REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

COMPOSTAGEM LÍQUIDA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO NO LESTE MARANHENSE

LIQUID COMPOSTING ON THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF CORN IN EASTERN MARANHÃO

COMPOSTAJE LÍQUIDO SOBRE EL RENDIMIENTO AGRONÓMICO DEL MAÍZ EN EL ESTE DE MARANHÃO

Mikael Conceição De Oliveira[1], Deise De Araujo Monteiro[2], Luis Eduardo Dos Santos Viana Lima[2], Álvaro Marques Barroso[2], Gabriel Silva Da Conceição[2], Fernando Freitas Pinto Júnior[3], Gerson Freitas Vieira Neto[4], Raissa Rachel Salustriano Da Silva-Matos[5]

e788720
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i8.8720

PUBLICADO: 08/2026

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) destaca-se como uma das culturas mais amplamente cultivadas em todo o mundo, desempenhando um papel crucial na economia do Brasil. Contudo, o uso excessivo de fertilizantes químicos, técnicas de manejo inadequadas, cultivo convencional, erosão e monocultura, entre outras práticas, resultaram na degradação da maioria dos solos brasileiros, tornando-os mais desfavorecidos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do produto biológico Microgeo® na cultura do milho (*Zea mays* L.) utilizando diferentes doses de concentração na cidade de Chapadinha-MA. O experimento foi conduzido na área experimental do Frutima da Universidade Federal do Maranhão, na cidade de Chapadinha-MA. Foi utilizado a espécie *Zea mays* L. (milho) e o plantio foi realizado em vasos com capacidade de 10 L. No plantio foram semeadas três sementes por vaso, e em seguida, foi feito o desbaste deixando a planta mais vigorosa. O uso do biofertilizante Microgeo® apresentou efeitos positivos no desenvolvimento do sistema radicular do milho, especialmente nas variáveis massa seca, comprimento e volume radicular. Os resultados indicam que o Microgeo® teve impactos positivos no sistema radicular das plantas, refletindo-se em um aumento na massa seca das raízes, no seu comprimento e no volume total das raízes quando esse bioinsumo foi utilizado.

PALAVRAS-CHAVE: Bioinsumos. Microgeo®. *Zea mays* L.

ABSTRACT

Corn (Zea mays L.) stands out as one of the most widely cultivated crops worldwide, playing a crucial role in the Brazilian economy. However, the excessive use of chemical fertilizers, inadequate management practices, conventional cultivation, erosion, and monoculture, among other practices, have resulted in the degradation of most Brazilian soils, making them increasingly impoverished. The present study aimed to evaluate the efficiency of the biological product Microgeo® in corn (Zea mays L.) using different concentration rates in the city of Chapadinha, Maranhão, Brazil. The experiment was conducted in the experimental area of Frutima at the Federal University of Maranhão, in the city of Chapadinha, Maranhão, Brazil. The species Zea mays L. (corn) was used, and planting was carried out in 10-L-capacity pots.

[1] Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Engenheiro Agrônomo.
[2] Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Graduanda em Agronomia.
[3] Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM), Centro de Ciências de Chapadinha, Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA).
[4] Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM), Centro de Ciências de Chapadinha, Mestrando em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA).
[5] Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Three seeds were sown per pot, followed by thinning, leaving the most vigorous plant. The use of Microgeo® biofertilizer had positive effects on the development of the corn root system, particularly regarding dry mass, root length, and root volume. The results indicate that Microgeo® positively affected the root system of the plants, resulting in increased root dry mass, root length, and total root volume when this bioinput was used.

KEYWORDS: *Bioinputs. Microgeo®. Zea mays L.*

RESUMEN
El maíz (Zea mays L.) se destaca como uno de los cultivos más ampliamente cultivados en todo el mundo, desempeñando un papel crucial en la economía de Brasil. Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes químicos, las prácticas de manejo inadecuadas, el cultivo convencional, la erosión y el monocultivo, entre otras prácticas, han provocado la degradación de la mayoría de los suelos brasileños, haciéndolos cada vez más empobrecidos. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del producto biológico Microgeo® en el cultivo de maíz (Zea mays L.) utilizando diferentes dosis de concentración en la ciudad de Chapadinha, Maranhão, Brasil. El experimento se llevó a cabo en el área experimental de Frutima de la Universidad Federal de Maranhão, en la ciudad de Chapadinha, Maranhão, Brasil. Se utilizó la especie Zea mays L. (maíz), y la siembra se realizó en macetas con capacidad de 10 L. En la siembra se colocaron tres semillas por maceta y, posteriormente, se realizó el raleo, dejando la planta más vigorosa. El uso del biofertilizante Microgeo® presentó efectos positivos en el desarrollo del sistema radicular del maíz, especialmente en las variables masa seca, longitud y volumen radicular. Los resultados indican que Microgeo® tuvo efectos positivos sobre el sistema radicular de las plantas, reflejándose en un aumento de la masa seca de las raíces, de su longitud y del volumen total de las raíces cuando se utilizó este bioinsumo.

PALABRAS CLAVE*: Bioinsumos. Microgeo®. Zea mays L.*

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de grande relevância econômica e social, sendo cultivado em diversos países e destinado à alimentação humana, animal e à produção de biocombustíveis (Embrapa, 2019). Essa commodity possui características agronômicas que despertam interesse científico, fornecendo base para avanços no setor agrícola (Pinheiro *et al*., 2021). Atualmente, o milho se tornou o cereal mais produzido no mundo, superando culturas como trigo e arroz (Rehman *et al*., 2021), sendo considerado a principal cultura de grãos em nível global (Ali *et al*., 2020).

Nesse contexto, o principal desafio da agricultura no século XXI é desenvolver sistemas produtivos sustentáveis, capazes de fornecer alimentos, fibras e energia em quantidade e qualidade suficientes para acompanhar o crescimento populacional, sem comprometer os recursos naturais e a saúde dos trabalhadores rurais e dos consumidores (Costa *et al*., 2023).

Para alcançar maior eficiência produtiva e sustentabilidade, novas tecnologias vêm sendo incorporadas ao sistema agrícola, como o uso de bioestimulantes, uma estratégia promissora que tem ganhado espaço na agricultura nos últimos anos (Pereira; Simonetti, 2021). Segundo Cunha (2023), os insumos biológicos englobam produtos originados da agroindústria, sendo compostos por enzimas, fragmentos vegetais, microrganismos, macrorganismos

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

invertebrados, metabólitos secundários e feromônios, todos voltados para o controle biológico e o manejo sustentável das lavouras.

Entre esses insumos, destaca-se o fertilizante Microgeo®, um adubo biológico formulado com microrganismos específicos adaptados à área da biofábrica, além de nutrientes e metabólitos. Esse produto atua de forma equilibrada, promovendo nutrição, regulação e manutenção contínua da compostagem líquida responsável pela produção do adubo. Aprovado para uso na agricultura orgânica (Microgeo, 2024), o Microgeo® representa uma tecnologia biológica voltada à regeneração do solo, com ampla aplicabilidade em diferentes culturas, manejos e condições climáticas, contribuindo ainda para a restauração da biodiversidade microbiana do solo (Rabêlo *et al*., 2024).

Desse modo, tendo em vista o potencial produtivo da cultura e as características positivas do Microgeo®, objetivou-se avaliar a eficiência do produto biológico Microgeo® na cultura do milho utilizando diferentes doses do produto biológico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A importância econômica do milho

A cultura do milho representa o principal produto da base alimentar de vários países, sendo utilizado principalmente para produção de ração animal. Por sua importância e amplo aspecto de utilização, atualmente, o milho é o cereal mais cultivado no mundo. No Brasil, para a safra 2012/2013, foram cultivados 15,7 milhões de hectares da cultura, obtendo-se a produção de aproximadamente 78 milhões de toneladas (Conab, 2013).

Hoje, o milho tem uma extrema importância econômica e social, pois ele é cultivado em praticamente todas as partes do planeta, esse cereal está presente em diversas situações do cotidiano, entre elas a alimentação humana, bem como a animal, e não apenas para cunho alimentício, mas também está envolvido em abastecimento de energia como um biocombustível (Miranda *et al*., 2021)

A cultura do milho possui características de estudo bastante instigante, pois ela oferece base para avanços futuros. A commodity ganhou espaço em território nacional, da mesma forma que todas as outras culturas tradicionais, que utilizavam tecnologia menos desenvolvida, buscando terras ainda não agricultáveis, bem como a fertilidade natural dos solos (Alves *et al*., 2019).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), estima-se uma redução de 7,7% da área plantada para a safra 2023/24, totalizando uma área de plantio de 4.100,4 mil hectares, a estimativa da produção de milho para a safra 2023/24 é de 119,1 milhões de toneladas de milho, uma redução de 9,6% quando comparada à safra anterior. A Conab projeta

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

uma diminuição do volume de importação total para a safra 2023/2024, projetada em 2,1 milhões de toneladas de grãos, sobre as exportações, a Conab estima ainda uma redução da oferta nacional, onde 38 milhões de toneladas sairão do país via portos. Sendo este volume 26,9% inferior ao estimado para a safra 2022/23 (Conab, 2023).

2.2. Fisiologia do milho e interação com microrganismos

O crescimento e o desenvolvimento do milho dependem da formação de um sistema radicular eficiente, responsável pela absorção de água e nutrientes, sustentação da planta e estabelecimento inicial da cultura. O desenvolvimento das raízes influencia diretamente a capacidade de exploração do solo e o desempenho fisiológico da planta (Taiz *et al*., 2017).

Na rizosfera, as raízes do milho interagem com diversos microrganismos benéficos que favorecem o crescimento vegetal por mecanismos como produção de fitormônios, solubilização de fósforo, fixação biológica de nitrogênio e aumento da disponibilidade de nutrientes. Essas interações podem promover maior desenvolvimento do sistema radicular e contribuir para o melhor aproveitamento dos recursos do solo, embora sua eficiência dependa das condições ambientais e do manejo adotado (Burlakoti *et al*., 2024).

2.3. Utilização de Bioinsumos na agricultura para produção de milho

De acordo com a Embrapa (2019), os insumos biológicos são conhecidos como itens derivados da agroindústria, que surgem com base em diferentes enzimas, fragmentos de plantas, microrganismos, macrorganismos derivados de invertebrados específicos, metabólitos secundários e feromônios. Esses recursos são desenvolvidos para a finalidade de controle biológico.

O Decreto no 10.375/2020, além de estabelecer o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB), também instituiu o que se compreende por bioinsumos, determinou suas finalidades e procedimentos, e criou o seu conselho planificado, com o intuito de lidar com um dos principais obstáculos identificados, o programa procura acrescentar e consolidar o emprego de bioinsumos para viabilizar o progresso do desenvolvimento sustentável em todos os âmbitos da agropecuária no Brasil (Policarpo *et al*., 2023).

Diversos países ao redor do globo têm implementado práticas de agricultura sustentável e incorporado bioinsumos em seus sistemas agrícolas. Destacam-se a Dinamarca, Holanda, Índia e EUA como exemplos de sucesso nesse sentido, demonstrando como o uso de bioinsumos pode ser eficaz na promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, minimizando impactos ambientais e trazendo benefícios tanto para os agricultores quanto para a sociedade em geral (Cunha, 2023).

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

2.4. Agricultura sustentável

A sustentabilidade no meio rural baseia-se no equilíbrio entre a produção agrícola e a preservação ambiental, considerando aspectos culturais, sociais e econômicos. Nesse contexto, diferentes sistemas de produção têm sido adotados para promover maior eficiência e conservação dos recursos naturais (Carbonera *et al*., 2020).

Entre as principais estratégias destaca-se o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), que combina atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área, proporcionando benefícios como conservação do solo, aumento da rentabilidade e maior sustentabilidade, embora seu monitoramento ainda represente um desafio (Kuchler *et al*., 2021).

A sustentabilidade também depende da adoção de práticas agroecológicas e do Manejo Integrado de Pragas, que contribuem para reduzir impactos ambientais e favorecer a produção de alimentos mais saudáveis (Botelho *et al*., 2020). Além disso, o avanço tecnológico, com o uso de sementes melhoradas, fertilizantes e técnicas mais eficientes, elevou a produtividade agrícola e reduziu a necessidade de expansão das áreas cultivadas (Miranda *et al*., 2021).

Apesar dos benefícios, a adoção de pacotes tecnológicos modificou a dinâmica produtiva e o perfil socioeconômico, especialmente da agricultura familiar, gerando impactos econômicos, sociais e ambientais (Santana, 2019). Nesse cenário, o fortalecimento das cadeias de valor e dos sistemas de produção biológicos representa uma importante estratégia para promover competitividade e sustentabilidade na agropecuária (Miranda *et al*., 2021; Darolt, 2002).

2.5. Biotecnologia Microgeo®

O fertilizante Microgeo® é um adubo biológico que inclui microrganismos exclusivos, ajustados à área da biofábrica, juntamente com nutrientes e metabólitos. Ele age como um componente equilibrado, proporcionando nutrição, regulação e manutenção constante da produção do adubo biológico por meio da compostagem líquida, e é também aprovado para uso na agricultura orgânica (Microgeo, 2024).

O Microgeo® é um produto comercial criado com base em estudos realizados na ESALQ/USP, conforme descrito por Medeiros *et al*. (2003). Ele é fabricado e distribuído pela Microbiol, uma empresa brasileira do setor de biológicos, fundada em 2000 em Limeira-SP. Atualmente, a empresa atua em todos os estados do Brasil e também em países vizinhos, como Paraguai e Uruguai (Microbiol, 2020a).

Esse insumo consiste em um item que contém biodinâmicos preparados feitos a partir de diferentes plantas medicinais, como mil-folhas (*Achillea millefolium*), camomila (*Matricaria chamomilla*), urtiga (*Urtica dioica*), casca-de-carvalho (*Quercus sp*.), dente-de-leão (*Taraxacum officinale*) e valeriana (*Valeriana officinalis*).

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Essas plantas são responsáveis por coordenar os processos de fermentação do composto e dos biofertilizantes (D'andrea, 2003). De acordo com a fabricante do produto biológico Microgeo®, o mesmo se trata de um constituinte equilibrado que atua na nutrição, na regulação e mantém a produção contínua do adubo biológico por procedimento de Compostagem Líquida Contínua Microbiol (2020b). Existem orientações que são compartilhadas na produção de todos os tipos de biofertilizantes. Primeiramente, o biofertilizante em estado líquido é absorvido mais rapidamente, sendo muito útil para plantações que exigem grande quantidade de nutrientes em um período curto (Barros; Liberalino, 2008). Esse produto equilibrado promove a nutrição, regulação e sustentação da produção contínua de adubo biológico por meio do processo de compostagem líquida, sendo também um insumo autorizado para a agricultura orgânica (Microgeo, 2024).

Cardoso e Rezende (2020) observaram maior altura e comprimento radicular em milho em solo tratado com Microgeo® em conjunto com adubação química. Eles também observaram incrementos significativos de massa seca radicular com o uso de Microgeo®. Pereira *et al*. (2018) afirmam que esse insumo aplicado via solo no cultivo de milho possibilita o estado nutricional e produtivo em sistema de plantio direto no Cerrado goiano.

Observa-se que o uso do Microgeo® melhora a qualidade do solo em áreas de produção de grãos sob plantio direto, com interação positiva entre a sequência de cultivos e o número de safras para melhorar as condições físicas do solo (Fiorin; Venzke Filho, 2011). Segundo a Sociedade Nacional Agrícola (SNA), o produto pode ser utilizado tanto através de pulverização como também fertirrigação pelo uso da em qualquer condição de temperatura, luminosidade e umidade, podendo ser combinado com defensivos químicos ou biológicos, fertilizantes, nutrientes foliares e vinhaça (Sna, 2018).

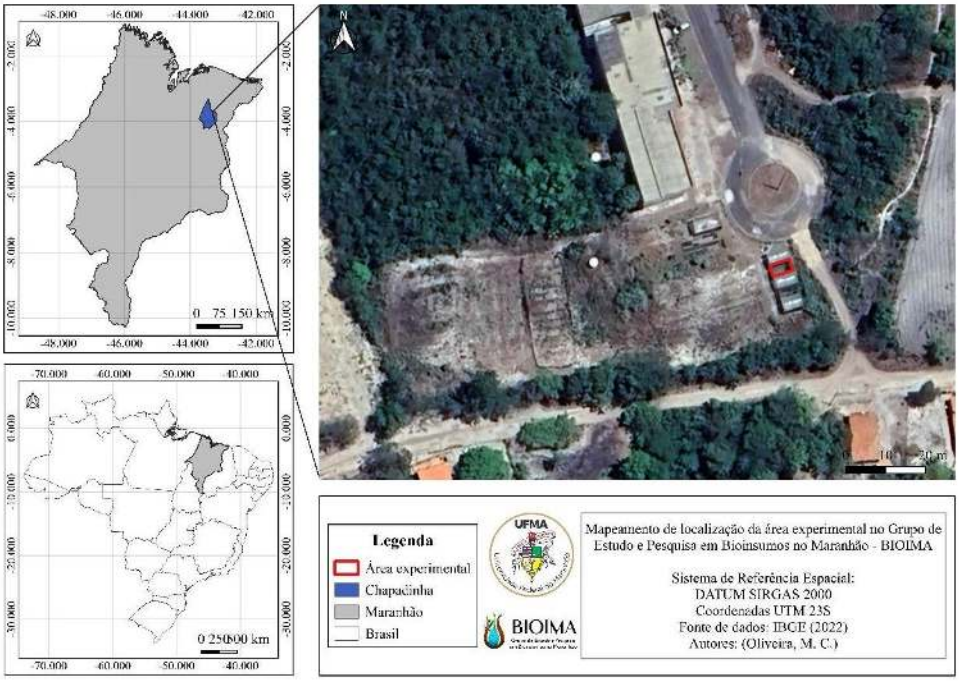
3. METODOLOGIA

3.1. Localização e Clima

A pesquisa teve duração de cinco meses, e foi conduzida em casa de vegetação da área experimental do grupo de pesquisa em Fruticultura do Maranhão (FRUTIMA) no Centro de Ciências de Chapadinha (CCCh) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) (“03º44’28,7” S; "43º18’46” W) com altitude de 107 m (Figura 1). O clima da região foi classificado como tropical úmido com média de 29,5 °C (Selbach; Leite, 2008), com totais pluviométricos anuais que variam de 1.600 a 2.000 mm (Nogueira *et al*., 2012).

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Figura 1. Localização da área experimental do Grupo de Estudo e Pesquisa em Bioinsumos no Maranhão - BIOIMA



3.2. Delineamento e condução do experimento

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), com parcelas subdivididas, cada parcela continha quatro vasos, contendo cinco tratamentos e seis repetições, totalizando 30 unidades experimentais e 120 plantas no experimento.

O milho foi plantado em vasos com capacidade de 10 L preenchidos com solo obtido na camada de 0-20 cm (Tabela 1, 2 e 3), com cerca de 10 centímetros de espaçamento entre os vasos. No plantio foram semeadas três sementes por vaso, e em seguida, foi feito o desbaste deixando a planta mais vigorosa.

Tabela 1. Análise granulométrica do solo da camada de 0-20 cm de profundidade

Camada	Argila	Areia	Silte	Classificação textural
(cm)		g kg^{-1}		SBCS*
0-20	180	701	119	Franco arenoso

Análise granulométrica pelo método do densímetro. Fonte: Laboratório Terra Brasileira laboratório agronômico; *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Tabela 2. Análise química do solo da camada de 0-20 cm de profundidade

Prof.	pH	MO	P	K^+	$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	Ca^{2+}	H+Al	SB	CTC	V*	m**
	$CaCl_2$	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	---	---	$cmol_c$ dm^{-3}	---	---	---	-- %	--
0-20	5,7	16,7	1,8	0,20	4,54	4,15	1	4,74	5,74	82,6	0

MO (Matéria orgânica do solo): extração com oxidação por dicromato em meio ácido. P e K^+: extração por Mehlich-1 e determinação por colorimetria (P) e por fotometria de chama (K). Ca^{2+}, Mg^{2+} e Al^{3+}: extração com KCl (1,0 mol/ L) e determinação por absorção atômica (Ca^{2+} e Mg^{2+}). H+Al: extração com acetato de Ca^{2+} a pH 7; SB = Soma de bases; *Saturação por bases; e **Saturação por alumínio.

Tabela 3. Caracterização química do solo (0 - 20 cm) da área antes da instalação do experimento.

S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
---	---	---	mg dm^{-3}	---	---
8,92	84,27	5,75	0,21	1,68	0,24

(S) Enxofre, (Fe) Ferro, (Mn) Manganês, (Cu) cobre, (Zn) Zinco, (B) Boro.

Foi utilizado o biofertilizante Microgeo®, e as doses aplicadas foram: 0 L ha^{-1}; 60 L ha^{-1}; 90 L ha^{-1}; 120 L ha^{-1}; 150 L ha^{-1}. As aplicações foram feitas com o auxílio de uma seringa diretamente no solo durante a semeadura, no qual foi aplicado 50% da dose recomendada no dia do plantio, e os outros 50% da dose recomendada no estádio fenológico V4, totalizando 100% das doses. A rega foi feita manualmente, utilizando um regador com capacidade para 5L, duas vezes ao dia ou de acordo com a necessidade dos vasos. O controle fitossanitário foi realizado durante todo o experimento, assim como o controle de plantas daninhas.

As avaliações morfométricas foram realizadas quinzenalmente a partir do estádio fenológico V4 (quarta folha desenvolvida), com verificação dos seguintes parâmetros: altura da planta (AP) analisada com o auxílio de uma trena (mm), tomando-se como referência o nível do solo (base do vaso) até o final da haste principal; diâmetro do colmo (DC) obtido com paquímetro digital (mm); número de folhas (NF), mensurado após contagem direta das folhas; índice de clorofila (CI) obtido através do uso de Medidor de Clorofila Falker®.

Ao final do experimento, foram avaliadas as seguintes variáveis de produção: número de grãos por fileira (NGF) e por espiga (NGE), por contagem direta; massa de 1000 grãos (MMG), com balança de precisão; comprimento radicular (CR), com régua milimetrada; volume radicular (VR), pelo deslocamento de água em proveta; altura de inserção da espiga (AIE) e comprimento da espiga (CE), com régua; diâmetro da espiga (DE), com paquímetro digital; além da massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), após secagem em estufa a 65 ºC por 72 horas.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

3.3 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análise descritiva pelo procedimento UNIVARIATE. O teste de Kolmogorov foi utilizado como critério para avaliar a pressuposição de normalidade dos resíduos. Os dados foram comparados pelo teste Kruskal-Wallis e foram elaborados boxplot para apresentação dos dados. Todas as análises foram realizadas no *Statistical Analysis System* (SAS® Inst. Inc., Cary, NC). O nível de significância de 5% foi adotado para todas as análises realizadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O biofertilizante Microgeo® não exerceu influência nos componentes de produção do milho. Entretanto, exerceu influência para as variáveis de Massa seca radicular (MSR); Comprimento radicular (CR) e Volume radicular (VR) (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância de variáveis de milho cultivado utilizando Microgeo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		AP	DC	AI	NF	MSPA	CR	VR
Trat	4	4,30E-03^{ns}	0,42^{ns}	20,68^{ns}	0,41^{ns}	410,3^{ns}	216,2^{ns}	373,83^{ns}
Resíduo	25	0,01	0,55	16,81	0,62	867,78	68,98	42,57
Total	29							
CV (%)		7,21	7,89	11,04	9,21	21,33	11,74	23,91
Fonte de variação	**GL**	**Quadrado médio**						
		MSR	**CE**	**DE**	**NFGE**	**NGF**	**PMG**	**IC**
Trat	4	169,97^{ns}	170,85^{ns}	119,02^{ns}	3,9^{ns}	5,42^{ns}	22,88^{ns}	6,56^{ns}
Resíduo	25	28,55	518,39	134,71	12,16	13,54	110,8	9,46
Total	29							
CV (%)		17,29	52,22	49,22	49,16	56,4	32,66	9,65

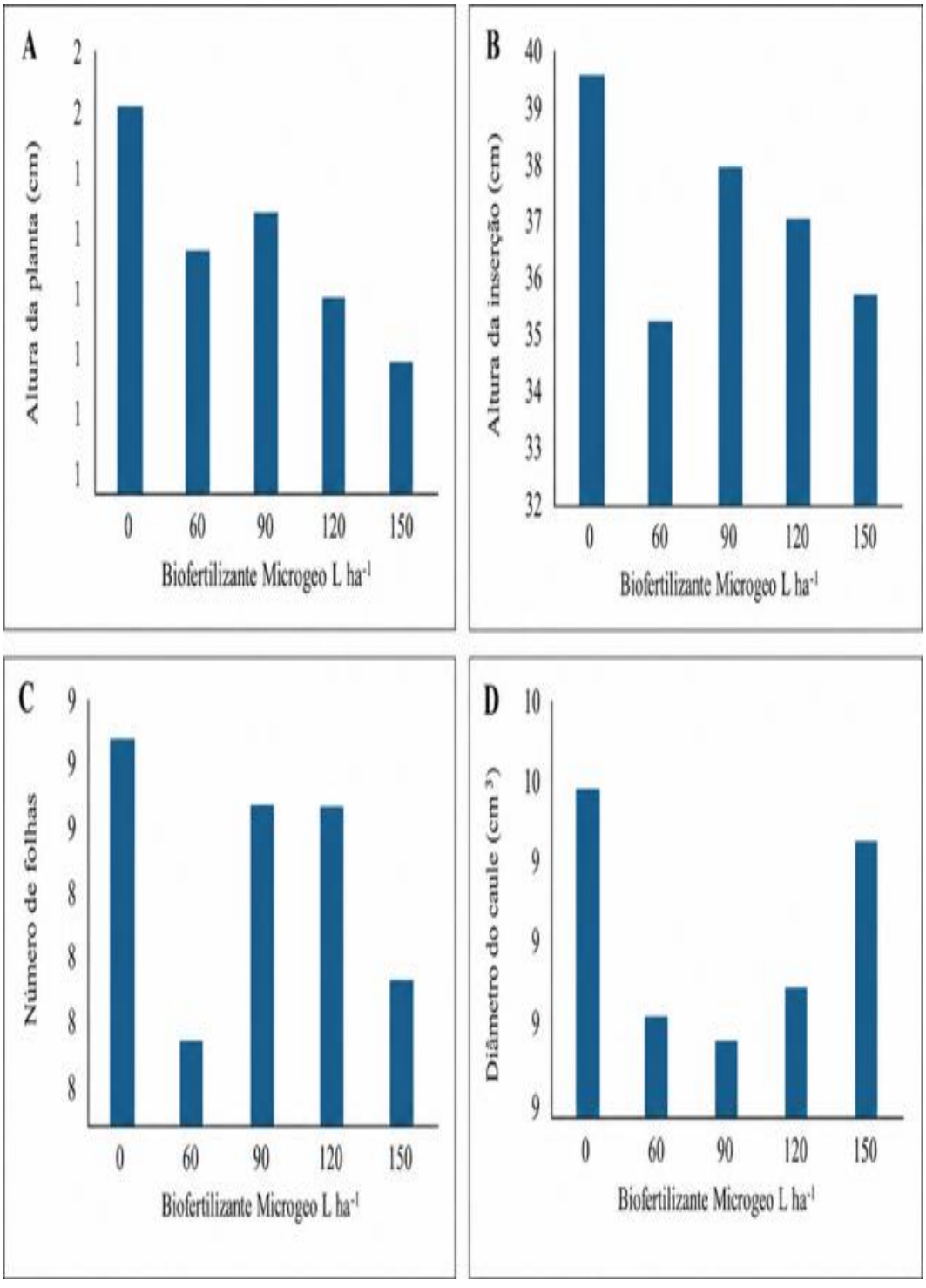
GL: grau de liberdade. CV (%): coeficiente de variação. AP: altura da planta. DC: diâmetro do caule. AIE: altura da inserção. NF: número de folhas. MSPA: massa seca da parte aérea. CR: comprimento radicular. VR: volume radicular. MSR: massa seca radicular. CE: comprimento da espiga. DE: diâmetro da espiga. NFGE: número de fileiras de grãos por espiga. NGF: número de grãos por fileira. PMG: peso de mil grãos. IC: índice de colheita. ns: não significativo

Ao avaliar a altura da planta, observou-se que com o aumento das doses de biofertilizantes a altura diminuiu. A maior altura foi observada na dose (0 L ha^{-1}), enquanto a menor altura ocorreu na dose de 150 L ha^{-1} (Figura 2A). Aparecido *et al*. (2017) não observaram alterações significativas na altura das plantas em resposta à adubação biológica. A altura da planta foi influenciada pelo tipo de aplicação do biofertilizante, com melhores resultados na aplicação via solo em comparação à foliar. No entanto, não houve diferença significativa em

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

relação à testemunha, com valores variando entre 19,0 e 23,4 cm, representando um acréscimo de aproximadamente 20% (Silva *et al*., 2011).

Figura 2. Altura da planta (A), altura de inserção da espiga (B), número de folhas (C) e diâmetro do caule (D) de milho cultivado sob diferentes doses de Microgeo®



REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Os resultados indicam que a aplicação do biofertilizante reduziu a altura da inserção do milho (Figura 2B). Observa-se que a maior altura foi registrada na ausência do biofertilizante (0 L ha^{-1}), enquanto as doses crescentes resultaram em uma redução da altura da inserção.

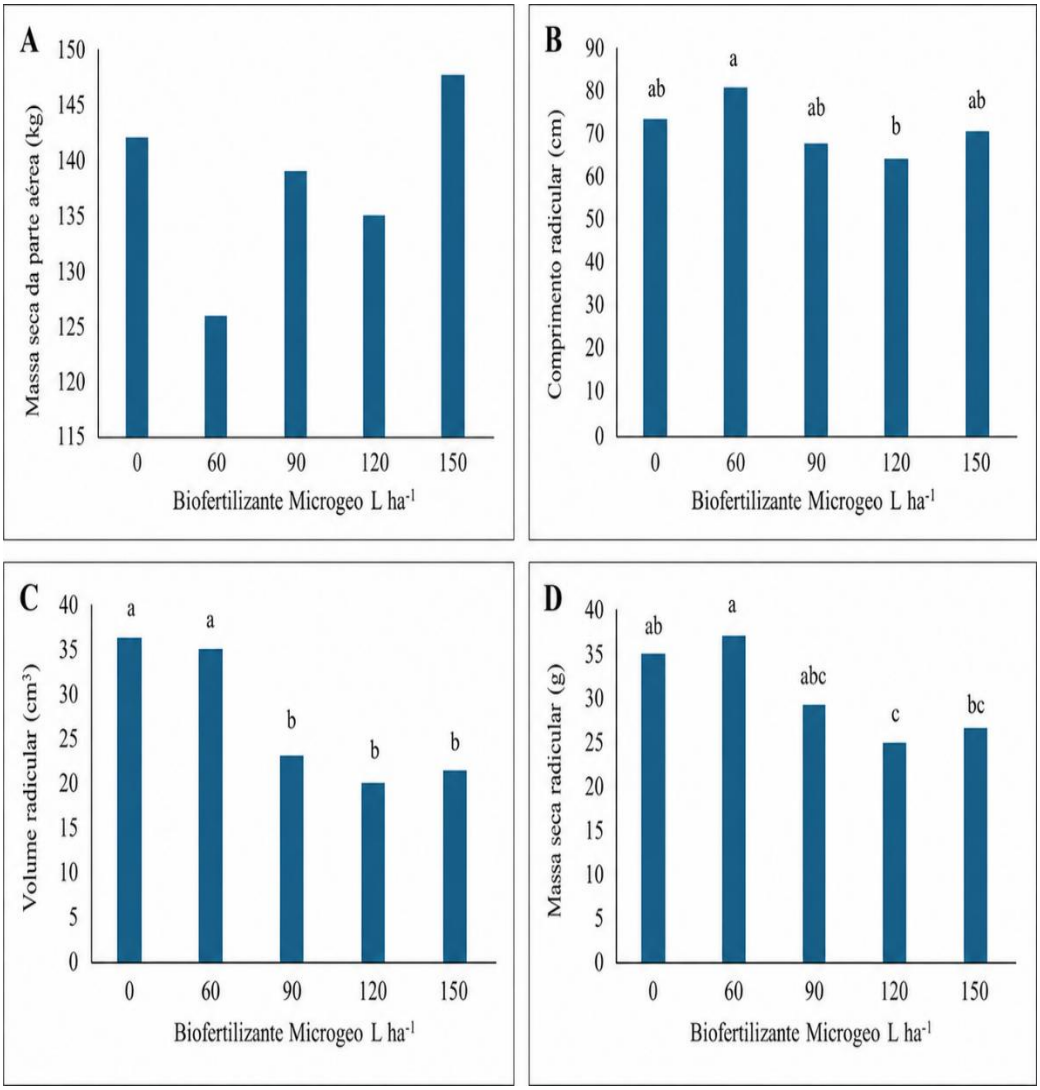
O controle (0 L ha^{-1}) apresentou o maior número de folhas, enquanto os tratamentos como Microgeo® mostraram menor quantidade, especialmente na dose de 60 L ha^{-1} (Figura 2C). Já Silva *et al*. (2011) observaram que o número de folhas foi maior com a aplicação do biofertilizante via solo, diferenciando-se dos demais tratamentos. Nesse caso, foram registradas 43,75 folhas, enquanto a testemunha apresentou o menor desempenho, com 32,00 folhas, sem diferença significativa em relação aos outros tratamentos.

Na avaliação do diâmetro do caule, observou-se que o tratamento testemunha (0 L ha^{-1}) apresentou os melhores resultados em comparação às demais doses do biofertilizante (Figura 2D). No entanto, estudos como o de Cardoso *et al*. (2017) demonstraram resultados distintos, com maior diâmetro do caule nas plantas tratadas com o biofertilizante Microgeo®, registrando um aumento de 1,47 cm em relação à testemunha. De forma semelhante, Oliveira *et al*. (2019) também relataram efeitos positivos da aplicação do fertilizante biológico, com aumento da massa seca da parte aérea aos 60 dias após a semeadura (DAS), além de incrementos na altura das plantas e no diâmetro da base do caule aos 60 e 120 DAS, bem como elevação no número de vagens e na produtividade de grãos

O gráfico demonstra que a dose de 150 L ha^{-1} resultou no maior acúmulo de massa seca da parte aérea, enquanto a dose de 60 L ha^{-1} apresentou o menor valor (Figura 3A). É possível que plantas mais robustas tenham contribuído para esse maior acúmulo de biomassa, refletindo o comportamento observado no Tratamento T4, que obteve o maior registro de massa seca. Embora doses mais elevadas possam promover efeitos positivos, ainda são necessários estudos mais aprofundados para confirmar esses resultados. De forma semelhante, Fonseca *et al*. (2021) observaram que a produção de biomassa seca diferiu entre os intervalos de aplicação apenas na dose de 60 m^3 ha^{-1} do biofertilizante, com um aumento de 49,62% quando o intervalo foi de 21 dias, em comparação ao de 14 dias.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Figura 3. Massa seca da parte aérea (kg) **3A,** Comprimento radicular (cm) **3B**, Volume radicular (cm^3) **3C**, Massa seca radicular (kg) **3D**, de milho cultivado sob Microgeo®.



Analisando o comprimento radicular (CR), foi observado que o tratamento T1 também registrou o melhor resultado (79,46 cm), seguido dos tratamentos T0 e T4 (Figura 3B). O Microgeo® possui a capacidade de melhorar a qualidade do solo, tanto biologicamente quanto fisicamente (Santos *et al*., 2024), pois sua composição é constituída principalmente de compostos orgânicos que atuam na melhoria da qualidade do solo. Tanto em sistemas convencionais quanto em sistemas conservacionistas, o biofertilizante Microgeo® possibilita melhoria da qualidade do solo, especialmente os atributos biológicos (Santos *et al*., 2024).

Bonassi *et al*. (2024) afirmaram que o biofertilizante Microgeo® atua na morfologia e nutrição de espécies cultivadas ao testarem o efeito desse bioinsumo no cultivo de cana-de-

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

açúcar, onde observaram efeitos positivos nessa espécie. O mesmo foi observado na presente pesquisa, onde o crescimento do sistema radicular foi melhorado com o uso do Microgeo®.

Avaliando o volume radicular (VR), notou-se que os tratamentos T0 e T1 obtiveram os melhores resultados, nos quais foram registrados valores de 36,25 e 35,42 cm³, respectivamente (Figura 3C). O maior volume radicular pode estar relacionado ao maior desenvolvimento das raízes, evidenciado pelos resultados de comprimento e massa seca radicular.

A massa seca radicular (MSR) apresentou o melhor desempenho no tratamento T1, que recebeu 60 L ha^{-1} do biofertilizante Microgeo®, com valor aproximado de 37 g. Em seguida, destacaram-se os tratamentos T2 e T3, com 35,40 g e 28,71 g, respectivamente (Figura 3D). Resultados semelhantes foram observados por Cardoso *et al*. (2017) relataram aumento significativo na massa radicular e na parte aérea com a aplicação de Microgeo®, em comparação à testemunha. Esses efeitos positivos podem ser atribuídos à ação dos microrganismos vivos presentes nos fertilizantes biológicos, os quais estimulam o crescimento e o alongamento das raízes (Chen, 2006).

Cardoso e Rezende (2020) observaram maior altura e comprimento radicular em milho em solo tratado com Microgeo® em conjunto com adubação química. Eles também observaram incrementos significativos de massa seca radicular com o uso de Microgeo®. Na presente pesquisa notou-se comportamento semelhante, pois o CR apresentou aumento com o uso do Microgeo® no tratamento T2, além do incremento observado também na MSR.

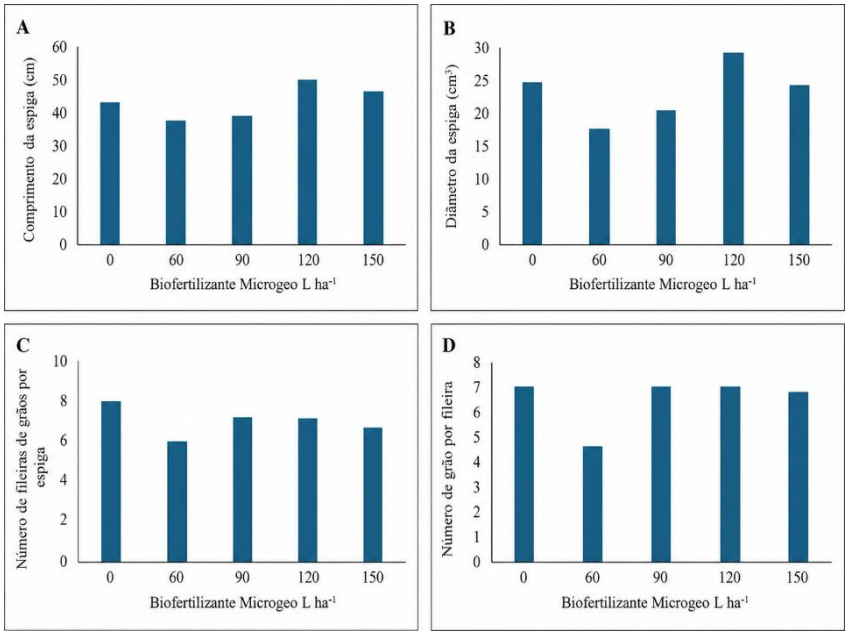
O fertilizante Microgeo® é um adubo biológico que inclui microrganismos exclusivos, nutrientes e metabólitos. Atua como um componente equilibrado, proporcionando nutrição e regulação do crescimento vegetal (Microbiol, 2020b), o que pode estar relacionado à formação de raízes mais volumosas, maiores e com maior massa seca. Ressalta-se, entretanto, que a segurança de compostos líquidos depende de condições adequadas de compostagem e fermentação. Como esses aspectos não foram avaliados neste estudo, recomenda-se que pesquisas futuras investiguem a qualidade microbiológica e a maturação do material.

Os resultados obtidos em vasos não permitem afirmar que o Microgeo® substitua a adubação convencional, sendo necessários estudos de campo para confirmar sua eficiência em condições comerciais.

O gráfico (Figura 4A) apresenta o comprimento das espigas de milho em função da aplicação do biofertilizante Microgeo® em diferentes doses (0, 60, 90, 120 e 150 L ha^{-1}). Os resultados indicam uma leve variação no comprimento das espigas, com aumentos mais expressivos nas doses de 120 e 150 L ha^{-1}.

Figura 4. Comprimento da espiga (A), diâmetro da espiga (B), número de fileiras de grãos por espiga (C) e número de grãos por fileira (D) de milho cultivado sob Microgeo®.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218



Os resultados indicam que a aplicação (0 L ha^{-1}) apresentou valor similar as doses (90, 120 e 150 L ha^{-1}) de Microgeo® no diâmetro da espiga (Figura 4B). Pinheiro *et al*. (2019) registraram a menor média no tratamento sem adubação, enquanto os demais tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas. O aumento das doses de adubação resultou em um crescimento linear do diâmetro das espigas.

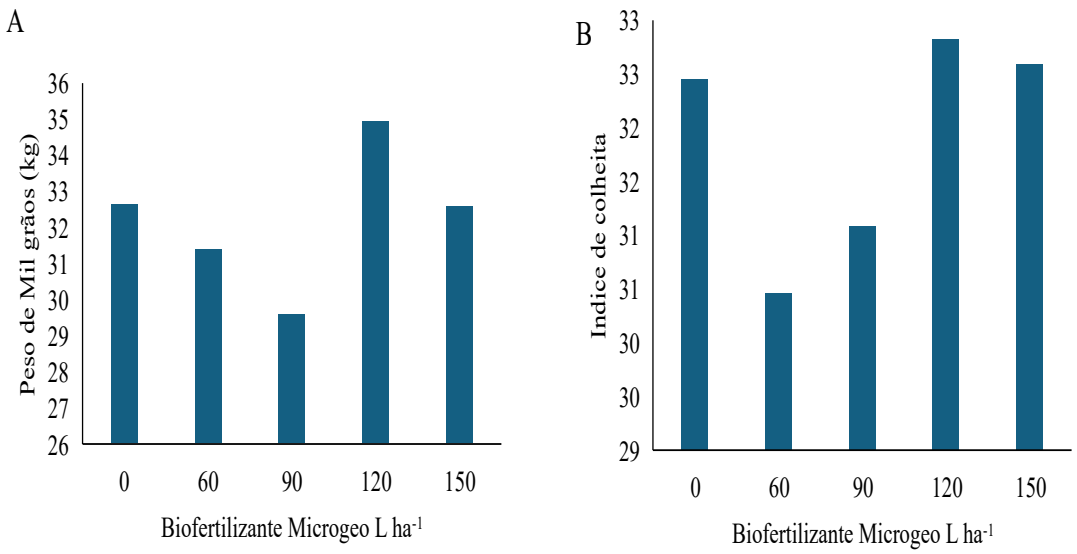
O tratamento sem aplicação do biofertilizante (0 L ha^{-1}) apresentou o maior número de fileiras de grãos em comparação às demais doses de Microgeo® (Figura 4C). Quanto ao número de grãos por fileira, a testemunha também se destacou, com valores semelhantes aos observados nas doses mais elevadas do biofertilizante (60, 90, 120 e 150 L ha^{-1}) (Figura 4D). Esses achados reforçam o potencial dos inoculantes biológicos no estímulo ao crescimento vegetal, embora os efeitos sobre os componentes de produção devam ser avaliados em estudos específicos (Mazid; Khan, 2014).

O peso de mil grãos variou de acordo com as doses de biofertilizante aplicadas. A dose de 90 L ha^{-1} apresentou o menor valor, enquanto a dose de 120 L ha^{-1} demonstrou efeito positivo, sendo seguida pela dose de 150 L ha^{-1}, que também contribuiu para o incremento desse parâmetro (Figura 5A). Resultados semelhantes foram observados por Syafruddin *et al*. (2025), que relataram um aumento significativo na produtividade de grãos, entre 9,24% e 22,02%, quando se associou a inoculação com rizobactérias ao uso de adubo controle, em comparação aos tratamentos sem inoculação.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Pinheiro *et al*. (2019) confirmam esse resultado, já que em seu trabalho a massa de mil grãos (MMG) aumentou significativamente com a maior disponibilidade nutricional.

Figura 5. Peso de Mil Grãos (kg) **5A**; Índice de Colheita **5B**, de milho cultivado sob Microgeo®



O índice de colheita apresenta uma variação menos pronunciada, mas com comportamento diferente do peso de mil grãos. A dose 0 L ha^{-1} apresentou um dos maiores índices de colheita, a dose 60 L ha^{-1} resultou no menor valor, o índice aumentou progressivamente na dose 120 L ha^{-1}, manteve o valor elevado na dose 150 L ha^{-1}, sem grande diferença em relação a 120 L ha^{-1} (Figura 5B).

Vale ressaltar que o biofertilizante Microgeo® teve ação exclusivamente no sistema radicular do milho, sem impactar outras variáveis biométricas. É essencial conduzir mais estudos que visem a investigar os efeitos desse bioinsumo em espécies de relevância comercial.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do biofertilizante Microgeo® influenciou positivamente o desenvolvimento do sistema radicular do milho, com destaque para a dose de 60 L ha^{-1}, que apresentou os melhores resultados para massa seca, comprimento e volume radicular.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

REFERÊNCIAS

ALI, A.; ADNAN, M.; ABBAS, A.; JAVED, M. A.; SAFDAR, M. E.; ASIF, M.; IMRAN, M.; IQBAL, T.; REHMAN, F. U.; AHMAD, R. Comparative performance of various maize (*Zea mays* L.) cultivars for yield and related attributes under semi-arid environment. **Agricultural and Biological Research**, v. 36, n. 4, p. 63-66, 2020.

ALVES, E.; SOUZA, G. S.; GARAGORRY, F. L. A evolução da produtividade do milho. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 37, n. 1, p. 77 – 96, 2019.

APARECIDO, L. E. O.; SOUZA, I. T.; MIRANDA, G. R. B.; MORAES, J. R. C. S.; MORAES-OLIVEIRA, A. F.; PAULA, F. V. Tipos De Plantio E Fertilizante Biológico No Cafeeiro Em Função Do Índice Térmico. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 307-315, jul./set. 2017.

BARROS, L. E. O; LIBERALINO FILHO, J. Composto orgânico sólido e em suspensão na cultura do feijão-mungo-verde (*Vigna radiata*, wilkzeck). **Revista Verde**, Mossoró, v.3, n.1, p.114-122, 2008.

BONASSI, R. C.; VAZQUEZ, G. H.; VENZKE FILHO, S. P.; D'ANDRÉA-KÜHL, M. S. C.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; SANCHES, A. C.; VANZELA, L. S.; LOUREIRO, E. S.; NAVARRETE, A. A. Inoculation effects of Nitrospirillum amazonense and biofertilizer in sugarcane. **Ciência Rural**, v. 54, n. 03, p. e20220628, 2024.

BOTELHO, M. G. L.; PIMENTEL, B. D.; FURTADO, L. G.; LIMA, M. D.; CARNEIRO, C. R.; BATISTA, V. D.; MARINHO, J. L.; MONTEIRO, A. C.; SILVA, T. A.; PONTES, A.N.; COSTA, M. D. Pesticides in agriculture: agents of environmental damage and the search for sustainable agriculture. **Research, Society and Development**, v. 9, 2020.

BURLAKOTI, S.; DEVKOTA, A. R.; POUDYAL, S.; KAUNDAL, A. Beneficial Plant–Microbe Interactions and Stress Tolerance in Maize. **Applied Microbiology**, v. 4, n. 3, p. 1000-1015, 2024. DOI: 10.3390/applmicrobiol4030068.

CARBONERA, R.; FERNANDES, S. B. V.; OLIVEIRA, F. G.; MELLO, J. B.; UHDE, E. M; RIGO, D. S. Diversidade de sistemas produtivos e sustentabilidade na agricultura. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 98–118, 2020.

CARDOSO, L. D. A.; REZENDE, D. F. Desenvolvimento inicial da cultura do milho em solos tratados com adubações biológica e mineral. **Agroecologia**: Caminho de preservação do meio ambiente 2. Ponta Grossa, p. 52-57, 2020.

CARDOSO, S. S.; LOPES, M. C.; MENDES, G. M. S. Desenvolvimento de alface Submetida À Adubação Com Microgeo®. **Revista Mirante**, v. 10, n. 2, p. 43-53, 2017.

CHEN, J. H. O uso combinado de fertilizantes químicos e orgânicos e/ou biofertilizantes para o crescimento das culturas e fertilidade do solo. **Departamento de Desenvolvimento de Terras**, Bangkok, Tailândia, v. 16, n. 20, p. 1–10, 2006.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, safra 2012/2013, nono levantamento, junho 2013. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_06_06_09_09_27_boletim_graos_-_junho_2013.pdf. Acesso em: 29 nov. 2024.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

CONAB. **Produção de grãos é estimada em 320,1milhões de toneladas com ganhos de área e produtividade**. 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5116-producao-de-graos-e-estimada-em-320-1-milhoes-de-toneladas-com.

COSTA, M. M. M. N.; BARROS, M. A. L.; FREIRE, R. M. M. Biofertilizantes, **Embrapa**, Campina Grande, 2023.

CUNHA, G. L. R. **Agrotóxicos: aplicabilidade, impactos e alternativas para redução na utilização**. 2023. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.

D'ANDREA, P. Agricultura de processos. In: SIXEL, B.T. **Biodinâmica e agricultura**. Botucatu: Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, p. 155-181, 2003.

DAROLT, M. R. **As principais correntes do movimento orgânico e suas particularidades.** 2002. Disponível em: http://www.planetaorganico.com.br. Acesso em: 14 jun. 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2019. **Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos**, Série desafios do agronegócio brasileiro (NT2).

FIORIN, J. E.; VENZKE FILHO, S. P. **Reestruturação do solo com microgeo®**. Arquivo de pesquisas Microgeo®. 2011. Disponível em: http://www.microgeo.com.br/ns/pesquisas-e-resultados. Acesso em: 23 ago. 2024

FONSECA, V. A. *et al*. Yield of 'Gigante' cactus pear cultivated under biofertilizer doses and application intervals. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 9, p. 633–640, 30 jun. 2021.

KUCHLER, P. C. *et al*. **Big Earth Observation Data e aprendizado de máquina para mapeamento da agricultura sustentável no Brasil. Embrapa.** In: REDIN, E. (org.). Ciências rurais em foco. Belo Horizonte: Poisson, v. 4, cap. 4, p. 24-30, 2021.

MAZID, M.; KHAN, T. A. Future of bio-fertilizers in Indian agriculture: an overview. International **Journal of Agricultural and Food Research**, v. 3, n. 3, p. 10-23, 2014.

MEDEIROS, M. B.; WANDERLEY, P. A.; WANDERLEY, M. J. A. Biofertilizantes líquidos. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 31, p. 38-44, 2003.

MICROBIOL IND. COM. **O que é Microgeo®?.** MICROGEO®. 2020. Disponível em: https://microgeo.com.br/site/o-que-e Acesso em: 22 de agosto de 2024.

MICROGEO. **Confira os resultados em cana-de-açúcar**. 2024. Disponível em: https://microgeo.com.br/site/wp-content/uploads/2024/01/confira-os-resultados-em-cana-de-acucar.pdf. Acesso em: 21 ago. 2024

MIRANDA, R. A.; DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; DURAES, F. O. M. **Sustentabilidade da cadeia produtiva do milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 2021.

NOGUEIRA, V. F. B.; CORREIA, M. F.; NOGUEIRA, V. S. Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha-MA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 708-724, 2012.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

OLIVEIRA, K. C. L.; ARAÚJO, D. V. D.; MENESES, A. C. D.; SILVA, J. M. E.; TAVARES, R. L. C. Biological Management Of Pratylenchus brachyurus In Soybean Crops. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 041–051, 2019.

PEREIRA, J. L.; REZENDE, C. F. A.; PINHEIRO, R. C. Uso de biofertilizante e adubação química nos parâmetros foliares na cultura do milho em sistema de plantio direto. **IX Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente – SNCMA – III CIPEEX**, Anais, v. 2, p. 309-317. 2018.

PEREIRA, V. L. D.; SIMONETTI, A. P. M. M. Uso de Bioestimulantes associado ao tratamento de semente de milho (*Zea mays* L.). **Revista Cultivando o Saber**, v. 14, p.186-192, 2021.

PINHEIRO, L. S.; SILVA, R. C.; CONCEIÇÃO, V. R.; AGUIAR, R. O.; NASCIMENTO, M. R.; VIEIRA, M. M.; SOUSA, R. F.; OLIVEIRA, J. T.; SILVA, J. N.; SILVA, V. F. A.; SILVA, P. A. Análise de trilha dos atributos físicos de milho (*Zea mays* L.) em sistema de cultivo convencional. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e8010110832, 2021.

PINHEIRO, R. C.; LIMA, P. J.; REZENDE, C. F. A. Adubação biológica associada a adubação química nos parâmetros de solo, nutricional e produtivo do milho**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 04, p. 9-20, 2019.

POLICARPO, M. A.; SAMBUICHI, R. H. R.; ALVES, F.; GUALDANI, C.; PACÍFICO, D. A**. O programa nacional de bioinsumos no âmbito da política nacional de agroecologia e produção orgânica:** origem, contribuições e potencialidades. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2023. Doi: https://doi.org/10.38116/td2933

RABÊLO, K.; BICALHO, I. M.; CARRIJO, M. R. M.; JUNIOR, E G. S.; NUNES, L. T. Influência das práticas de manejo e adubação biológica na atividade microbiana do solo. **Revista Master** - Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 9, n. 18, dez. 2024.

REHMAN, F. U.; ADNAN, M.; KALSOOM, M.; NAZ, N.; HUSNAIN, M. G.; ILAHI, H.; ILYAS, M. A.; YOUSAF, G.; TAHIR, R.; AHMAD, U. Seed-borne fungal diseases of Maize (*Zea mays* L.): A review. **Agrinula: Journal Agroteknologi Dan Perkebunan**, v. 4, n. 1, p. 43-60, 2021.

SANTANA, A. P. S. **Aspectos da sustentabilidade nas explorações do milho em assentamentos rurais no centro-oeste de Sergipe**. 2019. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2019.

SANTOS, K. R.; BICALHO, I. M.; CARRIJO, M. R. M.; SILVA, J. E. G.; NUNES, L. T. Influência das práticas de manejo e adubação biológica na atividade microbiana do solo. **Revista Master** - Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 9, n. 18, 2024.

SELBACH, J. F.; LEITE, J. R. S. A. Environment in Lower Parnaíba: eyes in the world, feet in the region. São Luís: **EDUFMA**, p. 216, 2008.

SILVA, E. G.; SILVA, M. A.; TAKATA, W. H. S.; ANDREANI, R. J.; KOZUSNY-ANDREANI, D. I.; LIMA, F. B. Qualidade de mudas de tomateiro com aplicação de biofertilizantes. **Revista Cultivando o Saber**, v. 4, n. 1, p. 132-139, 2011.

SNA – Sociedade Nacional Agrícola. **Uso de adubação biológica reduz 56 milhões de quilos de emissão de CO_2 na atmosfera**. set. 2018. Disponível em: https://www.sna.agr.br/uso-de-adubacao-biologica-reduz-56-milhoes-de-quilos-de-emissao-de-co%E2%82%82-na-atmosfera/ Acesso em: 23 ago. 2024

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

SYAFRUDDIN, S. *et al*. Rhizobacteria consortium as a biofertilizer to enhance yield, nutrient use, and fertilizer efficiency in maize. **Bragantia**, v. 84, p. e20240196, 28 abr. 2025.

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