

Integração Lavoura-Pecuária, Bioinoculantes e Adubação Orgânica: Estratégias para otimização do uso da terra no Vale do Jequitinhonha

Crop-Livestock Integration, Bioinoculants and Organic Fertilization: Strategies for optimizing land use in the Jequitinhonha river Valley

Integración Cultivo-Ganadería, Bioinoculantes y Fertilización Orgánica: Estrategias para optimizar el uso de la tierra en el Valle de Jequitinhonha

Recebido: 13/12/2022 | Revisado: 29/12/2022 | Aceitado: 08/01/2023 | Publicado: 10/01/2023

Cíntia Rocha Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7415-6628>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Brasil

E-mail: crs@aluno.ifnmg.edu.br

Iara dos Santos Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6113-2259>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Brasil

E-mail: ids@aluno.ifnmg.edu.br

Wagner Silva dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7379-7124>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Brasil

E-mail: wds1@aluno.ifnmg.edu.br

Larissa Cordeiro Gandra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3209-6188>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Brasil

E-mail: lgl1@aluno.ifnmg.edu.br

Fernanda Soares Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1467-3818>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Brasil

E-mail: fernanda.soares@ifnmg.edu.br

Hércules Otacílio Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5399-9522>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Brasil

E-mail: hercules.santos@ifnmg.edu.br

Irã Pinheiro Neiva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2046-9327>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Brasil

E-mail: ira.pinheiro@ifnmg.edu.br

Marco Aurélio Noce

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6597-8462>

Embrapa Milho e Sorgo, Brasil

E-mail: marco.noce@embrapa.br

Eliane Macedo Sobrinho Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-4957>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Brasil

E-mail: eliane.santos@ifnmg.edu.br

Resumo

Nos dias atuais há uma crescente demanda mundial por grãos, e a cultura do milho se destaca como uma importante fonte de nutrição humana, e animal. Para melhorar sua produtividade e reduzir o uso de insumos sintéticos agrícolas, foi criado os bioinoculantes, nos quais permitem uma produção de baixo custo sem contaminação ambiental, melhorando a fertilidade do solo e a biodiversidade. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do sistema ILP, e da utilização de Bioinoculantes e Adubação Orgânica no desempenho da cultura do milho, como estratégias sustentáveis para o melhor uso da terra em regiões semiáridas, como é o caso do Vale do Jequitinhonha. O experimento foi conduzido no IFNMG - campus Araçuaí, utilizando o milho BRS 3046 e a cv. BRS Tamani, adubo químico NPK, composto a base de esterco bovino e os bioinoculantes BiomaPhos® e Azotrop®. Neste estudo, avaliou-se o efeito de diferentes esquemas de fertilização sobre o crescimento e a produtividade de plantas de milho híbrido BRS 3046, analisando as seguintes características: Altura da planta, diâmetro do colmo, população de plantas, incidência de pragas e doenças, estimativa da produtividade e maturidade fisiológica em 50 e 60 dias após a semeadura. Os resultados são sugestivos de que o fornecimento de nutrientes por meio da adição dos bioinoculantes e adubação das plantas de milho, produz

potencialização do desempenho da cultura. Entretanto, a última safra teve uma precipitação atípica na região estudada, tornando fundamental a repetição desse experimento nos próximos anos.

Palavras-chave: Milho; Tamani; BiomaPhos; Azotrop; Semiárido.

Abstract

Nowadays there is a growing world demand for grains, and the corn crop stands out as an important source of human and animal nutrition. To improve productivity and reduce the use of synthetic agricultural inputs, bioinoculants were created, which allow low-cost production without environmental contamination, improving soil fertility and biodiversity. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the ILP system, and the use of Bioinoculants and Organic Fertilization in the performance of the corn crop, as sustainable strategies for the best use of the land in semi-arid regions, as is the case of the Jequitinhonha Valley. The experiment was carried out at IFNMG - Araçuaí campus, using BRS 3046 corn and cv. BRS Tamani, NPK chemical fertilizer, composed of bovine manure and BiomaPhos® and Azotrop® bionoculants. In this study, the effect of different fertilization schemes on the growth and productivity of BRS 3046 hybrid corn plants was evaluated, analyzing the following characteristics: Plant height, stem diameter, plant population, incidence of pests and diseases, estimate of productivity and physiological maturity at 50 and 60 days after sowing. The results are suggestive that the supply of nutrients through the addition of bioinoculants and fertilization of corn plants, enhances the performance of the crop. However, the last harvest had an atypical precipitation in the region studied, making it essential to repeat this experiment in the coming years.

Keywords: Corn; Tamani; BiomaPhos; Azotrop; Semi-arid.

Resumen

En la actualidad existe una creciente demanda mundial de granos, destacándose el cultivo del maíz como una importante fuente de alimentación humana y animal. Para mejorar la productividad y reducir el uso de insumos agrícolas sintéticos, se crearon bioinoculantes, que permiten una producción a bajo costo sin contaminación ambiental, mejorando la fertilidad del suelo y la biodiversidad. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia del sistema ILP, y el uso de Bioinoculantes y Fertilización Orgánica en el rendimiento del cultivo de maíz, como estrategias sustentables para el mejor aprovechamiento de la tierra en regiones semiáridas, como es el caso del Valle de Jequitinhonha. El experimento se realizó en el IFNMG - campus de Araçuaí, utilizando maíz BRS 3046 y cv. BRS Tamani, fertilizante químico NPK, compuesto por estiércol bovino y bionoculantes BiomaPhos® y Azotrop®. En este estudio se evaluó el efecto de diferentes esquemas de fertilización sobre el crecimiento y productividad de plantas de maíz híbrido BRS 3046, analizando las siguientes características: Altura de planta, diámetro de tallo, población de plantas, incidencia de plagas y enfermedades, estimación de productividad y madurez fisiológica a los 50 y 60 días después de la siembra. Los resultados sugieren que el suministro de nutrientes a través de la adición de bioinoculantes y la fertilización de las plantas de maíz, mejora el rendimiento del cultivo. Sin embargo, la última cosecha tuvo una precipitación atípica en la región estudiada, por lo que es imprescindible repetir este experimento en los próximos años.

Palabras clave: Maíz; Tamani; BiomaPhos; Azotrop; Semi árido.

1. Introdução

O setor agrícola vem tentando atender à crescente demanda mundial por grãos, carne, leite, madeira, fibra e bioenergia. Além disso, há a necessidade de aumentar a produtividade sem o estabelecimento de novas áreas ou desmatamento para expandir as fronteiras agrícolas (Cordeiro et al., 2015). Neste contexto, a diversificação dos usos do solo nas áreas agrícolas e o aumento da eficiência e resiliência dos sistemas de produção podem contribuir para a harmonização destes interesses.

A cultura do milho destaca-se neste cenário, pois é uma importante fonte de nutrientes tanto para humanos quanto para os animais de interesse zootécnico. Esta planta pode ser cultivada sob condições de sequeiro e em solos com disponibilidade reduzida de macronutrientes (Siap, 2017), situações que predispõem uma certa vulnerabilidade a condições climáticas adversas. Para obter um bom rendimento na colheita, é necessário considerar a sustentabilidade na produção e, nesse sentido, a perda da fertilidade do solo é a principal preocupação dos agricultores (Nurhayati et al., 2016). Estas condições são causadas principalmente pela redução do teor de matéria orgânica do solo juntamente com adubação desequilibrada, como resultado de práticas agrônômicas inadequadas derivadas da agricultura moderna (Burke et al., 2019), onde a atividade microbiana do solo e os ciclos bioquímicos de nutrientes desempenham um papel muito importante. na manutenção da fertilidade dos solos agrícolas (Ávalos et al., 2018).

A redução da fertilidade do solo, a dependência de recursos não renováveis e a degradação na composição do ecossistema edáfico são fatores limitantes, devido à aplicação de agroquímicos sintéticos, como fertilizantes e pesticidas

(Braibante et al., 2012). Assim, cerca de metade dos fertilizantes sintéticos à base de nitrogênio são perdidos no meio ambiente, contaminando a água, o solo e a atmosfera (Lira-Saldivar, 2017). Vários estudos sugerem a substituição de fertilizantes químicos pelo uso de biofertilizantes, como a adubação orgânica e os bioinoculantes (Ávalos et al., 2018). Os bioinoculantes permitem a produção de baixo custo sem contaminação ambiental, melhorando a fertilidade do solo e a biodiversidade (Okur, 2018).

As bactérias e fungos são os microrganismos endofíticos que são utilizados como biofertilizantes, atuando por diferentes modos de ação através dos quais podem interagir com as plantas (Tavera-Zavala, 2017), além do papel que desempenham na biorregulação de microrganismos patogênicos associados às culturas (Ramírez-Cariño et al., 2020).

Além da adubação orgânica e do uso dos inoculantes, existem outras estratégias que podem viabilizar o cultivo do milho e otimizar o uso da terra, como é o caso dos sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP). O sistema ILP surgiu como uma tecnologia para fortalecer o agronegócio em direção à sustentabilidade (Vilela et al., 2011). Sistemas integrados de plantio direto e produção pecuária podem ajudar a rejuvenescer pastagens degradadas, aumentar a eficiência do uso da terra (EUT) e aumentar a receita de um empreendimento (Crusciol et al., 2014). Além disso, essa técnica foi adotada pelo Brasil para reduzir a emissão de gases de efeito estufa com base na Política Nacional de Mudanças Climáticas (NPCC) (Silva et al., 2018).

Com base no exposto, este estudo tem por objetivo avaliar a eficiência do sistema ILP, e da utilização de Bioinoculantes e Adubação Orgânica no desempenho da cultura do milho, como estratégias sustentáveis para o melhor uso da terra em regiões semiáridas, como é o caso do Vale do Jequitinhonha.

2. Metodologia

Esse projeto foi desenvolvido em parceria com a EMBRAPA Milho e Sorgo, utilizando milho juntamente com capim tamani (*Panicum maximum* cv Tamani), a fim de avaliar o progresso de ambas cultivares em consórcio.

O presente estudo, em questões estruturais da metodologia científica, é categorizado como uma pesquisa aplicada, com objetivos explicativos, e, classificada como experimental, uma vez que, irá analisar parâmetros como o tamanho e o diâmetro da cultivar em vários estágios de crescimento, a incidência de pragas e doenças, e a contribuição dos bioinoculantes em cada um desses fatores. A respeito da pesquisa de natureza aplicada, a mesma tem por finalidade a aplicação dos conhecimentos básicos, gerando soluções para os desafios propostos, assim contribuindo para desenvolvimento de um novo produto no mercado, e a aceitabilidade do consumidor (Jung, 2003). Em relação a sua característica explicativa, segundo Gil (2002), “têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Este é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas”. Sobre a sua abordagem quantitativa, conforme De Freitas Mussi (2019) afirma que “a pesquisa quantitativa pretende e permite a determinação de indicadores e tendências presentes na realidade, ou seja, dados representativos e objetivos, opondo-se à ciência aristotélica, com a desconfiança sistemática das evidências e experiência imediata”. A respeito do tipo, de acordo com o Gil (2008), este estudo é caracterizado como experimental, dado que, busca determinar, observar e definir variáveis de controle que influenciam os resultados obtidos. Assim, o experimento representa o melhor exemplo de pesquisa científica.

2.1 Descrição do local de estudo

O experimento foi conduzido na região edafoclimática do Vale do Jequitinhonha, na área do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Araçuaí nas seguintes coordenadas -16.848547, -42.034989 (Google Earth, 2022).

Figura 1 - Localização do IFNMG - Campus Araçuaí. Área da unidade experimenta está indicado pela seta vermelha.



Fonte: <https://earth.google.com/web/search/>

A Figura 1 é uma imagem aérea da área do experimento indicada pela seta vermelha, a mesma foi retirada do Google Earth.

O município de Araçuaí-MG apresenta um clima do tipo Bwa segundo a classificação de Koppen, sendo este, seco, com chuvas de verão e temperatura média anual superior a 22 graus, sua precipitação gira em torno de 800 mm anuais, o que pode favorecer a baixa produtividade das culturas agrícolas.

O solo da área foi classificado pelo método Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES) como planossolo. Para preparo da área experimental foi realizada análise de solo, na camada arável (0-20 cm e 20-40 cm de profundidade), cujas características estão apresentadas a seguir (Quadro 1).

Quadro 1 - Caracterização do solo da área experimental.

ATRIBUTOS DO SOLO	AMOSTRAS	ATRIBUTOS DO SOLO	AMOSTRAS
pH em água	4,80	m (%)	3
P Mehlich (mg dm ⁻³)	10,51	T (cmolc dm ⁻³)	7,66
P remanescente (mg L ⁻¹)	33,83	V (%)	78,55
K (mg dm ⁻³)	105	Mat. Org. (dag kg ⁻¹)	1,07
Ca (cmolc dm ⁻³)	3,27	Carbono Org. (dag kg ⁻¹)	0,62
Mg (cmolc dm ⁻³)	2,48	Areia grossa (dag kg ⁻¹)	1,80
Al (cmolc dm ⁻³)	0,18	Areia fina (dag kg ⁻¹)	48,20
H + Al (cmolc dm ⁻³)	1,64	Silte (dag kg ⁻¹)	24,00
SB (cmolc dm ⁻³)	6,02	Argila (dag kg ⁻¹)	26,00
t (cmolc dm ⁻³)	6,20	-	-

O quadro 1 é uma análise realizada de acordo com o PROFERT-MG: pH em água (acidez ativa). Carbono orgânico – Método Walkley & Black; Cálcio e Magnésio trocáveis – Método KCl 1 mol/L e titulação com EDTA.; Alumínio (acidez trocável) – Método KCl 1 mol/L e titulação com NaOH; H+Al (acidez potencial) – Método Ca (OAc)₂ 0,5 mol/L. Fósforo disponível – Método Mehlich-1 e colorimetria; Fósforo remanescente – Método do P em solução de equilíbrio e colorimetria; Potássio disponível – Método Mehlich-1 e fotometria de chama. Textura (granulometria) – método da pipeta. Fonte: Laboratório de solos da UFMG adaptada pelos autores.

2.2 Sementes de milho e capim tamani e tratos culturais

Neste estudo foram utilizadas as sementes híbridas de milho BRS 3046 e capim tamani fornecidas pela Embrapa Milho e Sorgo, durante a safra 2021-2022. O milho BRS 3046 apresenta excelentes características para a produção de milho verde, tanto para consumo *in natura* quanto para a fabricação de produtos de pamonharia. O BRS3046 é recomendado para as regiões Centro-Oeste, Sudeste, Nordeste e o estado do Paraná (Norte, Noroeste e Oeste), para plantios em safra e safrinha, sem restrição de altitude, podendo ser utilizado também para a produção de grãos e de silagem. A cv. BRS Tamani foi selecionada com base nas avaliações agrônomicas e morfológicas realizadas na Embrapa Gado de Corte com destaque inicialmente para o seu porte baixo, abundância de perfilhos, produtividade de forragem, vigor de rebrotação, folhas finas, valor nutritivo da forragem e resistência à cigarrinha-das -pastagens (Martuscello et al., 2019).

2.3 Preparo de inoculantes e inoculação das sementes de milho

Os bioinoculantes utilizados foram BiomaPhos® e Azotrop®, dispondo 0,2 g de cada bioinoculante para 20,0 g de sementes. O BiomaPhos® foi registrado no Ministério da Agricultura, Pecuário e Abastecimento (Mapa) para as culturas de milho (Número de registro: PR 000497-9.000045) em 2019. Esse produto contém os microrganismos solubilizadores de fosfato (MSP) *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*. Essa nova perspectiva de bioinsumos visa maximizar o aproveitamento de fósforo (P), nas culturas de milho e soja, por meio de mecanismos biológicos variados. O Azotrop® é um inoculante nas versões líquido e turfoso para as culturas de soja, feijão, milho, trigo e pastagens, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuário e Abastecimento (Mapa) para as culturas de milho. É composto por *Azospirillum brasilense*, altamente eficiente na promoção de crescimento e fixação biológica de nitrogênio.

2.4 Composto orgânico e adubação química

O adubo orgânico é composto de matéria de origem vegetal ou animal e melhora a qualidade da terra, privilegiando a oxigenação das raízes. O composto orgânico utilizado no experimento era à base de esterco bovino, apresentando as características que constam no Quadro 2. No presente estudo, nos tratamentos adubados com composto orgânico foi utilizado a dose completa equivalente à 43 t.ha⁻¹ e 21,5 t.ha⁻¹ ao utilizar meia dose.

Quadro 2 - Caracterização da amostra do composto orgânico utilizado no experimento

ATRIBUTOS DO COMPOSTO ORGÂNICO	AMOSTRAS	ATRIBUTOS DO COMPOSTO ORGÂNICO	AMOSTRAS
pH em água	6,90	m (%)	0
P Mehlich (mg dm ⁻³)	785,12	T (cmolc dm ⁻³)	20,48
P remanescente (mg L ⁻¹)	36,21	V (%)	96,06
K (mg dm ⁻³)	717	Mat. Org. (dag kg ⁻¹)	6,82
Ca (cmolc dm ⁻³)	12,20	Carbono Org. (dag kg ⁻¹)	3,96
Mg (cmolc dm ⁻³)	5,63	Areia grossa (dag kg ⁻¹)	16,00
Al (cmolc dm ⁻³)	0,00	Areia fina (dag kg ⁻¹)	60,00
H + Al (cmolc dm ⁻³)	0,81	Silte (dag kg ⁻¹)	10,00
SB (cmolc dm ⁻³)	19,67	Argila (dag kg ⁻¹)	14,00
t (cmolc dm ⁻³)	19,67	-	-

O quadro 2 é uma análise realizada de acordo com o PROFERT-MG: pH em água (acidez ativa). Carbono orgânico – Método Walkley & Black; Cálcio e Magnésio trocáveis – Método KCl 1 mol/L e titulação com EDTA.; Alumínio (acidez trocável) – Método KCl 1 mol/L e titulação com NaOH; H+Al (acidez potencial) – Método Ca (OAc)2 0,5 mol/L. Fósforo disponível – Método Mehlich-1 e colorimetria; Fósforo remanescente – Método do P em solução de equilíbrio e colorimetria; Potássio disponível – Método Mehlich-1 e fotometria de chama. Textura (granulometria) – método da pipeta. Fonte: Laboratório de solos da UFMG adaptada pelos autores.

O adubo químico utilizado neste estudo foi o NPK (Nitrogênio, Fósforo, Potássio), na formulação 4-14-8 (quatro partes de nitrogênio, 14 partes de fósforo e oito partes de potássio), que é ideal para espécies que produzem flores e frutos, como hibisco, azaléias, violetas e cítricos. Os fabricantes dizem que essa formulação é ideal para ser aplicada no momento do plantio e no preparo do solo devido ao seu alto teor de fósforo. A dose do adubo NPK utilizada no experimento foi de 300 kg ha⁻¹.

2.5 Tratamentos e desenho experimental

O preparo do solo aconteceu por meio do sistema convencional, uma aração e duas gradagens. Empregado o delineamento em blocos casualizados com duas repetições, utilizados os tratamentos descritos no Quadro 3. A adubação química utilizada no experimento foi a NPK (4,14,8), o mesmo possui 4% de nitrogênio, 14% de fósforo e 8% de potássio.

Quadro 3 – Delineamento do experimento

Tratamentos	Identificação	Tratamentos	Identificação
Controle (consórcio milho-capim tamani sem adubação e sem inoculantes)	T0	Adubação química (1/2 da dose) + inoculante Biomaphos® e Azotrop®	T7
Adubação química (dose completa) + inoculante Azotrop®	T1	Adubação química (1/2 da dose) + Sem inoculantes	T8
Adubação química (dose completa) + inoculante Biomaphos®	T2	Adubação orgânica + inoculante Azotrop®	T9
Adubação química (dose completa) + inoculante Biomaphos® e Azotrop®	T3	Adubação orgânica + inoculante Biomaphos®	T10
Adubação química (dose completa) + Sem inoculantes	T4	Adubação orgânica + inoculante Biomaphos® e Azotrop®	T11
Adubação química (1/2 da dose) + inoculante Azotrop®	T5	Adubação orgânica + Sem inoculantes	T12
Adubação química (1/2 da dose) + inoculante Biomaphos®	T6	_____	_____

Fonte: Elaborado pelos autores.

A semeadura do milho ocorreu no dia 17 de outubro de 2022, em uma área de 14 m² (5x2,8 m) e 20 cm entre as linhas. O espaço entre os berços foi de 12,5 cm totalizando 40 plantas por fileira e após 15 dias do plantio do milho, foi semeado o capim-tamani. O plantio ocorreu de forma manual, dispondo 3 sementes de milho por covas e o tamani foi plantado a lanço.

Os tratamentos foram manejados da mesma forma durante todo o ciclo da cultura. Após este período de tempo, foram medidas as variáveis de crescimento e produtividade das plantas de milho por tratamento.

2.6 Definição das variáveis

Neste estudo, avaliou-se o efeito de diferentes esquemas de fertilização sobre o crescimento e a produtividade de plantas de milho híbrido BRS 3046. As características de crescimento, rendimento e sanidade durante os diferentes estádios de desenvolvimento da planta de milho foram definidas como os parâmetros necessários para observar as mudanças na variável crescimento (altura da planta, diâmetro do colmo), rendimento (estágio de maturação, população de plantas, produtividade estimada) e sanidade (incidência de pragas e doenças) de plantas de milho. Aos 50 e 60 e 110 dias após a semeadura (DAS) do milho, foi avaliado as características agronômicas:

- Altura da planta: medição com uma trena do solo até a extremidade da panícula em dez plantas escolhidas aleatoriamente;
- Diâmetro do colmo: medição do diâmetro usando o paquímetro, em dez plantas;

- População de plantas: contagem do número total de plantas em um metro e transformadas em ha^{-1} . A população de plantas por hectare foi obtida por meio da seguinte equação:

$$PP = (N^{\circ} \text{ de plantas contadas por parcela} / 4 \text{ fileiras} / 6 \text{ metros da fileira}) \times (10.000 \text{ m}^2 \times 0,7 \text{ metros de espaçamento})$$

Onde: PP = População de plantas por hectare

- Incidência de pragas e doenças: definição se a ocorrência era intensa, moderada, leve ou ausente;
- Estimativa da produtividade: determinação da produtividade estimada pelo método rápido e método da EMATER.
 - a) Método simples: de posse do valor da população de plantas por hectare, multiplicou-se pelo peso médio de grãos de cada espiga coletada, debulhada e pesada para, por fim, determinar a estimativa de produtividade por hectare de área.
 - b) Método Emater-MG adaptado: Desenvolvido pela Emater-MG (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais) e indicado por ela, o método consiste em primeiramente se escolher um ponto representativo no talhão (que não esteja localizado em curvas de nível ou manchas de solo conhecidas) e medir 10 metros em uma linha, contando a quantidade de espigas existentes. Após a contagem, escolher 10 espigas aleatórias, debulhar, pesar os grãos e realizar a média.

De posse destes resultados, os mesmos foram substituídos na seguinte equação:

$$P = (NE \times Pe) \times (10.000 \times EM)$$

Onde:

P = Produtividade em quilos por hectare

NE = Número médio de espigas em 10 metros lineares

Pe = Peso médio dos grãos por espiga em quilos, calculado através das 10 espigas selecionadas aleatoriamente

EM = Espaçamento entrelinhas em metros

A produtividade foi estimada para os grãos de milho e para grãos juntamente com palha, folhas e sabugo.

- Maturidade fisiológica: Quando as palhas das espigas começaram a secar, iniciou-se a monitoração da formação da linha do leite (milk line) e da camada preta do grão (black layer). Coletou-se uma espiga representativa, retirou-se a palha, e a espiga foi quebrada ao meio e coletou-se 30 grãos desta parte central da espiga. Cuidadosamente, foi avaliada a formação da camada preta na base do grão, na inserção com a espiga. A linha de leite foi avaliada de acordo com Havilah et al. (1995), e a aparência da camada preta foi baseada no método proposto por Rench e Shaw (1971).
-

2.7 Análises estatísticas

As análises para medir as variáveis de crescimento foram realizadas nos DAS 1 e 2. As análises de produtividade na fase de enchimento e maturação de grãos foram realizadas no momento da colheita. Sánchez et al. (1993) propõe os caracteres mais adequados para a classificação dos diferentes grupos de milho, que também são úteis para poder avaliar o efeito dos diferentes esquemas de fertilização sobre as variáveis de crescimento e rendimento das plantas de milho estudadas. Os resultados foram comparados em delineamento inteiramente casualizado com três repetições, por meio de análise ANOVA e teste de Tukey HSD para comparação de médias, com diferença significativa de ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o software SPSS.

3. Resultados e Discussão

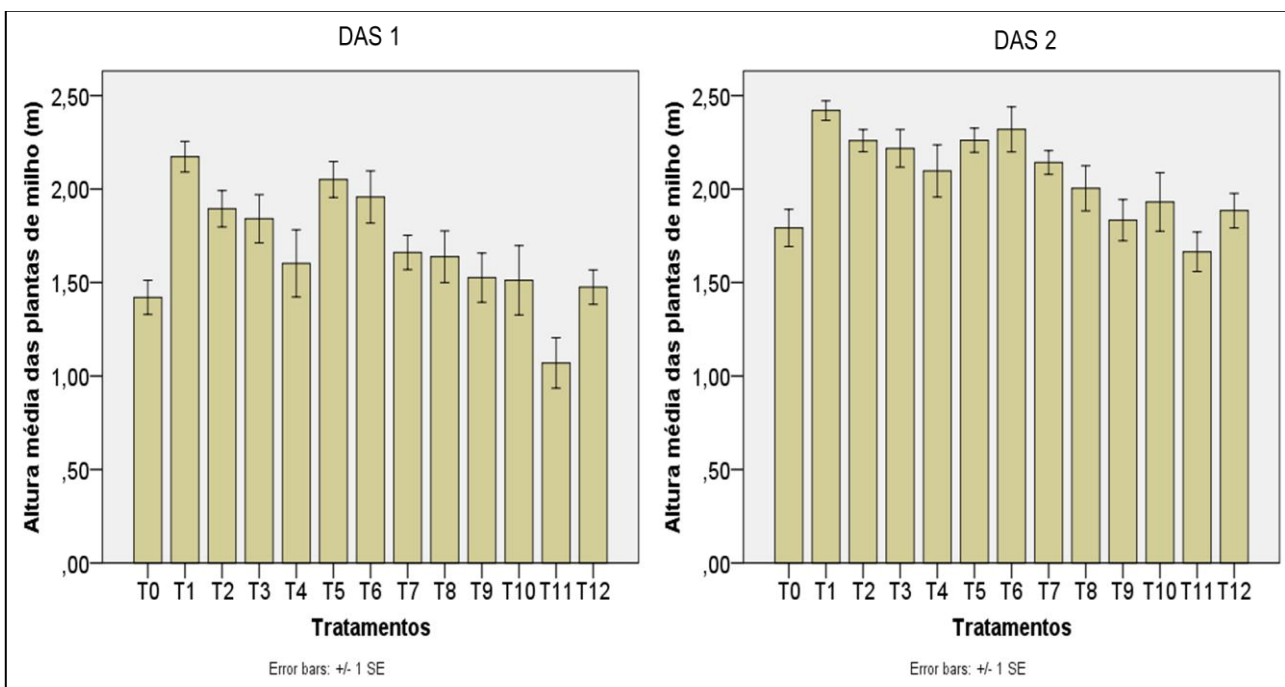
3.1 Altura média das plantas de milho

As plantas de milho apresentaram alturas superiores a 2 metros nos tratamentos que mais se sobressaíram, enquanto a altura média das plantas no tratamento testemunha não atingiu 2 metros. Os melhores resultados foram observados nos tratamentos com os bioinoculantes e a adubação química (Figura 2). Nesse sentido, a aplicação combinada de bioinoculantes e doses recomendadas de N, P e K resulta no maior crescimento das plantas de milho (Montejo-Martínez et al, 2018; Ahmed et al, 2016). Portanto, os resultados obtidos são sugestivos de que a interação simultânea dos bioinoculantes e adubo químico na dose

recomendada, adicionados aos microrganismos do próprio solo pode potencializar os benefícios dos inoculantes para as plantas.

Neste sentido, Bini et al. (2021) discorre que mesmo fazendo o uso do Biomaphos, é importante que se faça adubação a base de fosfato a fim de garantir que uma quantia adequada de P no solo, entretanto, com o uso prolongado deste inoculante alinhado ao manejo incorporado e características do solo, essa adubação poderá ser restringida. O mesmo é afirmado por Cheng et al. (2011), sobre o *Azospirillum brasilense* contribuir na otimização da produtividade na cultura do milho, podendo ser aplicado na substituição dos fertilizantes a base de nitrogênio. Quadros et al. (2014), complementa atestando que este inoculante viabiliza o desempenho das plantas no período vegetativo.

Figura 2 – Altura média das plantas de milho (m) em cada tratamento entre 50 e 60 dias após semeadura.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota-se na Figura 2, que a altura das plantas de milho sobressaiu nos tratamentos que receberam a adubação química e os bioinoculantes, seja a adubação química completa (T1 a T4) ou a metade da dose da adubação química (T5 a T8), demonstrando a vantagem da utilização dos bioinoculantes na cultura do milho. A utilização da adubação orgânica foi menos satisfatória conforme verifica-se nos tempos de análise 1 e 2 DAS.

De modo geral, os bioinoculantes Biomaphos e Azotrop se destacam por favorecer o crescimento das plantas. O Azotrop aumenta a produtividade das plantas, possui alta eficiência na fixação biológica de nitrogênio e melhora a absorção de água e nutrientes (Bini et al., 2021; dos Santos et al., 2022). O Biomaphos atua em processos que podem suprir parcialmente a demanda de fósforo pelas plantas. No entanto, outros mecanismos utilizados pelos MSP estão sendo descritos, como da produção de fitormônios, exopolissacarídeos, sideróforos, entre outros (Bini; Lopez, 2016; Ribeiro et al., 2018; Sousa et al., 2021), o que tornam alguns MSP potenciais inoculantes promotores de crescimento vegetal.

A contribuição de fertilizantes orgânicos, à base de esterco, para a cultura do milho resulta em aumentos na altura das plantas (Jjagwe et al., 2020). Embora a presença de matéria orgânica no solo e sua degradação por microrganismos possibilitem condições nutricionais e de retenção de umidade adequadas, no presente estudo, a altura das plantas nos tratamentos que receberam a adubação orgânica (sem adubação química) foram inferiores aos tratamentos com adubação química e semelhantes ao tratamento testemunha. Várias são as explicações para esse fato. Primeiro, o manejo do solo é importante para promover a

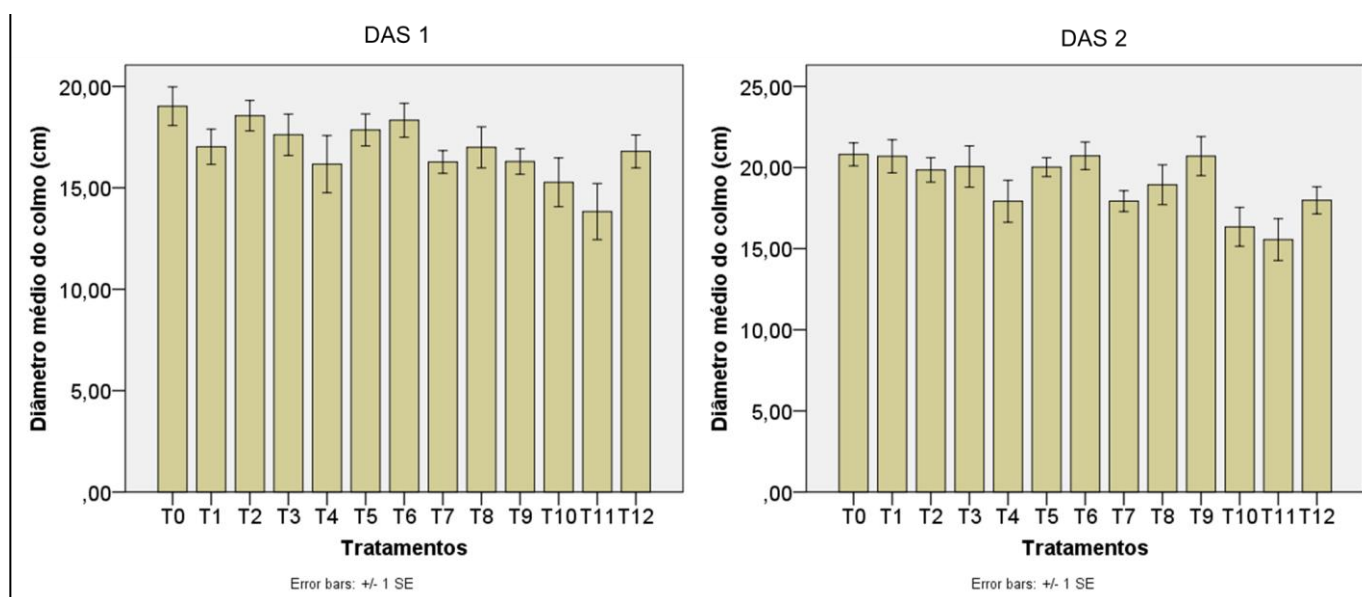
retenção de matéria orgânica e a conservação adequada da umidade do solo (Roldán et al., 2006). Os fertilizantes orgânicos fornecem matéria orgânica, nutrientes e microorganismos adicionais que favorecem a fertilidade do solo e a subsequente nutrição das culturas (Arango, 2017). Os bioinoculantes, por sua vez, são os responsáveis por aumentar a disponibilidade de nutrientes, como N, P, Fe e Zn para as plantas e/ou fornecer novos nutrientes ao sistema solo-planta, além de promover o crescimento e a produção da cultura do milho (Castellano-Hinojosa et al., 2018). Entretanto, dependendo das condições experimentais os bioinoculantes contribuem apenas parcialmente no fornecimento dos minerais, sendo necessária uma complementação com adubação química.

3.2 Diâmetro do colmo

Estudos da literatura mostram que os bioinoculantes, juntamente com a contribuição do fertilizante químico, resultam em um aumento no diâmetro do caule da planta (Xiu, 2014; Zulueta-Rodríguez et al., 2020). Um efeito benéfico foi encontrado no crescimento da parte aérea e das raízes, bem como no colo da raiz e diâmetro do caule de plantas de milho quando inoculadas com cepas de *T. harzianum* (Okoth et al., 2011). Entretanto, nossos experimentos não corroboram com esses achados.

Na Figura 3, pode-se observar os dados relativos ao diâmetro médio do colmo das plantas onde as mesmas não apresentaram diferença entre os tratamentos. Normalmente essa variável tem correlação com a quantidade de plantas por hectare, onde as maiores eficiências dos diâmetros são encontradas em populações menos adensadas (Neto et al., 2003), desta forma, no presente estudo a quantidade média de plantas por m^{-1} estavam variando entre 5 a 9 plantas, o que justifica os resultados obtidos.

Figura 3 – Diâmetro médio do colmo das plantas de milho (cm) em cada tratamento entre 50 e 60 dias após semeadura.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme observa-se na Figura 3, a variável diâmetro do colmo não foi influenciada pela utilização de diferentes tipos de adubação e/ou bioinoculantes. As plantas do grupo controle (sem tratamento) não apresentaram valores de diâmetro do colmo inferiores aos das plantas dos grupos tratados com algum tipo de adubação e/ou bioinoculantes.

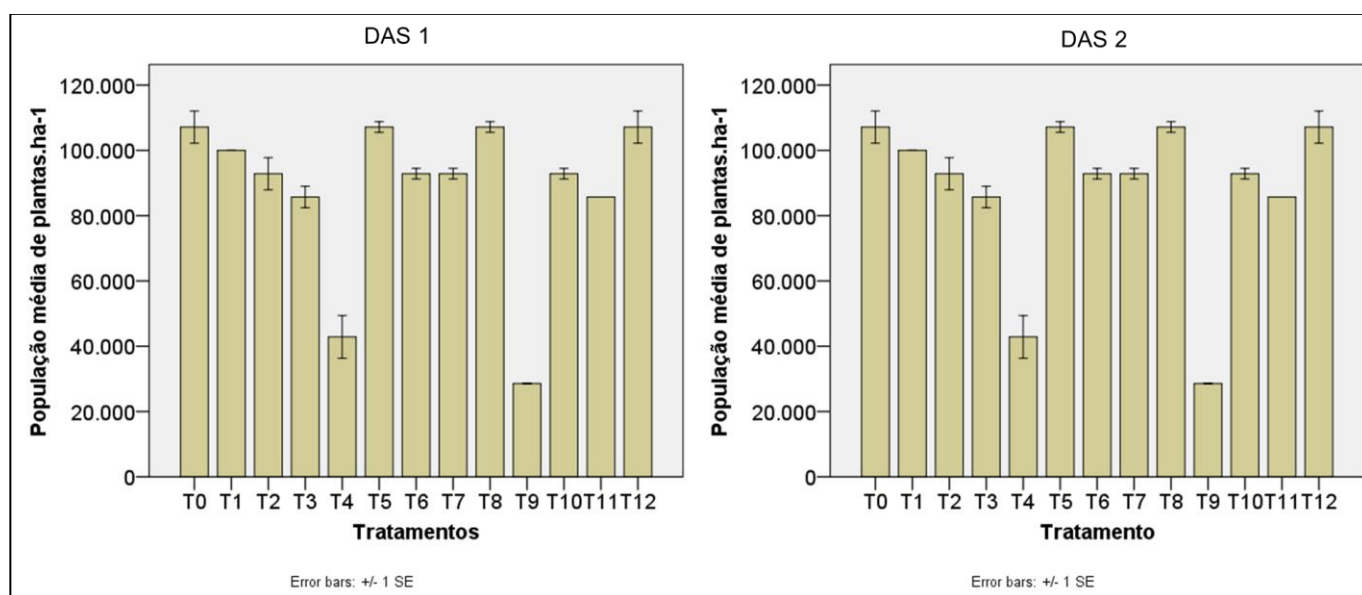
O diâmetro do colmo possui função importante para as plantas de milho, pois atua principalmente no armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados posteriormente na formação dos grãos (Souza, 2016). Portanto, é importante a realização de novas investigações sobre atuação de bioinoculantes e diferentes formas de adubação a fim de evitar diâmetros do colmo reduzidos devido à deficiência de nutrientes e/ou falta de interação com microrganismos do solo.

3.3 População de plantas

A população de plantas é uma característica importante na determinação do potencial produtivo da cultura do milho, devido à sua influência direta no potencial produtivo da cultura (Kappes et al., 2011). Este parâmetro varia de acordo com a melhor distribuição da área foliar, do tipo e da fertilidade do solo, teor de matéria orgânica, disponibilidade hídrica, incidência de radiação solar, genótipo, manejo da adubação e expectativa de rendimento de grãos (Shanahan et al., 2004).

Considerando os resultados expressos na Figura 4, verificou-se que os tratamentos não influenciaram na população estimada de plantas nos dois períodos de medições antes da colheita, estando a população de plantas entre 80.000 e 100.000 plantas por hectare. Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo informam que a população ideal para maximizar o rendimento de grãos de milho varia de 30.000 a 90.000 plantas por hectare, dependendo da disponibilidade hídrica, da fertilidade do solo, do ciclo da cultivar, da época de semeadura e do espaçamento entre linhas. A baixa população de plantas nos tratamentos T4 e T9 pode ser atribuída às condições de alagamento em decorrência da chuva extrema que ocorreu na safra 2021-2022.

Figura 4 – População média de plantas de milho (ha^{-1}) em cada tratamento entre 50 e 60 dias após semeadura.

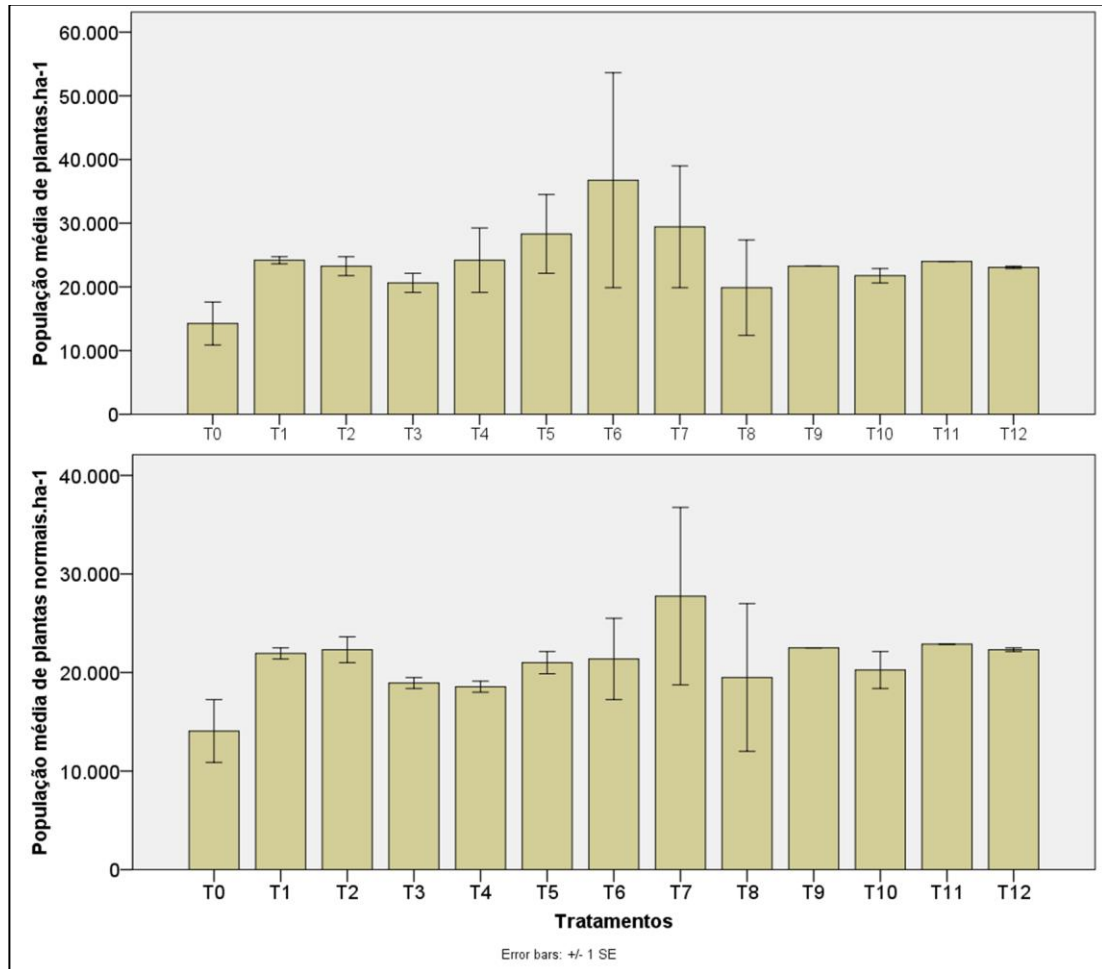


Fonte: Elaborado pelos autores.

De forma semelhante ao que foi observado no diâmetro do colmo, a variável população de plantas em cada tratamento também não foi influenciada pelos tratamentos utilizados no presente estudo nos períodos de análises DAS 1 e DAS 2, conforme mostrado na Figura 4.

Conforme observado na figura 5, no momento da colheita, verificou-se que a população de plantas foi bem inferior que nas duas medições anteriores, não atingindo 25.000 plantas normais por hectare. Entretanto, percebeu-se melhorias no quantitativo de plantas nos tratamentos que receberam os bioinoculantes e adubação química e/ou orgânica, quando comparados ao grupo das testemunhas. Na fase de emergência, a deficiência hídrica afeta a germinação das sementes, resultando na diminuição da população de plantas. Na fase vegetativa o déficit causa redução da área foliar, resultando na redução da taxa de crescimento da planta. Como a absorção da radiação solar depende da área foliar, em períodos de estresse hídrico a interceptação da radiação é reduzida em decorrência da redução da área foliar, além de causar murcha e enrolamento das folhas (Fancelli, 2002; Bergamaschi et al., 2006). Dessa forma sugere-se que os tratamentos com os bioinoculantes e os diferentes tipos de adubação, sozinhos ou combinados, foram capazes de melhorar o potencial de sobrevivência das plantas de milho em condições adversas.

Figura 5 – População média das plantas e a população média das plantas normais de milho (ha^{-1}) em cada tratamento no momento da colheita.



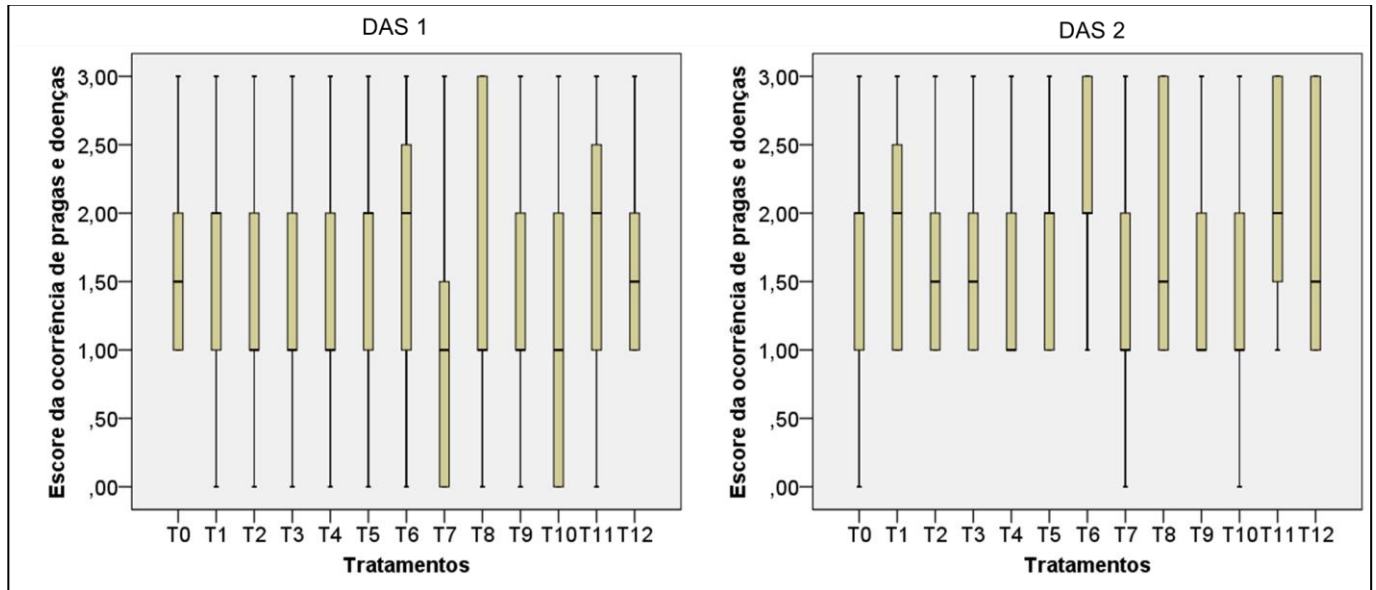
Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 5 é possível perceber que a população média de plantas no momento da colheita foi satisfatória nos tratamentos com algum tipo de adubação e/ou bioinoculantes. O quantitativo de plantas no grupo controle foi inferior ao observado nos grupos tratados.

3.4 Sanidade das plantas

O resultado obtido no ensaio mostrou que várias espécies de pragas foram registradas durante o período experimental; no entanto, a população foi percebida em um nível médio na maioria dos tratamentos, não sendo observado diferença significativa entre os tratamentos (Figura 6).

Figura 6 – Escore da ocorrência de pragas e doenças das plantas normais de milho em cada tratamento entre 50 e 60 dias após semeadura.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 6 é possível perceber a similaridade no escore da ocorrência de pragas e doenças das plantas normais de milho em cada tratamento entre 50 e 60 dias após semeadura, não sendo evidenciada diferença significativa entre os grupos tratados e os grupos controles.

O milho é uma cultura que possui alta susceptibilidade ao ataque de insetos que se alimentam das partes da planta, o que acarreta inúmeros prejuízos (Cruz et al., 2013), como é possível observar na Figura 5, referente aos dados da ocorrência de pragas e doenças na cultura do milho na área estudada, não apresentando discrepâncias entre os mesmos, dado que, as plantas analisadas foram acometidas em proporções semelhantes. As pragas identificadas na lavoura foram: Lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), Pulgão (*Schizaphis graminum*), quanto às doenças, as mais recorrentes consistiram na Ferrugem comum (*Puccinia sorghi*), Mancha de Diplodia (*Stenocarpella macrospora*) e Podridão da Espiga causada pelos fungos *Stenocarpella maydis* e *S. macrospora*.

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith), no estágio larval, é uma das mais importantes pragas da cultura do milho, no Brasil. Alimenta-se em todas as fases de crescimento da cultura, mas tem preferência por cartuchos de plantas jovens e pode causar perdas significativas à produção, se não controlada (Cruz, 1995). Verdolin et al. (2016) enfatiza que fungos da espécie *Schizaphis graminum* causam grandes impactos nessa cultura.

A ferrugem é uma das doenças comumente encontrada nas lavouras de milho, principalmente ao fim da safra podendo também afetar suas folhas ocasionando secagem prematura das mesmas (Ferreira, Fernandes e Leite, 1983). Segundo da Costa, Cota e Silva (2013), a ocorrência da mancha-foliar-de-diplodia acometida nessa cultivar ocorre devido a *Stenocarpella macrospora*, provocando a necrose foliar, alterando dessa forma a estrutura da folha. Já a diplodia, é uma doença de origem fúngica (*Stenocarpella macrospora* e *S. maydis*), que provoca a podridão das espigas (Casa et al., 2006).

Nas espigas foram observados: espiga pequena com grãos pequenos, espiga abortada sem grão formado, espigas mal preenchidas com poucos grãos formados e espigas pequenas.

Não foram encontrados relatos na literatura da interferência de bioinoculantes na ocorrência de pragas e doenças na cultura do milho.

3.5 Maturidade fisiológica do milho

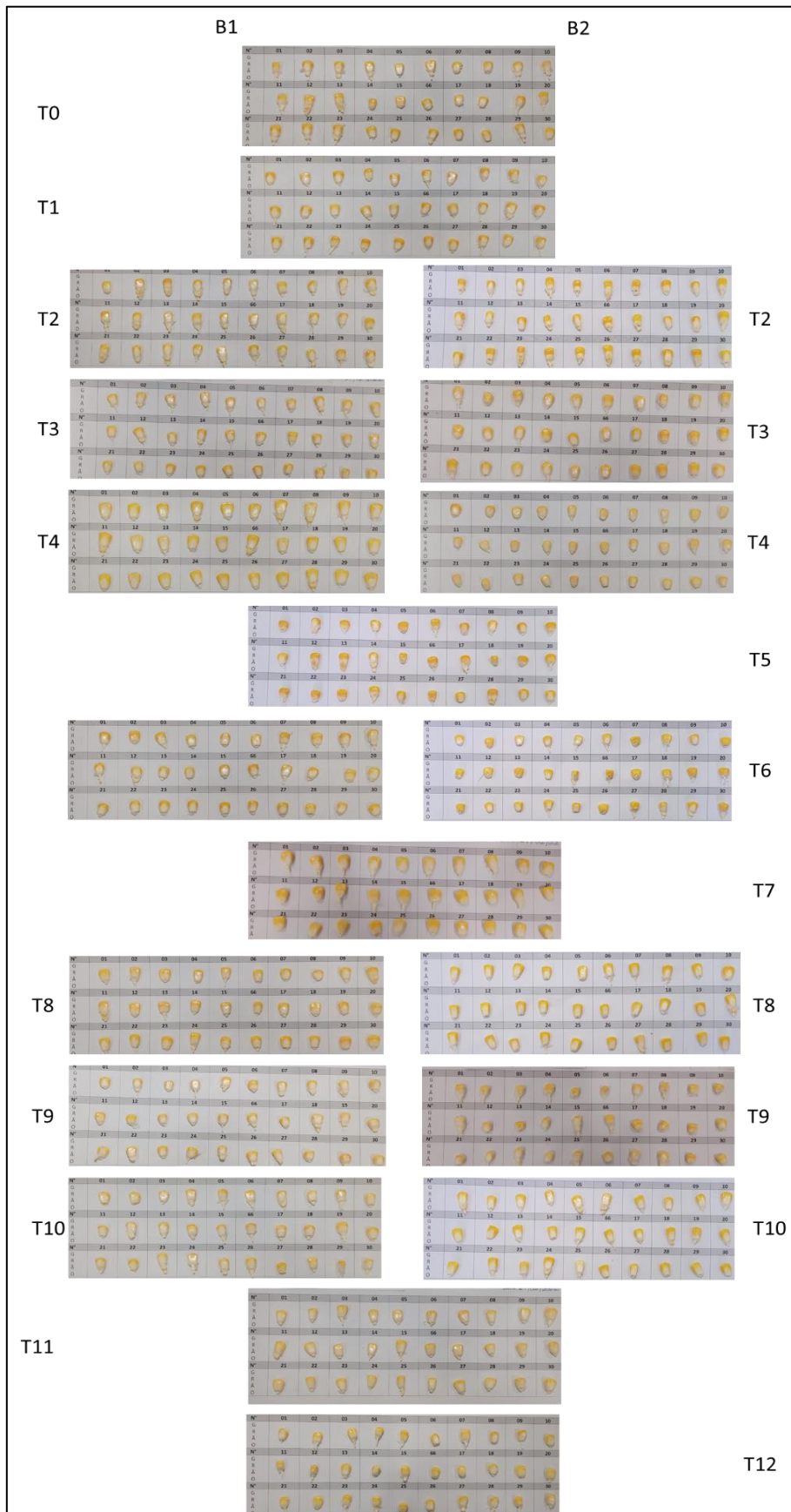
O desenvolvimento das sementes de milho é acompanhado por mudanças no teor de umidade, que reduz significativamente ao final de todo o processo (Hunter et al., 1991), pelo desenvolvimento da camada preta (CP) na região placentária da semente (Tekrony et al., 1994) e pelo desenvolvimento progressivo da linha do leite como resultado da solidificação do endosperma leitoso, começando no ápice da semente e terminando na base (Hunter et al., 1991). Estas alterações morfológicas e fisiológicas que ocorrem durante o desenvolvimento da semente têm sido utilizadas para determinar a maturidade fisiológica da semente de milho. Usando um sistema de classificação (estágios 1 a 5), baseado na camada preta e no desenvolvimento da linha de leite, muitos pesquisadores identificaram o ponto de maturidade fisiológica e o tempo ideal de colheita (Tekrony et al., 1994).

A camada preta e a linha de leite no estágio 4 representam indicadores úteis e confiáveis da maturidade fisiológica da semente de milho, principalmente porque antes desse estágio as sementes já terão atingido o peso máximo da matéria seca (Hunter et al., 1991). Por outro lado, Carter e Poneleit (1973) observaram que a camada preta no estágio 5 foi um melhor indicador da maturidade fisiológica da semente de milho, uma vez que o início do desenvolvimento desta camada pode ser observado em torno de um mês após a polinização (Hunter et al., 1991).

No presente estudo, verificou-se que as sementes foram, na sua maioria, classificadas nos estágios de 1 a 3, sugerindo uma baixa maturidade das sementes colhidas, não sendo evidenciado diferença entre os tratamentos (Figura 7). Fatores ambientais influenciam no desenvolvimento e maturação da semente de milho e condições adversas, como déficit hídrico que pode causar redução da área foliar e desenvolvimento mais rápido da camada preta (Afuakwa & Crookston, 1984).

Esses dados são importantes na tomada de decisão para a confecção de silagem. O ponto ideal de corte para silagem é quando a planta acumula a maior quantidade de matéria seca de melhor qualidade nutricional. Em geral, este ponto se dá quando os grãos atingem o estágio de farináceo-duro, ou 50% da linha do leite, e a planta com teores de matéria seca variando entre 32% e 38%, dependendo do ciclo do híbrido. No ponto de grão leitoso, o potencial de produção de grãos é de apenas 50%, ou seja, somente metade dos grãos que seriam produzidos na lavoura de milho serão colhidos na ensilagem. A colheita no ponto de grão farináceo-duro, o que equivale a 50% da linha do leite, ele colherá 95% dos grãos e 100% da forragem que o milho pode produzir. Dessa maneira, todo o investimento feito será colhido na forma de silagem composta por forragem e grãos de alta qualidade.

Figura 7 - Prancha para avaliação da maturidade fisiológica do milho por meio da linha do leite.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 7 mostra uma representação da maturidade fisiológica do milho nos diferentes grupos de estudo (controle e tratados). Conforme relatado anteriormente não foi observada diferença significativa entre os diferentes tratamentos. Dessa forma não foi possível afirmar que os bioinoculantes favorecem a maturidade fisiológica do milho.

3.6 Produtividade estimada

O rendimento final da cultura do milho é o resultado de dois processos simultâneos e interdependentes: o crescimento e o desenvolvimento que leva ao estabelecimento da morfologia do organismo adulto, à medida que o ciclo ontogênico progride (Golik et al., 2018). Nesse sentido, a produtividade de grãos observada neste estudo variou significativamente entre os tratamentos avaliados, onde os melhores resultados foram registrados nos tratamentos que receberam os bioinoculantes e a adubação química (Figura 8). Resultados superiores na produtividade foram relatados para plantas de milho roxo da variedade Canteño, fertilizadas com matéria orgânica, bioinoculantes e matéria orgânica e bioinoculantes e cloreto de potássio (Pozo, 2015).

Em relação à aplicação de fertilizantes químicos, vários estudos relatam rendimentos de grãos elevados para diferentes variedades de plantas melhoradas de milho (Begazo, 2013; Pedraza et al., 2017). Nesse sentido, há relatos de aumento na produtividade e qualidade de frutos derivados da inoculação de uma cultura com bioinoculantes (Galindo et al., 2019). Isso se deve à solubilização dos macronutrientes do solo pelos bioinoculantes, com os quais há maior disponibilidade de nutrientes para as culturas que foram inoculadas com microrganismos.

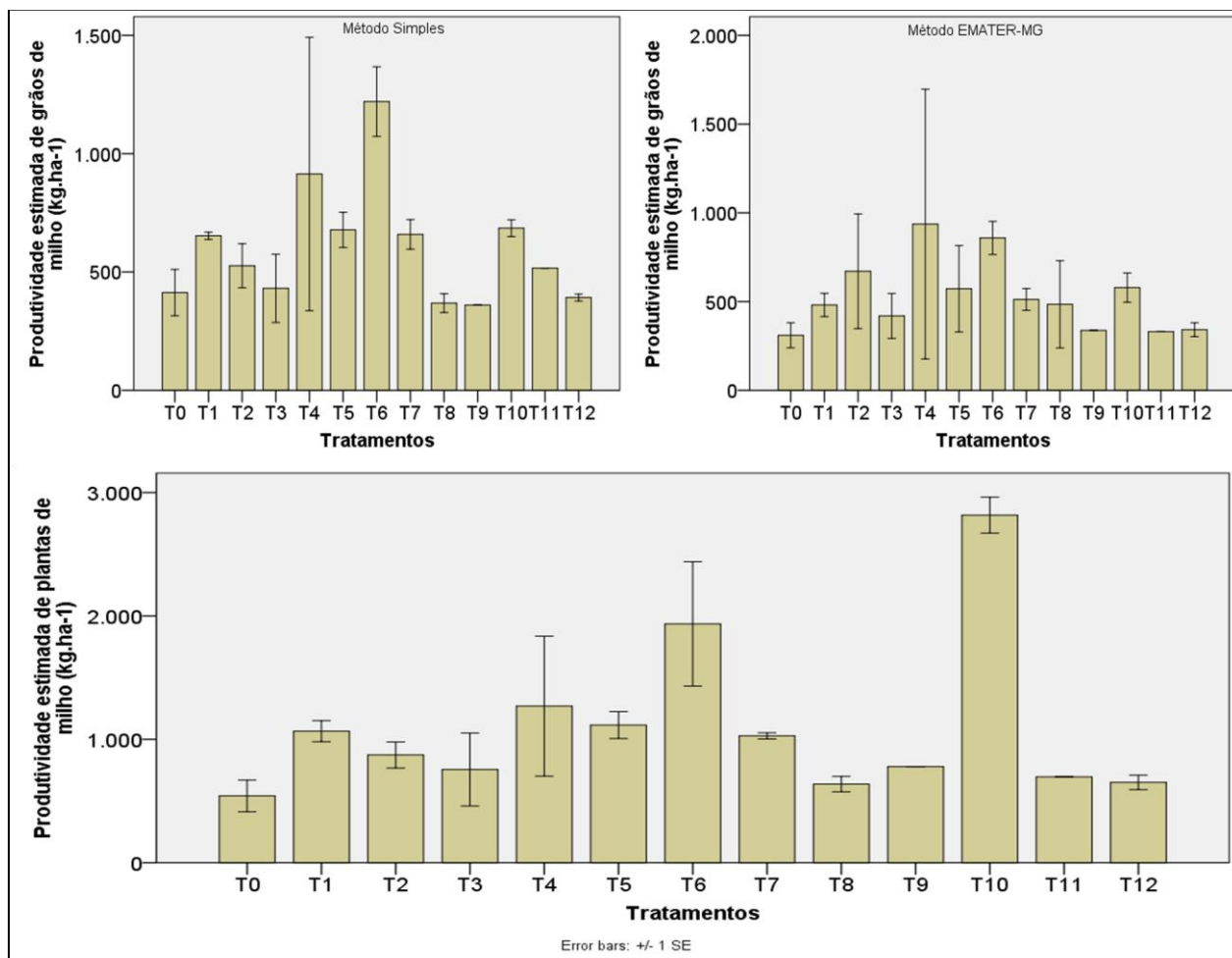
Ainda corroborando os resultados encontrados no presente estudo, a literatura aponta que a aplicação de altas doses de fertilizante orgânico (30 t ha⁻¹) em plantas de milho híbrido não foi suficiente para produzir rendimentos de grãos superiores aos rendimentos obtidos com o tratamento de adubação química convencional avaliado (Brotodjojo & Arbiwati, 2018). É evidente que o nível de fertilização e água aplicada a uma cultura determinará em grande parte o acúmulo de biomassa e o índice de colheita e rendimento que as plantas dessa cultura podem alcançar (García et al., 2017). Nesse sentido, a falta dos principais nutrientes N, P e K no solo constitui a principal causa da redução da produtividade de grãos da cultura do milho, atingindo produtividades inferiores a 1 t ha⁻¹ (Chong, 2019).

Sobre a produtividade estimada das plantas de milho, percebe-se que a produtividade estimada do tratamento 1 foi mais expressiva quando comparada a testemunha.

A associação de bioinoculantes BiomaPhos® e Azotrop® na cultura do milho é indicada para se obter desempenhos satisfatórios na produtividade, visto que, as cepas de ambos não possuem incompatibilidade (Bini et al., 2021), todavia, neste estudo os tratamentos com os inoculantes separados obtiveram melhores resultados.

Conforme a Conab (2022), a produtividade média de grãos de milho do Brasil foi de 5.500 kg ha⁻¹ na safra 2021/2022, em Minas Gerais 6.566 kg ha⁻¹. No entanto, a produtividade média estimada do experimento foi de 1634 kg ha⁻¹, sendo um valor inferior à quantidade média produzida no estado, todavia, no período que sucedeu o experimento, houve chuvas prolongadas e intensas nas quais provocaram alterações, como alagamento de algumas parcelas.

Figura 8 – Produtividade estimada de grão de milho ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) pelo método simples e método EMATER-MG, e a produtividade estimada de planta de milho ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em cada tratamento.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ressalta-se na Figura 8 que a utilização de bioinoculantes em associação com a adubação química proporciona melhores resultados na produtividade das plantas quando comparada às plantas do grupo controle. Ao utilizar a adubação orgânica, observa-se resultados mais promissores quando a associação é feita com o bioinoculante BiomaPhos® (T10). É interessante comentar o fato da redução da adubação química para a metade da dose ter interferido pouco nos resultados de produtividade, o que mais uma vez demonstra a importância da utilização dos bioinoculantes na cultura do milho.

Ressalta-se que todos os dados coletados e analisados foram considerando alguns fatores de interferência como o alagamento da área experimental afetando intensivamente o desenvolvimento de algumas parcelas. As parcelas em que foi utilizado a adubação orgânica por exemplo, foram majoritariamente impactadas e possivelmente esse fator tenha interferido nos resultados referentes a estes tratamentos, nos quais apresentaram valores inferiores, tendo em vista que o composto orgânico dispunha de ótimos níveis de nutrientes. Tal episódio também pode ter interferido na emergência do capim tamani, visto que após a semeadura ocorreu alto índice de precipitação na qual o solo permaneceu encharcado por um longo período.

3.7 Considerações sobre o ILP

O sistema integrado lavoura-pecuária (ILP) atende às diretrizes para obter um manejo sustentável da lavoura e da produção animal. O ILP pode sintetizar muitos benefícios: aumentar a fertilidade do solo (Ochsner et al., 2010) e ciclagem de nutrientes (Lithourgidis et al., 2011), contribuindo para melhorar os atributos físicos e biológicos do solo (Qin et al., 2013).

Embora a literatura seja vasta no que se refere à integração de milho com plantas forrageiras, incluindo as do gênero *Panicum*, no presente estudo não foi evidenciada a germinação do capim tamani. As causas atribuídas a esse fato foram as condições climáticas atípicas na safra 2021-2022, provocando alagamento em muitos pontos da área experimental e a competição entre as plantas cultivadas. No entanto, uma compreensão fundamental da extensão em que as culturas foram afetadas pela combinação desses estresses é desconhecida.

Sua elevada qualidade e adaptação faz com que seja indicada para engorda de bovinos, além de ser uma opção para diversificação de pastagens em solos bem drenados. Já em áreas sujeitas a alagamentos, mesmo que temporários, o capim Tamani apresentou baixa tolerância ao encharcamento do solo (Rodrigues, 2018).

4. Considerações Finais

Os resultados são sugestivos de que o fornecimento de nutrientes por meio da adição dos bioinoculantes e adubação das plantas de milho, produz potencialização do desempenho da cultura, dado que diversos estudos apontam a eficiência do uso de ambos inoculantes nesta mesma cultura e em diversas situações. Entretanto, são necessários mais estudos em safras com condições climáticas típicas da região, visto que, na safra em que foi implantado o experimento, ocorreu um elevado índice de precipitação em um curto período de tempo. Além disso, é importante a realização de experimentos com um maior número de repetições a fim de minimizar os erros experimentais.

Com base no exposto, verifica-se a importância da realização de estudos que abordem estratégias sustentáveis para o melhor uso da terra em regiões semiáridas, como é o caso do Vale do Jequitinhonha, uma vez que, essa região carece de conhecimento de tecnologias de convivência com a seca, dentre várias outras que potencializam a produção agrícola.

Embora o presente estudo forneça evidências de que a aplicação individual e combinada dos bioinoculantes BiomaPhos® e Azotrop® pode influenciar o crescimento e produtividade do milho e até mesmo proporcionar uma redução da adubação química durante a estação de crescimento, o estudo não pode afirmar conclusivamente que o uso dos bioinoculantes é uma prática viável para a cultura, principalmente em sistemas de ILP. Portanto, aponta-se como perspectivas futuras a condução de estudos adicionais abordando diferentes doses de bioinoculantes e adubos químicos e orgânicos no milho sozinho e integrado com plantas forrageiras a fim de validar esses achados e contribuir ainda mais para a compreensão do valor e viabilidade da abordagem dos bioinoculantes em uma cultura agrícola.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq, IFNMG e Embrapa Milho e Sorgo pelo apoio na condução dos estudos.

Referências

- Afuakwa, J. J. & Crookston, R. K. (1984). Using the kernel milk line to visually monitor grain maturity in maize. *Crop Science*, Madison. 24(4), 687-91.
- Ahmed, O.S., Elsadig, I.A., & Mohamed, A.B.E.A. (2016), Effect of bio-fertilizer on growth and yield of two maize (*Zea mays* L.) cultivars at Shambat, Sudan. *Sch. J. Agric. Vet. Sci.* 3, 313–317. <https://doi.org/10.21276/sjavs.2016.3.4.9>
- Arango, O.M.J. (2017). Abonos Orgánicos Como Alternativa Para la Conservación y Mejoramiento de los Suelos. Bachelor's Thesis, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Antioquia, Colombia.
- Ávalos de la Cruz, M. A., Figueroa Viramontes, U., García Hernández, J. L., Vázquez Vázquez, C., Gallegos Robles, M. A., & Orona Castillo, I. (2018). Bioinoculantes y abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero. *Nova scientia*, 10(20), 170-89. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i20.1285>
- Begazo, T.J.J. (2013). Marco de Siembra en el Rendimiento de Maíz Morado (*Zea mays* L.) "Ecotipo Arequipeño" en la Irrigación Majes 2012–2013. (Bachelor's Thesis). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Bergamaschi H., Dalmago GA., Comiran F., Bergonci JI., Muller AG., França S., Santos AO., Radin B., Bianchi CAM & Pereira PG. (2006) Déficit Hídrico e Produtividade na Cultura do Milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:243-49.

- Bini, D., Marriel, I. E., Gomes, E. A., dos Santos, F. C., Cota, L. V., de Sousa, S. M., ... & de Souza, F. F. (2021). Inoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato nas culturas do milho e da soja (BiomaPhos®): dúvidas frequentes e boas práticas de inoculação. *Embrapa Milho e Sorgo-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*.
- Bini, D., Lopez, M. V. Transformações microbianas do fósforo. In: Cardoso, E. J. B. N., Andreote, F. D. (2016) (ed.). Microbiologia do solo. Piracicaba: ESALQ. p. 149-166.
- Braibante, M. E. F., & Zappe, J. A. (2012). A química dos agrotóxicos. *Química nova na escola*, 34(1), 10-15.
- Brotodjojo, R.R.R. & Arbiwati, D. (2018) Growth and yield of hybrid corn under different fertilizer applications. *J. Adv. Agric. Technol*, 5, 149–52. <https://doi.org/10.18178/joaat.5.2.149-152>
- Burke, W. J., Frossard, E., Kabwe, S. & Jayne, T. S. (2019). Understanding fertilizer adoption and effectiveness on maize in Zambia. *Food Policy*. 86, 101721. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.05.004>
- Carter, M.W., & Poneleit, C.G. (1973), Black layer maturity and filling period variation among inbred lines of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science*, Madison, v.13, n.4, p.436-439.
- Casa, R. T., Reis, E. M., & Zambolim, L. (2006). Doenças do milho causadas por fungos do gênero *Stenocarpella*. *Fitopatologia Brasileira*, 31, 427-439. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582006000500001>
- Castellano-Hinojosa, A., Pérez-Tapia, V., Bedmar, E. J., & Santillana, N. (2018). Purple corn-associated rhizobacteria with potential for plant growth promotion. *Journal of applied microbiology*, 124(5), 1254-64. <https://doi.org/10.1111/jam.13708>
- Cheng, N. C., Novakowski, J. H., Sandini, I., & Domingues, L. (2011). Substituição da adubação nitrogenada de base pela inoculação com *Azospirillum* brasileiro na cultura do milho. *Seminário Nacional de Milho Safrinha*, 11, 377-82
- Chong, E.A. (2019). Fertilización de maíces nativos con aplicadora manual para pequeñas parcelas. *Acta Fitogenét*, 6, 1
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. (2022). Boletim da safra de grãos: Décimo Levantamento, outubro, 2022 - Safra 2021/22 Brasília.: Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília. Recuperado de <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos> .
- Cordeiro, L. A. M., Vilela, L., Marchão, R. L., Kluthcouski, J., & Martha Júnior, G. B. (2015). Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, n. 1/2, p. 15-43.
- Crusciol, C. A. C., Nascente, A. S., Mateus, G. P., Pariz, C. M., Martins, P. O., & Borghi, E. (2014). Intercropping soybean and palisade grass for enhanced land use efficiency and revenue in a no till system. *European Journal of Agronomy*, 58, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.05.001>
- Cruz, I., Valicente, F. H., Viana, P. A., & Mendes, S. M. (2013). Risco potencial das pragas de milho e de sorgo no Brasil. *Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo*.
- Cruz, I. (1995). A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. *Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.
- da Costa, R. V., Cota, L., & da Silva, D. D. (2013). Doenças causadas por fungos do gênero *Stenocarpella* spp.(*Diplodia* spp.) em milho. *Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)*.
- de Freitas Mussi, R. F., Mussi, L. M. P. T., Assunção, E. T. C., & Nunes, C. P. (2019). Pesquisa Quantitativa e/ou Qualitativa: distanciamentos, aproximações e possibilidades. *Revista Sustinere*, 7(2), 414-30.
- dos Santos, R., Grzegozewski, D. M., de Azeredo, A. R., de Azeredo, R. P., & de Azeredo, C. A. F. (2022). Fixação biológica de nitrogênio com *Azospirillum* brasileiro na cultura do milho Biological nitrogen fixation with *Azospirillum* brasileiro in corn. *Brazilian Journal of Development*, 8(7), 49830-49847.
- Fancelli AL. (2002) O sistema de plantio direto. Curso de Especialização à Distância: Tecnologia da produção de milho. Piracicaba-SP.
- Ferreira, A. D. S., Fernandes, F. T., & Leite, L. (1983). Doenças do milho. *Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE)*.
- Galindo, F.S., Teixeira, F.M.C.M., Buzetti, S., Oagliari, P.H., Santini, J.M.K., Alves, C.J., Megda, M.M., Nogueira, T.A.R., Andreotti, M. & Arf, O. (2019). Maize yield response to nitrogen rates and sources associated with *Azospirillum* brasileiro. *Agron Journal*. 111, 1985–1997. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0481>
- García, A.J., Fischer, G., & Riaño, H.N. (2017). Effect of fertilization level on water use and production of corn (*Zea mays* L.) in a cereal producing area in Colombia—A modeling exercise using AquaCrop-FAO. *Agron. Colomb*. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n1.61428>
- Gil, A. C. (2002). Como classificar as pesquisas. *Como elaborar projetos de pesquisa*, 4(1), 44-45.
- Gil, A. C. (2008). Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. Editora Atlas SA.
- Golik, S. I., Schierenbeck, M., Dietz, J. I., & Fleitas, M. C. (2018). Maíz: Crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz.
- Havilah, E. J., Kaiser, A. G. & Nicol, H. (1995), Use a kernel milk line score to determine stage of maturity in maize crops harvested for silage. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 35, 739-743.
- Hunter, J.L., Tekrony, D.M., Miles, D.F., & Egli, D.B. (1991). Corn seed maturity indicators and their relationship to uptake of carbon-14 assimilate. *Crop Science*, 31, 1309- 1313.
- Jjagwe, J., Chelimo, K., Karungi, J., Komakech, A.J., & Lederer, J. (2020). Comparative performance of organic fertilizers in maize (*Zea mays* L.) growth, yield, and economic results. *Agronomy*. 10, 69. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010069>

- Jung, C. F., & Eng, M. (2003). Metodologia científica. *Ênfase em pesquisa tecnológica*, 3(41), 41.
- Kappes, C. et al. (2011) Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. *Bragantia*, 70(2), 334-343.
- Lira-Saldivar, R. H. (2017). Uso de Biofertilizantes en la Agricultura Ecológica. *Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (Intagri)*.
- Lithourgidis, A. S., Vlachostergios, D. N., Dordas, C. A. & Damalas, C. A. (2011). Dry mass yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*. 34, 287-94. 10.1016/j.eja.2011.02.007
- Martuscello, J. A., Rios, J. F., Ferreira, M. R., Assis, J. A., Braz, T. G. S., & Cunha, D. V. (2019). Produção e morfogênese de capim BRS Tamani sob diferentes doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação. *Boletim de Indústria Animal*, 76, 1-10.
- Montejo-Martínez, D., Casanova-Lugo, F., García-Gómez, M., Oros-Ortega, I., Díaz- Echeverría, V., & Morales-Maldonado, E.R. (2018) Respuesta foliar y radical del maíz a la fertilización biológica-química en un suelo luvisol. *Agron. Mesoam*. 29, 325-341. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29511>
- Neto, D. D., Vieira, P. A., Manfron, P. A., Palhares, M., Medeiros, S. L. P., & Romano, M. R. (2003). Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 2(03).
- Nurhayati, A. Y., Yuda C., & Hariadi, W. (2016). Hasanah, Endeavoring to Food Sustainability by Promoting Corn Cob and Rice Husk Briquetting to Fuel Energy for Small Scale Industries and Household Communities, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, Volume 9. Pages 386-395, ISSN 2210-7843, <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.154>.
- Ochsner, T.E., Albrecht, K.A., Schumacher, T.W., Baker, J.M., & Berkevich, T.W. (2010) Water balance and nitrate leaching under corn in kura clover living mulch. *Agronomy Journal*, v.102, p.1169-1178. 10.2134/agronj2009.0523.
- Okoth, A.S., Otadoh, A.J., & Ochanda, O.J. (2011) Improved seedling emergence and growth of maize and beans by *Trichoderma harzianum*. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 13, 65-71.
- Okur, N. (2018). A review-bio-fertilizers-power of beneficial microorganisms in soils. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 4(4), 4028-4029. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2018.4.001076>
- Pedraza, G.M., Idrogo, V.G., & Pedraza, G.S. (2017). Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). *Rev. ECIPerú*. 14, 20-40. doi:10.33017/RevECIPeru2017.0003/.
- Pozo, H.M.R. Efecto del Guano de Islas y Trébol (*Medicago hispida* G.). (2015). en el Rendimiento del Cultivo de Maíz Morado (*Zea mays* L.) en Condiciones de Azángaro, Huanta, Ayacucho. (Bachelor's Thesis). Universidad Nacional de Huancavelica, Acobamba, Perú.
- Quadros, P. D. D., Roesch, L. F. W., Silva, P. R. F. D., Vieira, V. M., Roehrs, D. D., & Camargo, F. A. D. O. (2014). Desempenho agrônomo a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. *Revista Ceres*, 61, 209-218. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200008>
- Qin, A.-Z., Huang, G.B., Chai, Q., Yu, A.-Z., & Huang, P. (2013), Grain yield and soil respiratory response to intercropping systems on arid land. *Field Crops Research*, v.144, p.1-10. 10.1016/j.fcr.2012.12.005.
- Ramírez-Cariño, H. F., Guadarrama-Mendoza, P. C., Sánchez-López, V., Cuervo-Parra, J. A., Ramírez-Reyes, T., Dunlap, C. A., & Valadez-Blanco, R. (2020). Biocontrol of *Alternaria alternata* and *Fusarium oxysporum* by *Trichoderma asperelloides* and *Bacillus paralicheniformis* in tomato plants. *Antonie van Leeuwenhoek*, 113(9), 1247-1261.
- Rench, W. & Shaw, R. H. (1971), Black layer development in corn. *Agronomy Journal*, 63, 303-309.
- Ribeiro, V. P., Marriel, I. E., Sousa, S. M. de, Lana, U. G. P., Mattos, B. B., Paiva, C. A. O., & Gomes, E. A. (2018) Endophytic *Bacillus* strains enhance pearl millet growth and nutrient uptake under low-P. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49S, 40-46, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2018.06.005>
- Rodrigues, D. C. C. (2018). Características morfológicas e qualidade do capim tamani em sistema integrado de produção agropecuária.
- Roldán, A., Salinas, G.J., Alguacil, M.M., & Caravaca, F. (2006). Soil sustainability indicators following conservation tillage practices under subtropical maize and bean crops. *Soil Tillage Res.* 93, 273-282.
- Sánchez, G.J.J., Goodman, M.M., & Rawlings, J.O. (1993), Appropriate characters for racial classification in maize. *Econ. Bot.* 47, 44-59.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2021). Producción Agrícola. 9 January 2017. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Shanahan, J.F., Doerge, T.A., Johnson, J.J. & Vigil, M.F. (2004) Feasibility of sitespecific management of corn hybrids and plant densities in the Great Plains. *Precision Agriculture*. 5(3), 207-225.
- Silva, R. D. O., Barioni, L. G., Pellegrino, G. Q., & Moran, D. (2018). The role of agricultural intensification in Brazil's Nationally Determined Contribution on emissions mitigation. *Agricultural Systems*, 161, 102-112. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.01.003>
- Sousa, S. M. De, Oliveira, C. A., Andrade, D. L., Carvalho, C. G., Ribeiro, V. P., Pastina, M. M., Marriel, I. E., Lana, U. G. De P., & Gomes, E. A. (2021) Tropical *Bacillus* strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 40, p. 867-877. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10146-9>
- Souza, E., Brito, C., Fonseca, V., & Bebé, F. (2016). Crescimento de milho em Latossolo com aplicação de água residuária de suinocultura. *Enciclopédia Biosfera*, 13(23).

Tavera-Zavala, D. D., Hernández-Escareño, J. J., Ulibarri, G., & Sánchez-Yáñez, J. M. (2017). Inoculación de *Trichoderma harzianum* en *Zea mays* y su efecto a la adición del fertilizante nitrogenado al 50%. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 8(2), 115-123.

Tekrony, D.M., Hunter, J.L., & Vieira, R.D. (1994). Relationship of black layer maturity to seed vigor across several maize genotypes. In: ASA/CSSA/SSSA ANNUAL MEETINGS, 86... Seattle. Agronomy abstracts... Madison: American Society of Agronomy. p.177.

Verdolin, A. L. M., Barros, B. D. A., Alves, M. D. C., Noda, R. W., Carneiro, A. A., & Carneiro, N. P. (2016). Avaliação da tecnologia do RNA interferente (RNAi) para controle de *Rhopalosiphum maidis* e *Schizaphis graminum* em milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

Vilela, L., Martha Junior, G. B., Macedo, M. C. M., Marchão, R. L., Guimarães Júnior, R., Pulrolnik, K., & Maciel, G. A. (2011). Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 46, 1127-1138. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000003>

Xiu, K. A., & Lugo, F. C. (2014). Evaluación del Crecimiento del maíz VS-536 Inoculado con Microorganismos (Micorrizas y Azospirillum), y con la Adición de Fertilizantes Químicos en un Suelo Luvisol. *Informe Técnico de Residencia Profesional, SEP/ITZM. Quintana Roo, México.*

Zulueta-Rodríguez, R., Gómez-Merino, F.C., Alemán-Chávez, I., Núñez-Camargo, M.C., & Lara-Capistrán, L. (2020). Respuesta del cultivo de maíz a la bioinoculación y fertilización química reducida en campo. *Terra Latinoam.* 38, 597-612.