca de 224.286 toneladas, provenientes de 32.507 estabelecimentos rurais (IBGE, 2017). Naquele mesmo ano, a Paraíba contribuiu com apenas 3.519 toneladas, correspondendo a 1,56% da produção total do Brasil (IBGE, 2017).

2.2 Esterco bovino

Atualmente, há uma crescente necessidade de reciclar nutrientes em prol da sustentabilidade, o que implica em uma maior demanda por fontes de nutrientes orgânicos na agricultura (BERGSTRAND, 2022). O esterco bovino pode ser uma alternativa eficiente na adubação orgânica, pois pode promover alterações benéficas na estrutura física do solo contribuindo para o maior acúmulo de carbono e a melhora na ação microbiana (SEKARAN et al., 2020). O solo tratado com esterco bovino pode modificar suas características melhorando a densidade aparente, proporcionando maior estabilidade de agregados, melhor infiltração e armazenamento de água, além de melhorar a fertilidade do solo através da disponibilização de micronutrientes e macronutrientes essenciais como nitrogênio, fósforo e potássio, necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas (RAYNE e AULA, 2020; LI, 2022).

O uso excessivo de adubos químicos pode resultar em poluição ambiental contaminando o solo e os lençóis freáticos. Nesse sentido, o emprego de adubo orgânico atua como um suprimento de longo prazo de diversos nutrientes no solo, contribuindo para a preservação ambiental (LEE, 2023). A substituição do adubo químico com o esterco de animais pode gerar um efeito positivo na saúde do solo sem diminuir a produção (ESTEVES, 2023).

Diversos trabalhos têm demonstrados os efeitos positivos do uso de esterco como fonte de adubação orgânica na cultura do pimentão (HOSSAIN et al., 2022; MORIT et al., 2023). Ao trabalhar com substrato à base de esterco bovino em mudas de pimentão Silva Júnior et al., (2022) obtiveram resultados satisfatórios em variáveis de crescimento como massa seca de raiz, caule e folha em comparação ao grupo de controle.

O esterco, como subproduto da pecuária obtido a partir de excremento animal pode oferecer risco de contaminação do solo e da água, mostrando-se potencialmente poluente do meio ambiente ao emitir dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, gases reconhecidamente danosos à camada de ozônio (FANGUEIRO et al., 2021). Portanto, é necessário potencializar o uso do esterco bovino com consequente diminuição da dosagem, resultando em menor poluição e potencial redução dos custos de produção.

O uso de práticas agrícolas conservacionistas, utilizando esterco bovino como fonte de matéria orgânica na produção vegetal, permite aos agricultores, especialmente aos pequenos agricultores, oferecer no mercado um produto diferenciado. Isso ocorre ao utilizar fertilizantes disponíveis localmente para desenvolver o sistema agrícola familiar. (GOMES et al., 2020).

2.3 Substâncias húmicas

Atualmente há grande necessidade de aumentar a produção de alimentos, devido ao crescimento exponencial da população mundial. Nesse sentido, os bioestimulantes vegetais surgem como alternativa ecologicamente correta para o cultivo. Eles consistem em substâncias naturais, compostos produzidos em laboratório, ou microrganismos que têm a capacidade de facilitar a absorção de nutrientes, potencializar o seu uso pela planta e mitigar o estresse abiótico quando aplicados via foliar, solo ou sementes (SILVA et al., 2016; FRASCA et al., 2020). Esses bioestimulantes são classificados em ácidos, microrganismos, sais inorgânicos, extratos enzimáticos, proteínas hidrolisadas e produtos agroindustriais (HASANUZZAMAN et al., 2021). No Brasil, não há lei que regulamente os bioestimulantes portanto, eles estão registrados como reguladores de crescimento pelo MAPA na instrução normativa Nº 32, de 26 de outubro de 2005 (BRASIL, 2005).

Os bioestimulantes podem estimular o metabolismo da planta proporcionando maior divisão e alongamento celular, síntese de pigmentos fotossintéticos, bem como melhoria na absorção e mobilização de nutrientes, fatores que influenciam diretamente no aumento da produtividade (FRASCA et al., 2020). Os efeitos bioquímicos e nutricionais dos bioestimulantes, atuando como promotores de crescimento vegetal, resultam em aumento da produção. No entanto, ainda há pouco entendimento e esclarecimento sobre esses efeitos.

Dentre os bioestimulantes, destacam-se as substâncias húmicas, que são definidas como compostos claros ou escuros com uma composição molecular altamente complexa formadas moléculas orgânicas de alto peso molecular. Elas resultam de reações químicas provenientes do processo de decomposição da matéria orgânica presente no solo, através da humificação (ORLOV, 1995). As substâncias húmicas distinguem-se de acordo com a solubilidade, reatividade e peso molecular, suas frações são ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e huminas (SCHNITZER, 1978). O ácido fúlvico apresenta baixa intensidade de cor, grau de polimerização, peso molecular, quantidade de carbono orgânico e elevada acidez trocável. A humina possui intensidade de cor, grau de polimerização, peso molecular e quantidade de carbono orgânico altos, baixa acidez trocável, solubilidade e oxigênio. O ácido húmico possui valores médios para cada característica (CANELLAS e SANTOS, 2005).

2.4 Leonardita

A leonardita é obtida a partir da oxidação de linhitos de carbono, uma fonte rica em substâncias húmicas, podendo chegar até 90% do seu conteúdo. Trata-se de mineraloide ceroso marrom ou preto, com consistência macia, brilhante e vítrea que pode ser dissolvida em soluções alcalinas (MUDROŇOVÁ et al., 2020). Como ácido húmico é insolúvel em solução ácida ele pode ser extraído da leonardita por meio de soluções alcalinas como sódio aquecido ou hidróxido de potássio. A solução é tratada com um ácido forte que precipita o ácido húmico (OZUZUN et al., 2021). A leonardita está sendo utilizada principalmente no cultivo de hortaliças como alho (*Allium sativum*), morango (*Fragaria × ananassa*) e pimentão devido às suas propriedades de ativação metabólica, as quais podem influenciar no crescimento vegetal. (SARIYILDIZ, 2020; ANTÓN-HERRERO et al., 2022; MARTÍNEZ-DE LA CRUZ et al., 2022;).

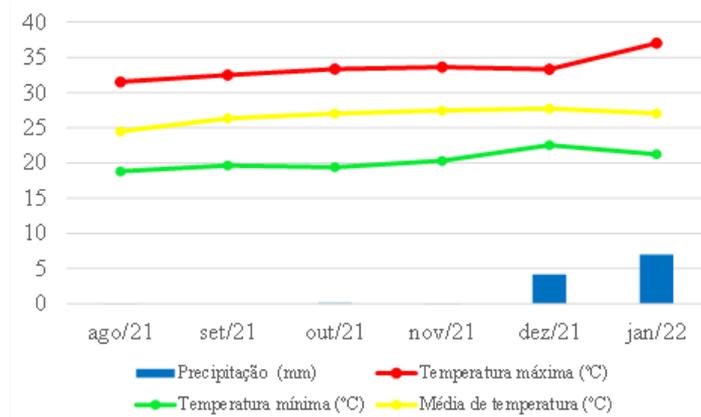
2.5 Efeito das substâncias húmicas no crescimento vegetal

As substâncias húmicas são notáveis promotoras de crescimento vegetal, devido às suas características físicas e químicas (SHEN et al., 2017). Elas modificam indiretamente o metabolismo vegetal, ao alterar as condições edáficas, complexar metais e aumentar a capacidade de troca de cátions (CTC), fornecendo nutrientes e aumentando a capacidade de retenção de água (BALDOTTO et al., 2014). Diretamente, influenciam no transporte de íons, atividade respiratória, conteúdo de clorofila, síntese de ácidos nucleicos e enzimas como as H⁺-ATPases presentes na membrana plasmática (JINDO et al., 2020). Os ácidos húmicos também atuam promovendo a ativação de genes específicos, na quantidade de organelas, no metabolismo primário e no secundário (CANELA et al. 2020). As substâncias húmicas têm a capacidade de estimular o crescimento vegetativo, reprodutivo e a nutrição no pimentão (HOSSEINFARAH, 2024). Diante disso, existem fortes evidências dos efeitos positivos das substâncias húmicas na promoção do crescimento vegetal.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da empresa agrícola familiar de produção orgânica: Canteiro Cheiro Verde. Localizada no município de Nova Floresta, microrregião do Curimataú Paraibano, Brasil, cujas coordenadas geográficas são 6° 27' 8" latitude Sul, 36° 12' 26" longitude Oeste, altitude de 660 metros, com clima classificado por Köppen tipo As” (Clima Tropical com estação seca de verão, chuvas de inverno-outono) (ALVARES et al., 2013). Durante o experimento (agosto de 2021 a janeiro de 2022), foram registadas temperaturas mínimas e máximas diárias e a umidade relativa do ar seguindo os dados da Agritempo que constam na Figura 1, com valores médios de 25,0°C; 30,0°C; 20°C e 5,0% (temperatura média, temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação do ar, respectivamente).

Figura 1 – Dados de temperatura média do ar e da profundidade das precipitações durante o período experimental.



Fonte: Agritempo (2024).

O solo da área experimental foi classificado como Areia Argilosa (EMBRAPA, 2018), o qual foi coletado a uma profundidade de 20 cm, peneirado em peneira com abertura de malha de 2 mm e seco à sombra por 48 h. O solo após secagem foi caracterizado quimicamente no Laboratório de Matéria Orgânica do Solo (LabMOS), e fisicamente no Laboratório de Física do Solo (LabFIS), pertencentes ao Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER – UFPB), conforme Teixeira (2017). A caracterização química e física do substrato utilizado está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização química e física do solo pré-instalação do experimento

Atributos químicos								
pH (água)	P (Melich- 1)	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Na⁺	Al³⁺	H+Al³⁺	M.O
	mg kg ⁻¹	----- cmol _c kg ⁻¹ -----						g kg ⁻¹
7.4	410.17	0.7	12.24	3.84	2.18	0	0	42
Atributos físicos								
Areia	Silte	Argila	Argila Natural	Grau de Floculação	Densidade do Solo	Densidade de Partícula	Poros Totais	Classificação Textural
----- g kg ⁻¹ -----					----- g cm ³ -----		m ³ m ⁻³	
727	149	124	26	790	1.53	2.46	0.38	Franco Argilosa

Fonte: LABMOS-UFPB, 2021.

3.1 Adubação orgânica

A fonte de adubação orgânica utilizada foi esterco bovino, constituído das seguintes características químicas dispostas na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização química do esterco bovino

Atributos e macronutrientes										
D	ECse	pH	C/N	U₃₆^e	N	C	P	K	Ca	Mg
kg m ³	dS m ⁻¹			%	----- g kg ⁻¹ -----					
874.5	5.02	8.98	1.2	9.09	15.8	19	5.2	15.3	12.7	14.4
Micronutrientes										
		Na	S	Si	Cu	Fe	Mn	Zn	B	
		----- mg kg ⁻¹ -----								
		6.4	3.7	14.8	23.9	11.74	774.2	105.8	7.9	

Fonte: LABMOS-UFPB, 2021.

O bioestimulante utilizado é composto de substâncias húmicas, proveniente de leonardita e composto por 70% de ácidos húmicos, 15% ácido fúlvico e 14% de potássio (K₂O), 0% de fósforo (P₂O₅), 1% de nitrogênio (N), 1% Cálcio (Ca), 0,15% magnésio (Mg), <,001% de cobre (Cu), 0,002% de zinco (Zn), 0,50% de ferro (Fe) e 0,02% de Boro (Bo). Apresenta as seguintes características físico-químicas: Índice salino = 26%, Solubilidade em água = 300 (g L⁻¹) a 20°C; CTC = 200 cmol_c kg⁻¹; pH = 9.68 em solução 1:10 (m:v).

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4 (doses de esterco bovino Eb: 8,0; 18,0; 28,0; 38,0 t ha⁻¹) x 3 (doses de substâncias húmicas – SH: 0,0; 8,0; 12,0 kg ha⁻¹) com quatro repetições. A área experimental foi dividida em 4 canteiros, com dimensões de 20.8 m de comprimento, 0.8 m de largura e 0.2 m de altura. As plantas foram cultivadas em fileiras duplas, distando 0.4 m entre fileiras e plantas, 0.6 entre canteiros, resultando em área útil de 0.64 m² por parcela.

3.4 Condução do experimento

O preparo do solo ocorreu através de escarificador acoplado em mini trator e os canteiros foram formados e padronizados por meio de encanteirador automático. Os canteiros foram cobertos por meio de lona plástica do tipo Mulching. O pimentão cultivado foi o verde híbrido, variedade Kolima Top Seed®. As sementes foram semeadas em bandejas medindo 0.53 m de comprimento, 0.27 m largura e 0.42 m de altura com capacidade para 200 células, utilizando como substrato 60 kg de fibra de coco; 0.02 m³ de vermicomposto; 0.005 m³ de cinzas; 100(ml de microrganismos eficientes ME composto por arroz cozido sem sal, melão de cana-de-açúcar e colonizado por microrganismos de mata nativa (ANDRADE et al. 2020), aplicados à lanço no substrato, as mudas foram transplantadas para o local de cultivo 35 dias após semeadura (DAS), quando as plântulas atingiram 15 (cm) de altura e 5 folhas definitivas.

A irrigação foi realizada por meio de sistema de gotejamento (fita gotejadora), com turno de rega de até 30 min dia⁻¹ e vazão de 1,5 L H⁻¹ com estimativas de lâmina média diária de 7,5 (mm dia⁻¹), dividida em duas aplicações médias de 3,75 mm, no início da manhã e final da tarde. Para a manutenção da reposição hídrica (acima de 70% da capacidade de campo) foram utilizados tensiômetros analógicos instalados a 0.20 e 0.40 m de profundidade nos canteiros. As substâncias húmicas foram aplicadas via solo, linearmente nas fileiras de cultivo e parceladas: transplântio (8 DAT), crescimento vegetativo (30 DAT), início da frutificação (60 DAT) e colheita (90 DAT).

3.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p > 0,05$). Os modelos polinomiais de regressão ajustados para o fator esterco e teste de média (Tukey) para o fator substâncias húmicas ($p > 0,05$). As análises foram realizadas utilizando o software estatístico R® 4.2.0 (TEAM, 2018), pacote FactoMineR versão 2.4 para as análises multivariadas. Os gráficos foram confeccionados no Software SigmaPlot® 12.5 (Systat Software, San Jose, CA, USA).

3.6 Crescimento

Para as variáveis de crescimento, foram avaliadas a altura de planta, medindo da base do solo até a última incisão folia da planta, a medição foi feita com o auxílio de régua e os valores foram expressos em cm. O diâmetro do caule foi mensurado com o auxílio de um paquímetro digital e os valores expressos em mm. Comprimento da folha, foi obtido medindo a distância máxima da nervura principal. A largura das folhas, foi obtida medindo-se a largura máxima, e a área foliar, foi determinada conforme a equação:

$$AF = K * L * C$$

Sendo que:

K = coeficiente de correlação (0,60) (TIVELLI et al., 1997);

L = largura (cm);

C = comprimento.

Ocorreram quatro avaliações de crescimento aéreo, aos 22, 36, 48 e 56 (DAT).

Foram calculadas as taxas de crescimento relativo das variáveis de crescimento aéreo, taxa de crescimento relativo altura de planta TCRAP cm dia^{-1} , taxa de crescimento relativo diâmetro de caule TCRDC mm dia^{-1} e taxa de crescimento relativo área foliar TCRAF $\text{cm}^2 \text{dia}^{-1}$, metodologia proposta por Benincasa (2003): $\text{TCR} = \ln M_2 - \ln M_1 / t_2 - t_1$.

3.7 Crescimento radicular

As plantas de pimentão foram coletadas ao final do ciclo produtivo, aos 135 (DAT), destacadas da planta a partir do colo, lavadas com água destilada, medindo-se o comprimento total da raiz cm e aferida a biomassa seca da raiz com valores expressos em (g).

3.8 Composição nutricional radicular

Os teores nutricionais de macro nutrientes radiculares foram quantificados no fim do ciclo produtivo. O material vegetal radicular foi acondicionado em sacos de papel *Kraft* e posteriormente acondicionado em estufa de circulação forçada de ar a 65°C para secagem. Em seguida o material vegetal foi triturado em moinho tipo *Willey* e as amostras foram encaminhadas para análises químicas no LabMOS – pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba.

Os teores nutricionais de N, P e K foram quantificados conforme metodologia descrita por Thomas et al., (1963), o Nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl, após digestão peróxido sulfúrica. Os teores de Fósforo foram determinados colorimetricamente pelo método do azul de

molibdênio. Já os teores de potássio foram determinados por fotometria de chama modelo 910 Analyser®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teores radiculares de macronutrientes

O teor nutricional de nitrogênio (N) foi influenciado pela interação das substâncias húmicas (SHs) com o esterco bovino ($p \leq 0.01$), o teor de potássio (K) foi influenciado apenas pelas substâncias húmicas ($p \leq 0.01$), entretanto, o fósforo (P) não sofreu influência dos tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância dos teores nutricionais de N, P e K em função de doses de esterco e substâncias húmicas

Fonte de Variação		N	P	K
	GL	Quadrado médio		
Esterco	3	28.07*	0.00 ^{ns}	7.40 ^{ns}
Substância Húmica	2	8.51 ^{ns}	0.00 ^{ns}	76.03**
Esterco*Substância Húmica	6	41.35**	0.00 ^{ns}	25.27 ^{ns}
Blocos	3	16.54	0.00	36.98
Resíduo	33	8.10	0.00	14.24
CV (%)		10,4	17,4	11,4

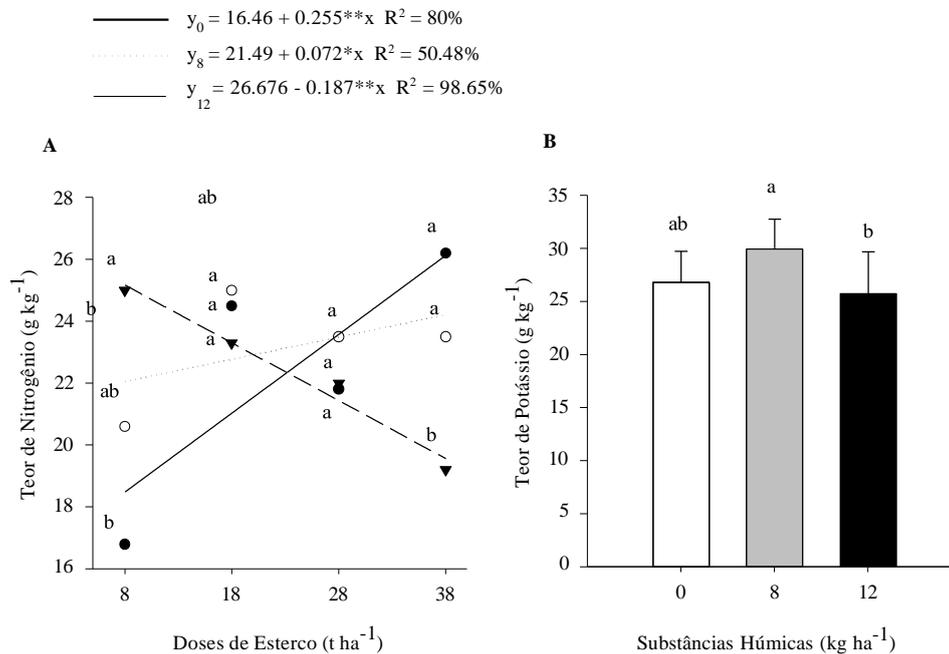
Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Obteve-se o maior teor de N 26,15 g/kg⁻¹ através da aplicação de 38 t ha⁻¹ de esterco sem a aplicação de SHs. No entanto, a interação entre SHs e esterco, demonstrando um comportamento linear decrescente, mostrou-se mais eficiente ao ser aplicado 8 t ha⁻¹ de esterco e 12 kg/ha⁻¹ de SH, resultando em um teor máximo de N radicular acumulado de 25,17 g/kg⁻¹. Ao comparar a não aplicação de SHs com a aplicação da dose máxima 12 kg/ha⁻¹, na mesma dosagem de esterco 8 t/ha⁻¹, houve incremento de 36,05% no teor de N radicular. Isso demonstra redução expressiva no uso de esterco e maior eficiência na assimilação de N (Figura 2A). Não houve diferença significativa de acúmulo de N radicular na aplicação de substâncias húmicas nas dosagens médias de esterco, 18 e 28 t/ha⁻¹ respectivamente.

O nitrogênio é um elemento fundamental no crescimento vegetal, ele está presente em aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e em moléculas como a clorofila, a sua deficiência (clorose) é fator limitante para a sobrevivência da planta (TAIZ e ZEIGER, 2017).

Figura 2 – Teores nutricionais de nitrogênio e potássio em raízes de pimentão.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. $y_0 = 0 \text{ kg/ha}^{-1}$ de Substâncias Húmicas, $y_8 = 8 \text{ kg/ha}^{-1}$ de Substâncias Húmicas, $y_{12} = 12 \text{ kg/ha}^{-1}$ de Substâncias Húmicas. Médias com letras diferentes dentro de cada dose de esterco diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As substâncias húmicas promovem aumento no número e na espessura de pelos absorventes no pimentão (DA SILVA et al., 2024). Os mecanismos pelos quais ocorrem essas modificações, mediado por SH, é dependente do fluxo polar de auxina e sinalização de óxido nítrico (NO) (ZANDONADI et al. 2010; NARDI et al. 2021). O NO é produzido através de duas rotas metabólicas principais, uma enzimática mediada pelas enzimas nitrato redutase e óxido nítrico sintase, e outra não enzimática através do dióxido de nitrogênio (NO₂) como precursor por meio da acidificação do apoplasto (KOLBERT et al. 2008; FLORES et al. 2008; NARDI et al. 2021). Ao utilizar-se de SHs no plantio de milho se verifica aumento na atividade enzimática de nitrato redutase, o que pode indicar maior assimilação de nitrogênio (N) e consequente maior síntese de NO radicular (VACCARO et al. 2009; VUJINOVIĆ et al. 2020.) Estudos com milho, trigo e colza mostraram aumento na absorção de nitrato (NO₃⁻) influenciado pelas SHs, o que provavelmente aconteceu devido a ativação de transportadores de N NRT1.1 e NRT2.1 (JANNIN, et al 2012; NARDI et al 2000; NARDI et al. 2021).

O teor radicular de potássio (K) foi elevado de 29,2 g/kg⁻¹, sem aplicação de SH, para 32,3 g/kg⁻¹ com a aplicação de 8 kg/ha⁻¹, incremento de 10,62% (Figura 2B). O K é o elemento mais requerido na cultura do pimentão, ele promove a translocação de açúcares produzidos nos órgãos

produtores para frutos, sementes e raízes, além de estar associado com a expansão celular (FILHO, 2018). O K é um íon que pode provocar retenção hídrica nas células, aumentando a pressão de turgor, promovendo a expansão celular (MENEGATTI et al., 2019).

As substâncias húmicas induzem a emergência de raízes laterais, pelos absorventes e alongamento radicular (ELMONGY; WANG; ZHOU, 2020). Com maior acúmulo de K, a raiz pode gerenciar melhor a expansão das suas células o que pode promover maior alongamento celular e translocação de nutrientes internos mais eficiente.

Ao utilizar doses de ácido húmico extraído de leonardita associado ao fertilizante químico NPK, Salehinasab et al., (2022) obtiveram aumento da produtividade e acúmulo expressivo de K em fruto de pimentão verde. Cavalcante et al., (2021) utilizando doses de potássio para adubação de pimentão amarelo obtiveram resultados significativos em altura de planta e área foliar, o que demonstra que o solo com nutrição adequada de potássio pode potencializar o crescimento e desenvolvimento da cultura do pimentão. O esterco bovino possibilita melhores condições físicas do solo e maior disponibilidade de macronutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio. O potássio sobretudo, tende a se acumular no solo com a adubação constante resultando em altas concentrações deste elemento (ARAÚJO et al., 2014).

4.2 Variáveis de crescimento aéreo

A altura de planta (AP), área foliar (AF), TRCAP, TRCAF e TRCAF, TRCDC sofreram influência da interação das SHs com o esterco bovino, entretanto o diâmetro de caule (DC) foi influenciado apenas pelo esterco (Tabela 4).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento aéreo AP, AF, DC, TRCAP, TRCAF e TRCDC em função de doses de esterco e substâncias húmicas

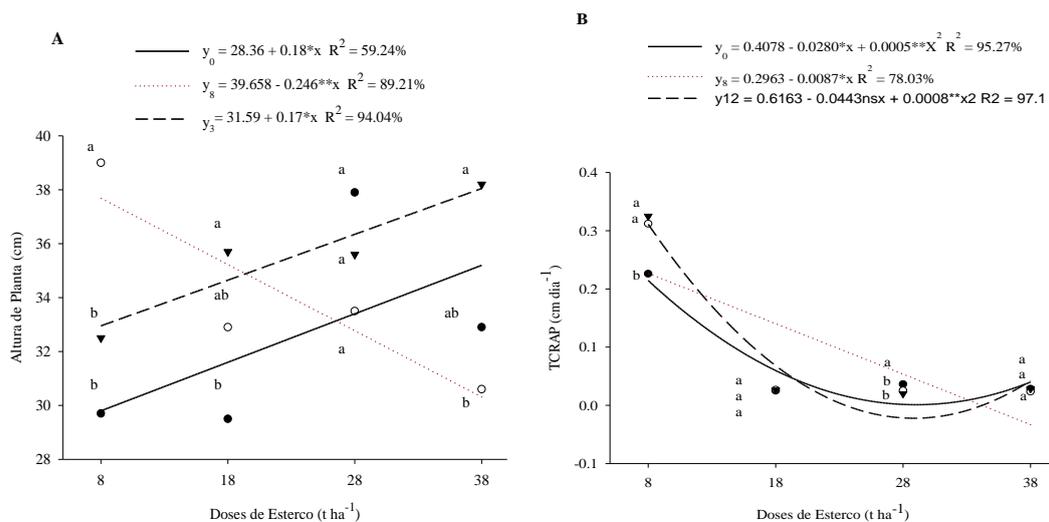
Fonte de Variação	GL	AP	AF	DC	TRCAP	TRCAF	TRCDC
		-----Quadrado médio-----					
Esterco	3	18.61 ^{ns}	1105,78* *	41.04*	3,05 ^{ns}	2,99*	1.06*
Substância Húmica	2	36.15 ^{ns}	815,08**	0.58 ^{ns}	7,90 ^{ns}	1,11 ^{ns}	4.82
Esterco*Substância Húmica	6	57.39**	318,02*	12.50 ^{ns}	1,09*	2,82*	0.01*
Blocos	3	13.29 ^{ns}	27.40 ^{ns}	6.71 ^{ns}	3,51 ^{ns}	1,10 ^{ns}	5.41
Resíduo	33	12.11	97	9.46	3,42	9,60	3.23
CV (%)		8.5	12.9	15.1	17.8	22.7	9.6

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

^{ns} não significativo; *, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Ao analisar os dados, verifica-se que a variável altura de planta, sem aplicação de SH e aplicando a dose máxima 12 kg/ha⁻¹, apresenta comportamento linear crescente conforme aumento das doses de esterco 8, 18, 28 e 38 t/ha⁻¹. Na dose 8 kg/ha⁻¹ o comportamento é inverso, linear decrescente, conforme o aumento das doses de esterco. Ao aplicar 8 kg/ha⁻¹ de SHs e 8 t/ha⁻¹ de esterco obtém-se 37,69 cm de altura, se comparado com não aplicar SHs, na mesma dosagem de esterco, temos incremento de 21,2% (Figura 3A). A maior TRCAP 0,31 cm dia⁻¹, apresentando comportamento quadrático, encontra-se ao aplicar 12 kg/ha⁻¹ de SHs e 8 t/ha⁻¹ de esterco (Figura 3B). Comparando-se com não aplicar as SHs, verifica-se incremento de 47,61%. Os comportamentos observados na AP e TRCAP podem ser explicados pela capacidade de promover o crescimento das SHs está fortemente ligada à fonte, ao peso molecular, ao conteúdo de moléculas bioativas, ao modo de aplicação e sobretudo à dosagem (NARDI et al., 2021).

Figura 3 – Crescimento de altura de planta e taxa relativa de crescimento de altura de planta de pimentão sob aplicação de esterco bovino e substâncias húmica.



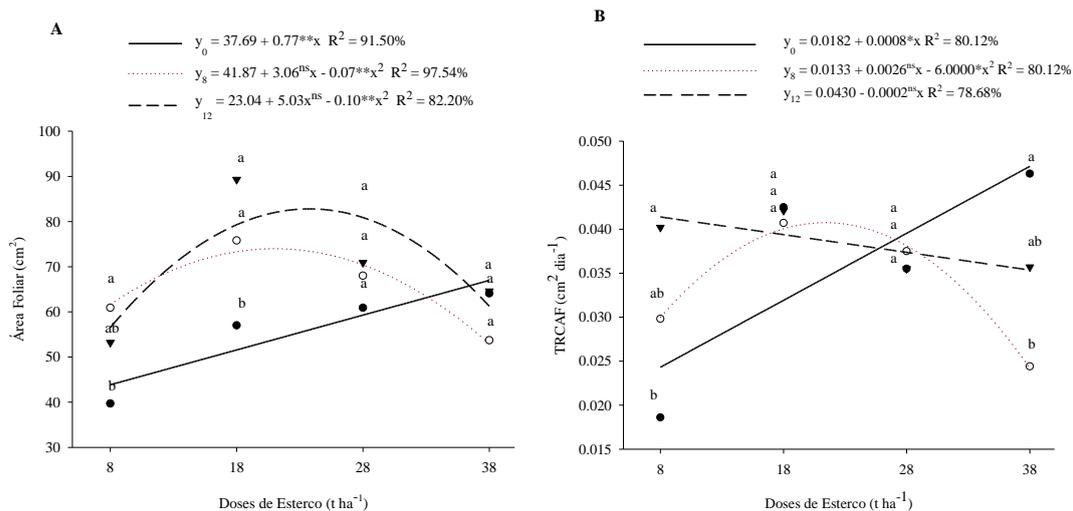
Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. $y_0 = 0$ kg/ha⁻¹ de Substâncias Húmicas, $y_8 = 8$ kg/ha⁻¹ de Substâncias Húmicas, $y_{12} = 12$ kg/ha⁻¹ de Substâncias Húmicas. Médias com letras diferentes dentro de cada dose de esterco diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Chrysargyris et al., (2020) testando diferentes doses de bioestimulante à base de óleos essenciais de alecrim e eucalipto em tomateiro obtiveram um incremento de apenas 19% na altura de planta em comparação com o grupo controle, estudo este que foi conduzido em estufa experimental. Ao utilizar extrato de *Ascophyllum nodosum* (ASWE), uma classe de bioestimulante a base de alga marinha marrom, em plantas de pimentão cultivadas em horta caseira no Caribe, Rajendran et al., (2021) obtiveram 13,52% de incremento na altura de planta. Se compararmos com outros bioestimulantes como os supracitados as SHs se mostram mais eficientes no crescimento em altura de planta.

O crescimento máximo em área foliar $90,29 \text{ cm}^2$ foi apresentado ao aplicar 12 kg/ha^{-1} de SH e $25,18 \text{ t/ha}^{-1}$ de esterco, incremento de $58,21 \%$ se comparado a não aplicação de SH na mesma dosagem de esterco (Figura 4A). Sem a aplicação de SH, a área foliar aumenta linearmente conforme o aumento das doses de esterco, $43,86 \text{ cm}^2$ com 8 t/ha^{-1} de esterco para $66,99 \text{ cm}^2$ com 38 t/ha^{-1} de esterco. Esse comportamento se justifica pela disponibilidade de nutrientes presente no esterco bovino. Analisando os dados relativos à TRCAF, observa-se que o valor máximo $0,0486 \text{ cm}^2 \text{ dia}^{-1}$, se comportando de forma linear crescente, é encontrado ao se aplicar 38 t/ha^{-1} de esterco (Figura 4B). A aplicação das SHs pode aumentar a área foliar final enquanto o esterco disponibiliza nutrientes necessários para o melhor desenvolvimento da planta. Não foi possível ajustar o modelo para 12 kg/ha^{-1} de SHs.

Figura 4 – Crescimento de área foliar e taxa relativa de crescimento de área foliar de pimentão sob aplicação de esterco bovino e substâncias húmicas.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. $y_0 = 0 \text{ kg/ha}^{-1}$ de Substâncias Húmicas, $y_8 = 8 \text{ kg/ha}^{-1}$ de Substâncias Húmicas, $y_{12} = 12 \text{ kg/ha}^{-1}$ de Substâncias Húmicas. Médias com letras diferentes dentro de cada dose de esterco diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ao utilizar a combinação de ácido húmico (AH-90, com 90% de teor de ácido húmico) e fertilizante NPK inorgânico (15:15:15) nas dosagens 25% de ácido húmico + 75% de NPK no plantio de *Capsicum annuum* em comparação ao controle, se obtém 21,96% de incremento de AF (ICHWAN et al., 2022). Comparando os ganhos em AF do trabalho supracitado, que utiliza adubo mineral em conjunto com ácido húmico, com o manejo orgânico, que utiliza esterco bovino e SH, conclui-se ser capaz de se obter nutrição adequada no plantio do pimentão mesmo sem adubo mineral.

Comparando a não aplicação de SH com a aplicação de 12 kg ha^{-1} se verifica aumento na fotossíntese líquida e no teor de clorofila obtendo-se incremento de 34.2% e 3,35%

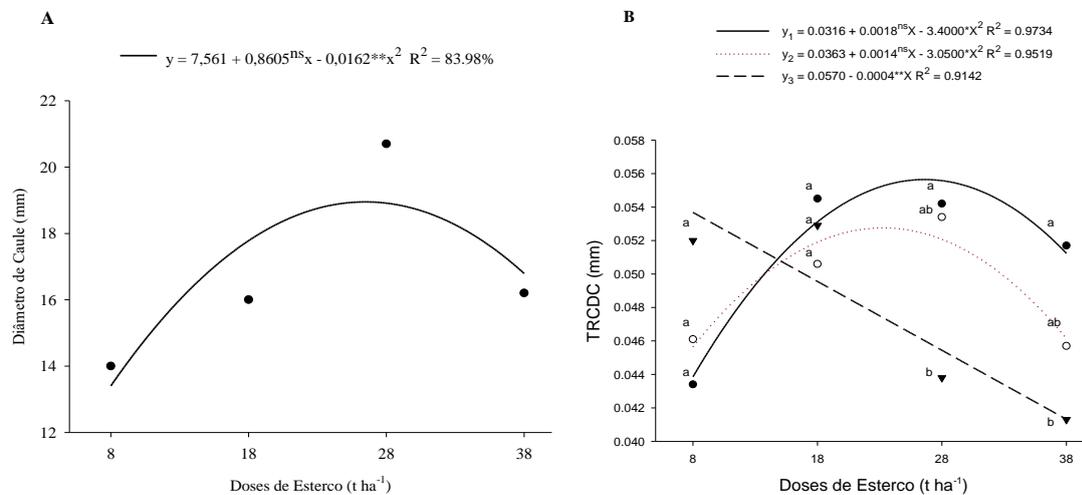
respectivamente nessas condições experimentais (DA SILVA et al., 2024). A fotossíntese está diretamente relacionada à área foliar, quanto maior a área foliar da planta, teoricamente maior a capacidade de absorção de luz solar e, conseqüentemente, maior produção de energia através da fotossíntese o que leva ao maior crescimento e desenvolvimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2017).

O aumento da área foliar proporcionado pelas SH associadas ao esterco bovino, pode promover ativação da enzima central da fotossíntese, a RuBisCo (ribulose-1-5-bifosfato carboxilase oxidase). Em seu estudo Ertani et al., (2019) aborda o uso do humato de leonardita e lignosulfonato como bioestimulantes na cultura do milho, promovendo um aumento na ativação da enzima RuBisCo de 30 a 50%. Esse aumento na ativação da RuBisCo pode ter impactos significativos na fotossíntese e no desempenho da planta de milho, potencialmente melhorando a produção e a eficiência do cultivo.

Os bioestimulantes também podem ativar genes que regulam a produção de fitormônios como auxinas, citocininas e ácido abscísico o que pode levar ao aumento na atividade fotossintética (CIRIELLO et al., 2022). As substâncias húmicas (SHs), em especial, podem promover o crescimento de raízes e brotos ao ativar vias de sinalização interconectadas de fitohormônios, como auxina e ácido abscísico nas raízes, e citocininas na parte aérea (ANTÓN-HERRERO et al., 2022).

Com relação ao diâmetro de caule, verificou-se comportamento quadrático com valor máximo de 18,98 mm aplicando 26,55 t/ha⁻¹ de esterco (Figura 5^a). As SHs não influenciaram no diâmetro de caule absoluto, o que corrobora com a tese de que o seu efeito é fortemente relacionado à dose e à forma de aplicação, o que reforça a necessidade de mais estudos acerca das suas propriedades promotoras de crescimento. A TRCDC apresenta comportamento quadrático e valor máximo de 0,055 mm dia⁻¹ aplicando 26,7 t/ha⁻¹ de esterco sem a aplicação de SHs (Figura 5B). Ao aplicar a dose máxima 12 kg/ha⁻¹ de SHs se observa comportamento linear decrescente com forte declínio conforme o aumento das doses de esterco.

Figura 5 – Diâmetro de caule e taxa relativa de crescimento de diâmetro de caule de pimentão sob aplicação de esterco bovino e substâncias húmica.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. $y_0 = 0 \text{ kg/ha}^{-1}$ de Substâncias Húmicas, $y_8 = 8 \text{ kg/ha}^{-1}$ de Substâncias Húmicas, $y_{12} = 12 \text{ kg/ha}^{-1}$ de Substâncias Húmicas. Médias com letras diferentes dentro de cada dose de esterco diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O aumento no diâmetro de caule se explica pelo aumento da adubação orgânica a base de esterco bovino em comparação com a menor dosagem. O esterco utilizado no presente estudo possui efeito residual pois, o produtor se utiliza de manejo de sucessão orgânico mantendo elevado nível de matéria orgânica do solo 42 g/kg^{-1} , ademais o esterco possui baixa relação C/N (1,2) e baixa umidade (9,9%), fatores que demonstram acelerado processo de mineralização e maior disponibilidade de macronutrientes que podem suprir as necessidades nutricionais do pimentão (MALAVOLTA, 1997).

Em pesquisa com vermicomposto a base de esterco bovino Guerra et al., (2020) obtiveram resultados semelhantes aos obtidos com adubo químico no crescimento e desenvolvimento do pimentão, corroborando com os resultados deste presente estudo e demonstrando a possibilidade de diminuição ou substituição do adubo químico pelo adubo orgânico. Ao utilizar adubos biológicos preparados à base de esterco bovino e ovino com composto orgânico enriquecido, Leal et al., (2020) demonstraram resultados consistentes na altura de planta, largura da copa, diâmetro do caule e número de folhas das plantas do pimentão híbrido Solário, demonstrando o potencial que o uso do esterco possui na cultura do pimentão.

Os valores de TRCAP, TRCAF e TCRDC indicam que as SHs em conjunto com o esterco bovino podem estimular o crescimento das plantas de pimentão durante todo o desenvolvimento, nos diferentes estágios fenológicos. Avaliar o crescimento das plantas pode ser mais eficaz ao utilizar a taxa de crescimento relativo (TCR). Essa medida representa a produção de material

vegetal em relação à quantidade existente (em gramas) durante um período de tempo específico (dias) (OLIVEIRA, 2020).

4.3 Variáveis de crescimento radicular

A massa seca de raiz (MSR) foi influenciado pela interação das SHs com o esterco bovino ($p \leq 0.05$), porém o crescimento total de raiz (CTR) foi influenciado apenas pelo esterco ($p \leq 0.05$) conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento radicular MSR e CTR em função de doses de esterco e substâncias húmicas

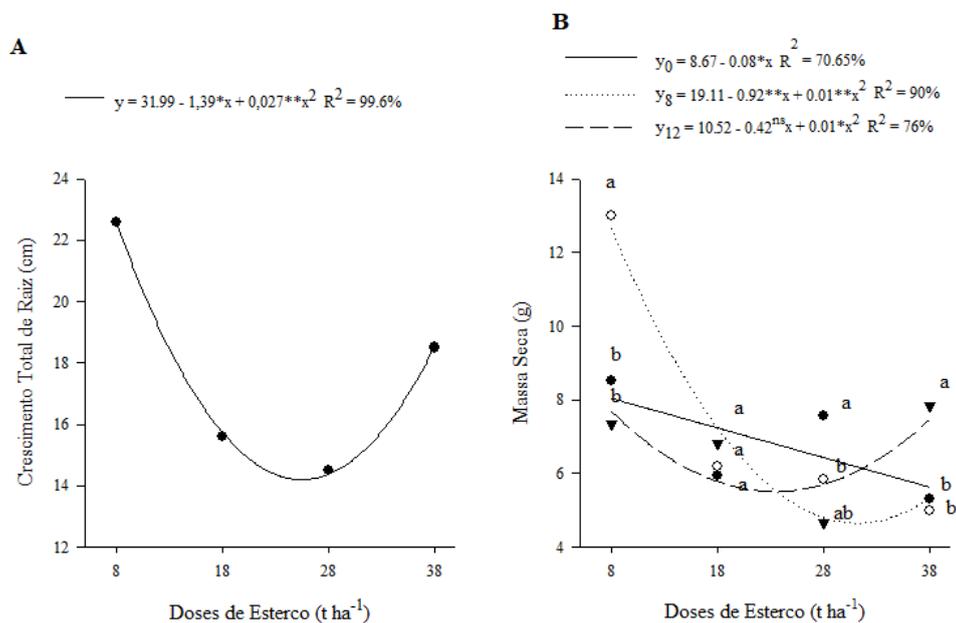
Fonte de Variação	MSR	CTR	
GL	-----	Quadrado médio -----	
Esterco	3	36,72**	62,92**
Substância Húmica	2	3,16 ^{ns}	5,16 ^{ns}
Esterco*Substância Húmica	6	17,12**	13,39 ^{ns}
Blocos	3	3,95 ^{ns}	5,54 ^{ns}
Resíduo	33	1,90	7,15
CV (%)		16,4	12,6

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

^{ns} não significativo; *, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O valor máximo, 12,28 g de massa seca de raiz, foi encontrado ao plicar 8 kg/ha⁻¹ de SH e 8 t/ha⁻¹ de esterco bovino Figura 4B. Comparado à não aplicação de SH na mesma dosagem de esterco, observa-se um incremento de 8%. Em estudo com Ácido Húmico no plantio de pepino, Mora et al., (2012) demonstram que as SHs podem induzir o aumento da biomassa radicular corroborando com o resultado encontrado na presente pesquisa. Ao pesquisar o efeito dos ácidos húmicos na biomassa e alterações anatômicas em mudas de *Capsicum annuum* Pandya1 et al., (2019) verificaram que os tratamentos com ácidos húmicos tiveram maiores ganhos em biomassa total demonstrando os efeitos benéficos das SHs na cultura do pimentão.

Figura 6 – Crescimento e biomassa de raiz de pimentão sob aplicação de esterco bovino e substâncias húmicas.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. $y_0 = 0 \text{ kg/ha}^{-1}$ de Substâncias Húmicas, $y_8 = 8 \text{ kg/ha}^{-1}$ de Substâncias Húmicas, $y_{12} = 12 \text{ kg/ha}^{-1}$ de Substâncias Húmicas. Médias com letras diferentes dentro de cada dose de esterco diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O aumento de MSR, mediada pelas SHs, pode ser explicado pois, as SHs como bioestimuladores vegetais, manifestam seus efeitos primariamente no sistema radicular, causando modificações benéficas como aumento da alongação e processos de diferenciação precoce na ponta da raiz e na zona primária, além das modificações na estrutura da raiz as SHs, como mencionado anteriormente, também podem induzir a emergência de raízes laterais e alongamento de pelos absorventes (PIZZEGHELLO, 2020). Essas modificações morfológicas ocorrem devido ao efeito das SHs no transporte polar de auxina e via de sinalização de NO.

As SHs de alto peso molecular interagem com os receptores da membrana plasmática radicular para induzir a sinalização em cascata dentro das células da raiz, entretanto as SHs de baixo peso molecular entram nas células radiculares e ambas estimulam a atividade da enzima H⁺-ATPase e o acúmulo de auxina e NO nas células do Periciclo que leva à emergência de raízes laterais. As SHs também induzem o acúmulo de auxina nas células epidérmicas da raiz, resultando no aumento da formação de pelos radiculares e alongamento celular que podem levar ao aumento na biomassa radicular (NARDI et al., 2021). A ativação das H⁺-ATPases da raiz pelas SHs também está associada à teria do crescimento ácido, em que há o afrouxamento da parede celular pelo bombeamento de prótons H⁺ tornando-a ácida, esse mecanismo é induzido por AIA (OLAETXEA et al., 2019).

O papel das SHs na modulação do crescimento e morfologia das raízes reside no fato de que as SHs contêm em sua estrutura ácido indol-3-acético (AIA) e outras moléculas (por exemplo, ácido fenilacético, ácido indol-3-butírico, ácidos carboxílicos, aminoácidos) dotadas de atividade semelhante ao AIA (OLAETXEA et al. 2017). A ação das substâncias húmicas na ativação e geração de H⁺-ATPases da raiz, também pode levar ao crescimento da parte aérea (OLAETXEA et al., 2018).

Quanto ao CTR é possível observar comportamento quadrático com crescimento máximo de 22,45 cm na dosagem de 8 t/ha⁻¹ de esterco (Figura 4A). Verifica-se ainda que ao aumentar as doses de esterco ocorre conseqüente diminuição no crescimento, o que pode ser explicado por feitos antagônicos entres os elementos do solo, em que concentrações elevadas de determinados íons podem favorecer a diminuição de outros, limitando a disponibilidade dos nutrientes (DHALIWAL et al., 2023).

Ao avaliar o uso de substratos orgânicos alternativos a base de esterco bovino em comparação com substrato comercial em mudas de melancia, Afonso e Alves (2022) puderam concluir que o esterco pode proporcionar resultados semelhantes ou superiores ao substrato comercial em variáveis como crescimento de planta e de raiz. O esterco bovino associado ao pó de rocha, na cultura do pimentão no semiárido paraibano, pode potencializar os resultados das variáveis de crescimento (MENDES et al., 2020), corroborando com a presente pesquisa.

O esterco bovino possui efeito condicionador do solo, melhorando a sua estrutura, favorecendo sua fertilidade física, a absorção e retenção hídrica, sobretudo permitindo a formação de macro e micro agregados (YANG e ZHANG, 2022). Neste sentido, o esterco torna o solo mais aerado o que facilita a penetração das raízes e melhor crescimento. Desta forma, ao adicionar esterco ao solo, as plantas são beneficiadas com um ambiente propício para o crescimento radicular vertical e, conseqüentemente, um desenvolvimento mais vigoroso e saudável.

5 CONCLUSÃO

A aplicação adequada de esterco bovino com substâncias húmicas para altura de planta 37,69 cm foi de 8 t ha⁻¹ e 8 kg ha⁻¹, respectivamente, entretanto, para área foliar 90,29 cm² foi 25,18 t ha⁻¹ e 12 kg ha⁻¹, respectivamente.

O maior diâmetro de caule 18,98 mm obteve-se aplicando 26,55 t ha⁻¹ de esterco.

A maior produção de biomassa seca da raiz 12,28 g obteve-se aplicando 8 t ha⁻¹ de esterco bovino e 8 kg ha⁻¹ de substâncias húmicas, como também, o maior crescimento total de raiz 22,45 cm obteve-se aplicando 8 t ha⁻¹ de esterco bovino.

A associação de substâncias húmicas com esterco bovino promoveu incremento nutricional na raiz do pimentão.

A associação de substâncias húmicas com esterco bovino promoveu crescimento positivo no pimentão nas condições edafoclimáticas do Semiárido paraibano.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, J. de C.; ALVES, R. E. de A. Avaliação de substratos alternativos na produção de mudas de melancia. **15º jornada científica e tecnológica e 12º simpósio de pós-graduação do ifsuldeminas**, v. 14, n. 1, 2022.
- AGRITEMPO. **Agritempo: Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/redeEstacoes.jsp>>. Acesso em: 04 mar. 2024.
- ALVARES, A. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M, SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v 22, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, F. D.; BONFIM, F.; HONÓRIO, I.; REIS, I.; PEREIRA, A. D. J.; SOUZA, D. D. B. **Caderno dos microrganismos eficientes (EM): instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM**. Viçosa: Departamento de Fitotecnia Campus da Universidade Federal de Viçosa, 2020.
- ANTÓN-HERRERO, R.; GARCÍA-DELGADO, C.; MAYANS, B., CAMACHO-ARÉVALO, R.; DELGADO-MORENO, L.; EYMAR, E. Biostimulant Effects of Micro Carbon Technology (MCT®) - Based Fertilizers on Soil and *Capsicum annuum* Culture in Growth Chamber and Field. **Agronomy**, v. 12, n. 1, p. 70, 2022.
- ARAÚJO, D. F. S.; SILVA, A. M. R. B.; LIMA, L. L. A.; VASCONCELOS, M. A. S.; ANDRADE, S. A. C.; SARUBBO, L. A. The concentration of minerals and physicochemical contaminants in conventional and organic vegetables. **Food Control**, v. 44, p. 242-248, 2014.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 856-881, 2014.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: **FUNEP**, p. 42, 2003.
- BERGSTRAND, Karl-Johan. Organic fertilizers in greenhouse production systems—a review. **Scientia Horticulturae**, v. 295, p. 110855, 2022.
- BOSLAND, P. W.; VOTAVA, E. J. Peppers: Vegetable and spice Capsicum. 2. ed., Wallingford, **CABI Publishing**, 2012.
- BRASIL. Instrução Normativa Conjunta Nº 32, de 26 de outubro de 2005. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária**. Brasília: BRASIL, 2005.
- BULGARI, R.; FRANZONI, G.; FERRANTE, A. Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions. **Agronomy**, v. 9, n. 6, p. 306, 2019.
- CAMPOS, T. S.; SOUSA, W. D. SANTOS. JUNIOR. V. D. D. O. Uso de bioestimulantes no incremento da produtividade de grãos. **Agro tecnologia**, Ipameri, v. 11, n. 1, p. 9-15, 2020.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Rio de Janeiro: Ed. do Autor, 2005.

- CARES, I. E.; DAMIÁN, M. T. M.; PÉREZ, J. E. R.; ÁLVAREZ, O. C.; LEÓN, M. T. B. C.; GUADARRAMA, S. V.; RAMÍREZ, S. P. R. Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morron (*Capsicum annum* L.). **Interciencia**, v. 40, n. 10, p. 696-703, 2015.
- CARRIZO-GARCIA, C.; BARFUSS, M. H. J.; SEHR, E. M.; BARBOZA, G. E.; SAMUEL, R.; MOSCONE, E. A.; EHRENDORFER, F. Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum solanaceae*). **Annals of botany**, v. 118, n 1, p 35-51, 2016.
- CASALI V. W. D.; COUTO F. A. A. Origem e botânica de *Capsicum*. **Informe Agropecuário**, v.10, n. 113, p. 8-10, 1984.
- CANELLAS, L. P.; CANELLAS, N. O. A.; IRINEU, L. E. S.; OLIVARES, F. L.; PICCOLO, A. Plant chemical priming by humic acids. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 7, p. 1-17, 2020.
- CATUCHI, T. A.; PERES, V. J. S.; BRESSAN, F. V.; ARANDA, E. A.; SILVA, A. P. L. Desempenho produtivo da cultura da soja em razão da aplicação ácido húmico e fúlvico na semeadura via foliar. **Colloquium Agrariae**, v.12, p. 36-42, 2016.
- CAVALCANTE, A. R.; CHAVES, L. H. G.; LAURENTINO, L. G. S.; GUIMARÃES, J. P.; ZUFO, A. M; AGUILERA, J. G. Crescimento e produção do pimentão amarelo com doses e fontes de potássio cultivado em ambiente protegido. **Pantanal Editora**, Nova Xavantina, MT, p. 94-103. 2021.
- CHRYSARGYRIS, A.; CHARALAMBOUS, S.; XILIA, P.; LITSKAS, V.; STAVRINIDES, M.; TZORTZAKIS, N. Avaliando os efeitos bioestimulantes de uma nova formulação à base de plantas na colheita de tomate. **Sustentabilidade**, v. 12, p. 8432, 2020.
- CIRIELLO, M.; FORMISANO, L.; EI-NAKHEL, C.; CORRADO, G.; ROUPHAEL, Y. Biostimulatory Action of a Plant-Derived Protein Hydrolysate on Morphological Traits, Photosynthetic Parameters, and Mineral Composition of Two Basil Cultivars Grown Hydroponically under Variable Electrical Conductivity. **Horticulturae**, v. 8, p. 409, 2022.
- COSTA, M. S. S. M.; LORIN, H. E. F.; COSTA, L. A. M.; CESTONARO, T.; PEREIRA, D. C.; BERNARDI, F. H. Performance of four stabilization bioprocesses of beef cattle feedlot manure. **Journal of Environmental Management**, v. 181, p. 443-448, 2016.
- DA SILVA, R. F.; DIAS, T. J.; DIAS, B. de O.; DA SILVA, T. I.; ALVES, J. C. G.; DA SILVA, R. F.; BEZERRA, A. C.; DA SILVA, J. H. B.; DO NASCIMENTO, M. P.; LOPES, A. S.; DA SILVA, A. J.; NASCIMENTO, R. J. de A. Cattle manure and humic substances stimulate morphophysiological and nutritional processes in pepper plants, **Revista Agriambi**, v. 28, n. 4, 2024.
- DA SILVA, T. B.; VILAR, F. C. R.; COSTA, B. S.; PEREIRA, M. C.; GUEDES, A. L. V.; LIMA, G. A. B.; SOUZA, E. E. M; EZEQUIEL, M. J.; SANTANA, A. C. Emergência de sementes de pimentão em função de diferentes substratos no Nordeste Brasileiro Emergency of pepper seeds due to different substrates in Northeast. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 12999-13007, 2022.
- DHALIWAL, S. S.; SHARMA, V.; SHUKLA, A. K.; SINGH, P.; GABER, A.; HOSSANIN, A. Effect of addition of organic manures on basmati yield, nutrient content and soil fertility status in north-western India. **Heliyon**, v. 9, p. 1-27, 2023.

DOS SANTOS, L. K.; SANTANA, H.; FAVARO, S. P.; RIBEIRO, J. D. A.; MIRANDA, C. Identificação e quantificação de fitormônios em biomassa de microalgas utilizando HPLC-PDA. Brasília: EMBRAPA, v. 9, p. 139, 2023.

ELMONGY, M.S.; WANG, X.; ZHOU, H.; XIA, Y. Humic acid and auxins induced metabolic changes and differential gene expression during adventitious root development in *Azalea* microshoots. **Hort. Sci.**, v. 55, p. 926–935, 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Solos, 2018.

ERTANI, A.; NARDI, S.; FRANCIOSO, O.; PIZZEGHELLO, D.; TINTI, A.; SCHIAVON, M. Metabolite-Targeted Analysis and Physiological Traits of *Zea mays* L. in Response to Application of a Leonardite-Humate and Lignosulfonate-Based Products for Their Evaluation as Potential Biostimulants. **Agronomy**, v. 9, p. 445, 2019.

ESTEVEVES, C.; FANGUEIRO, D.; MOTA, M.; MARTINS, M.; BRAGA, P. R.; RIBEIRO, H. Partial replacement of chemical fertilizers with animal manures in an apple orchard: Effects on crop performance and soil fertility. **Scientia Horticulturae**, v. 322, p. 112426, 2023.

FANGUEIRO, D.; ALVARENGA, P.; FRAGOSO, R. Horticulture and orchards as new markets for manure valorisation with less environmental impacts. **Sustainability**, v. 13, n. 3, p. 1436, 2021.

FAO STATISTICS. Crops and livestock products. **Chillies and peppers, green**. 2023. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>>. Acesso em: 03 mar. 2024.

FAO STATISTICS. **World Food and Agriculture – Statistical Yearbook**. 2023. Disponível em: <<https://www.fao.org/documents/cards/en/c/cc8166en>> Acesso em: 03 mar. 2023.

FARIA, M. R. R. A.; GUIMARÃES, F. A. M. F.; PINTO, C. S.; SIQUEIRA, C. A.; SILVA, BETTIOLE, W. Contribution of organic amendments to soil properties and survival of *Stenocarpella* on maize stalk. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 6, p. 1-11, 2020.

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

FILHO, P. O.; JÚNIOR, M. V.; ALMEIDA, C. L. D.; LIMA, L. S.; COSTA, J. D. N.; ROCHA, J. P. A. D. Crescimento de cultivares de pimentão em função da adubação potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 4, p. 2814-2822, 2018.

FLORA. Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB88044>>. Acesso em: 03 mar. 2024.

FLORES, T.; TODD, C. D.; TOVAR-MENDEZ, A.; DHANOA, P. K.; CORREA-ARAGUNDE, N.; HOYOS, M.E.; BROWNFIELD, D. M.; MULLEN, R. T.; LAMATTINA, L.; POLACCO, J. C. Arginase-negative mutants of *Arabidopsis* exhibit increased nitric oxide signaling in root development. **Plant Physiol.**, v. 147, p. 1936–1946, 2008.

FRANZONI, G.; COCETTA, G.; PRINSI, B.; FERRANTE, A.; ESPEN, L. Biostimulants on Crops: Their Impact under Abiotic Stress Conditions. **Horticulturae**, v. 8, n. 3, p. 189, 2022.

FRASCA, L. L. D. M.; NASCENTE, A. S.; LANNA, A. C.; CARVALHO, M. C. S.; COSTA, G. G. Bioestimulantes no crescimento vegetal e desempenho agrônômico do feijão-comum de ciclo superprecoce. **Agrarian**, v. 13, n. 47, p. 27–41, 2020.

GARCÍA, A. C.; QUINTERO, J. P.; BALMORI, D. M.; LÓPEZ, R. H.; IZQUIERDO, F. G. Efeitos no cultivo do milho de um extrato líquido humificado residual, obtido a partir de vermicomposto. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, v. 25, n. 1, p. 38-43, 2016.

GIAMPIERI, F.; MAZZONI, L.; CIANCIOSI, D.; ALVAREZ-SUAREZ, JM.; REGOLO, L.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, C.; BATTINO, M. Organic vs conventional plant-based foods: a review. **Food Chem**, v. 383, 2022.

GOMES, K. J. S. ALMEIDA, M. S., LIMA, A. F. S., MARQUES, V. B. Desempenho agrônomo do crescimento e coeficientes de produção do rabanete cultivado em diferentes tipos de cobertura morta. **Research, Society and Development**, v. 9 n. 8, p. 1-14, 2020.

GONZÁLEZ-LÓPEZ, J.; RODRÍGUEZ-MOAR, S.; SILVAR, C. Correlation Analysis of High-Throughput Fruit Phenomics and Biochemical Profiles in Native Peppers (*Capsicum* spp.) from the Primary Center of Diversification. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 262, 2021.

GUERRA, J. L. C.; ARDISANA, E. F. H.; GARCÍA, A. T.; TÉLLEZ, O. F. Respuestas del crecimiento y el rendimiento en pimiento (*Capsicum annuum* L.) híbrido Nathalie a un lixiviado de vermicompost bovino. **La Técnica**, v. 0, p. 1-10, 2020.

HALLMANN, E.; MARSZALEK, K.; LIPOWSKI, J.; JASINSKA, U.; KAZIMIERCZAK, R.; SREDNICKA-TOBER, D. Polyphenols and carotenoids in pickled bell pepper from organic and conventional production. **Food chemistry**, v. 278, p. 254-260, 2019.

HASANUZZAMAN, M.; PARVIN, K.; BARDHAN, K.; NAHAR, K.; ANEE, T. I.; MASUD, A. A. C.; FOTOPOULOS, V. Biostimulants for the regulation of reactive oxygen species metabolism in plants under abiotic stress. **Cells**, v. 10, n. 10, p. 2537, 2021.

HOSSAIN, M. A.; SADI, K. T. M.; SADI, D.; JANNAT, N.; RAHMAN, M. K. Combined effects of organic manures and chemical fertilizers on growth and yield of red capsicum (*Capsicum annuum* L.) grown at rooftop. **Dhaka University Journal of Biological Sciences**, v. 31, n. 1, p. 9-18, 2022.

HOSSEINIFARAH, M.; YOUSEFI, A.; KAMYAB, F.; JOWKAR, M. M. Effects of organic amendment with licorice (*Glycyrrhiza glabra*) root residue and humic acid on the vegetative growth, fruit yield, and mineral absorption of bell pepper (*Capsicum annuum*). **Journal of Plant Nutrition**, p. 1-11, 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pimentao/br>>. Acesso em: 07 mar. 2024.

ICHWAN, B.; ELIYANTI, E.; IRIANTO, L.; ZULKARNAIN, Z. Combining humic acid with NPK fertilizer improved growth and yield of chili pepper in dry season. **Advances in Horticultural Science**, v. 36, n. 4, p. 275-281, 2022.

JANNIN, L.; ARKOUN, M.; OURRY, A.; LAÏNÉ, P.; GOUX, D.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; SAN FRANCISCO, S.; BAIGORRI, R.; CRUZ, F.; HOUDUSSE, F.; GARCIA-MINA, J.; YVIN, J.; ETIENNE, P. Microarray analysis of humic acid effects on Brassica napus growth: Involvement of N, C and S metabolisms. **Plant Soil**, v. 359, p. 297-319, 2012.

JINDO, K.; CANELLAS, L. P.; ALBACETE, A.; DOS SANTOS, L. F.; ROCHA, R. L. F.; BAIA, C. D.; CANELLAS, N. O. A.; GORON, T. L.; Olivares, F. L. Interaction between humic substances and plant hormones for phosphorous acquisition. **Agronomy**, v. 10, n. 5, p. 640, 2020.

KOLBERT, Z.; BARTHA, B.; ERDEI, L. Exogenous auxin-induced NO synthesis is nitrate reductase-associated in *Arabidopsis thaliana* root primordia. **J. Plant Physiol.**, v. 165, p. 967–975, 2008.

LEAL, Y. H.; SOUSA, V. F. de O.; DIAS, T. J.; DA SILVA, T. I.; LEAL, M. P. da SILVA.; SOUZA, A. das G.; DE LUCENA. M. F. R.; RODRIGUES, L. S.; SMIDERLE, O. J. Edaphic respiration in bell pepper cultivation under biological fertilizers, doses and application times. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, p. 434-442, 2020.

LEE, J.; JO, N.; SHIM, S.; LINH, L. T. Y.; KIM, S.; LEE, M; HWANG, S. Effects of Hanwoo (Korean cattle) manure as organic fertilizer on plant growth, feed quality, and soil bacterial community. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1135947, 2023.

LI, S; LIU, Z.; LI, J.; LIU, Z.; GU, X.; SHI, L. Cow manure compost promotes maize growth and ameliorates soil quality in saline-alkali soil: Role of fertilizer addition rate and application depth. **Sustainability**, v. 14, n. 16, p. 10088, 2022.

LIMA, I. G. V. **Qualidade de mudas de pimentão (*Capsicum annum* L.) submetidas a diferentes substratos e a tipos de bandejas**. Rio Largo, 2019. p. 120. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997.

MARTÍNEZ-DE LA CRUZ, S.; GONZÁLEZ-FUENTES, J. A.; ROBLEDO-OLIVO, A.; MENDOZA-VILLARREAL, R.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, A.; DÁVILA-MEDINA, M. D.; ALVARADO-CAMARILLO, D. Humic substances and rhizobacteria enhance the yield, physiology and quality of strawberries. **Notulae botanicae horti agrobotanici cluj- napoca**, v. 50, n. 1, p. 12578-12578, 2022.

MENDES, K. L. F.; VIEIRA, H.; PEREIRA JUNIOR, E. B.; MOREIRA, J. N.; VALE, K. de S.; CAIANA, C. R. A.; BEZERRA NETO, F. das C.; MEDEIROS, A. C. de; MARACAJÁ, P. B. Production pepper cultivated with stone dust and manure in semi-arid region. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e487974360, 2020.

MENEGATTI, R. D.; SOUZA, A. G.; BIANCHI, V. J. Growth and nutrient accumulation in three peach rootstocks until the grafting stage. **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 4, p. 467-476, 2019.

MORA, V.; BAIGORRI R.; BACAICOA, E.; ZAMARREÑO A. M.; GARCÍA-MINA, J. M. The humic acid-induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid in cucumber. **Environmental and Experimental Botany**, n. 76, p. 24-32, 2012.

MORIT, C. H.; MKANDAWIRE, F. L., MORACHA, O. H., KIMANI, S. K., NJERU, P. N. M., SIJALI, I., GACHERU, J;. The Effect of Integrated Soil Fertility Management Practices on Bell Pepper Under Controlled Environmental Conditions. **East African Agricultural and Forestry Journal**, v. 87, n. 1, p. 6-6, 2023.

MUDROŇOVÁ, D.; KARAFFOVÁ, V.; PEŠULOVÁ, T.; KOŠČOVÁ, J.; MARUŠČÁKOVÁ, I. C.; BARTKOVSKÝ, M.; MARCINČÁK, S. The effect of humic substances on gut microbiota and immune response of broilers. **Food and Agricultural Immunology**, v. 31, n. 1, p. 137-149, 2020.

NARDI, S. SCHIAVON, M.; FRANCIOSO, O. Chemical Structure and Biological Activity of Humic Substances Define Their Role as Plant Growth Promoters. **Molecule**, v. 26, n. 8, p. 2256, 2021.

NARDI, S.; CONCHERI, G.; PIZZEGHELLO, D.; STURARO, A.; RELLA, R.; PARVOLI, G. Soil organic matter mobilization by root exudates. **Chemosphere**, v. 41, p. 653–658, 2000.

OLAETXEA, M.; DE HITTA, D.; CALDERIN GARCIA, A.; FUENTESA, M.; BAIGORRI, R.; MORA, V.; GARNICA, M.; URRUTIA, O.; ERRO, J.; ZAMARREÑO, A. M. Hypothetical framework integrating the main mechanisms involved in the promoting action of rhizospheric humic substances on plant root- and shoot growth. **Appl. Soil Ecol.**, v. 123, p. 521–537, 2018.

OLAETXEA, M.; MORA, V.; BACAICOA, E.; BAIGORRI, R.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; GARCÍA-MINA, J. M. Root ABA and H⁺-ATPase are key players in the root and shoot growth-promoting action of humic acids. **Plant Direct**, v. 3, n. 10, p. e00175, 2019.

OLIVEIRA, Z. T. de; SUASSUNA, J. F.; COSTA, F. da S.; OLIVEIRA, A. S. de; SILVA, F. G. da; BRITO, K. S. A. de. Growth and physiological indices of watermelon in response to organic fertilization. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 83586–83603, 2020.

ORLOV, D. S. Humic substances of soils and general theory of humification (Russian Translations Series). 1. ed, Boca Raton: CRC Press, p. 266, 1995.

OZUZUN, S.; UZAL, B. Performance of leonardite humic acid as a novel superplasticizer in Portland cement systems. **Journal of Building Engineering**, v. 42, p. 103070, 2021.

PIZZEGHELLO, D.; SCHIAVON, M.; FRANCIOSO, O.; DALLA VECCHIA, F.; ERTANI, A.; NARDI, S. Bioactivity of size-fractionated and unfractionated humic substances from two forest soils and comparative effects on N and S metabolism, nutrition, and root anatomy of *Allium sativum* L. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 1203, 2020.

RAJENDRAN, R., JAGMOHAN, S., JAYARAJ, P.; ADESH, R.; JAYARAMAN, J. Effects of *Ascophyllum nodosum* extract on sweet pepper plants as an organic biostimulant in grow box home garden conditions. **Journal of Applied Phycology**, v. 34, p. 647–657, 2021.

RAYNE, N.; AULA, L. Livestock manure and the impacts on soil health: A review. **Soil Systems**, v. 4, n. 4, p. 64, 2020.

REIS, E. C. **Avaliação da atividade antioxidante dos extratos etanólicos dos frutos de Eugenia moraviana e Eugenia blastantha**. Monografia (Graduação de Licenciatura em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Editorial: Biostimulants in Agriculture. **Frontiers in Plant Science**. v. 11, p. 40, 2020.

SARIYILDIZ, T. Effects of leonardite and mineral fertilizer applications on plant growth and soil quality of garlic (*Allium sativum* L.). **Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology**, v. 8, n. 8, p. 1763-1772, 2020.

SCHNITZER, M. Chapter 1 humic substances: chemistry and reactions. *Developments in Soil Science Soil Organic Matter*, eds M. Schnitzer and S. U. Khan. Amsterdam: Elsevier, v. 8, p. 1-64, cap. 1, 1978.

SEKARAN, U.; SANDHU, S. S.; QIU, Y.; KUMAR, S.; HERNANDEZ, G. J. L. Biochar and manure addition influenced soil microbial community structure and enzymatic activities at eroded and depositional landscape positions, **Land Degradation & Development**, v. 31, n. 7, p. 894-908, 2020.

SHEN, H.; SHEN, J. Z.; LI, Y.; LAI, Y. L.; JIA, Z. H.; YI, J. H. Promotion of lateral root growth and leaf quality of flue-cured tobacco by the combined application of humic acids and NPK chemical fertilizers. **Explanation Agriculture**, v. 53, n. 1, p. 59-70, 2017.

SILVA JÚNIOR, C. J. de L.; SILVA, K. F. da.; SILVA, I. O.; ALVES, K. F.; AMORIM, E. P. da R.; CARNAÚBA, J. P. Effect of substrate solarization on the production of sweet pepper seedlings. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. e181111335223, 2022.

SILVA, M. A.; ALBUQUERQUE, T. G.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; COSTA, H. S. *Capsicum annuum* L.: Atividade biológica de duas variedades. **Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge**, IP, 2017.

SILVA, R. S.; FOGAÇA, J. J. N. L.; MOREIRA, E. S.; PRADO, T. R.; VASCONCELOS, R. C. Morfologia e produção de feijão comum em função da aplicação de bioestimulantes. **Revista Scientia Plena**, v. 12, n. 10, 2016.

SILVA, T. B. D.; VILAR, F. C. R.; COSTA, B. S.; PEREIRA, M. D. D. C.; GUEDES, A. L. V.; LIMA, G. A. B. Emergência de sementes de pimentão em função de diferentes substratos no Nordeste Brasileiro Emergency of pepper seeds due to different substrates in Northeast. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 12999-13007, 2022.

SOUZA, A. MORASSUTI, C. DEUS, W. Poluição do ambiente por metais pesados e utilizados de vegetais como Bioindicadores. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, 2018.

SRIDHAR, A.; BALAKRISHNAN, A.; JACOB, M. M.; SILLANPÄÄ, M.; DAYANANDAN, N. Global impact of COVID-19 on agriculture: role of sustainable agriculture and digital farming. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-17, 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, p. 888, 2017.

TEAM, R. C. R. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Áustria. <http://www.R-project.org/>, 2018.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa, 2017.

TIVELLI, S.W.; MENDES, F.; GOTO, R. Estimativa da área foliar do pimentão cv. Elisa conduzido em ambiente protegido (*Capsicum annum* L.). **Congresso Brasileiro De Olericultura**, v. 38, 1997.

THOMAS, R. L.; SHEARRD, R. W.; MOYER, J. R. Comparison of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. **Agron J**. v. 59, p. 240-243, 1967.

VACCARO, S.; MUSCOLO, A.; PIZZEGHELLO, D.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A.; NARDI, S. Effect of a compost and its water-soluble fractions on key enzymes of nitrogen metabolism in maize seedlings. **J. Agric. Food Chem.**, v. 57, p. 11267–11276, 2009.

VUJINOVIC, T.; ZANIN, L.; VENUTI, S.; CONTIN, M.; CECCON, P.; TOMASI, N.; PINTON, R.; CESCO, S.; DE NOBILI, M. Biostimulant action of dissolved humic substances from a conventionally and an organically managed soil on nitrate acquisition in maize plants. **Front. Plant Sci.**, v. 10, p. 1652, 2020.

WELLBURN, A. R. The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. **Elsevier**, v. 144, p. 307-313, 1997.

YANG, W.; ZHANG, L. Biochar and cow manure organic fertilizer amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant *Centaurea Cyanus* L. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, p. 45474 - 45486, 2022.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; DOBBSS, L. B.; OLIVARES, F. L.; CANELLAS, L. P.; BINZEL, M. L.; OKOROKOVA-FAÇANHA, A. L.; FAÇANHA, A. R. Nitric oxide mediates humic acids-induced root development and plasma membrane H⁺ -ATPase activation. **Planta**, v. 231, p. 1025–1036, 2010.