

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DESENVOLVIMENTO DO MILHO SOB DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO

JÉSSICA CAROLINE DE LIMA

CASCAVEL - PARANÁ - BRASIL

AGOSTO 2023

JÉSSICA CAROLINE DE LIMA

DESENVOLVIMENTO DO MILHO SOB DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) campus de Cascavel, em cumprimento aos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Mônica Sarolli
Silva de Mendonça Costa

Coorientadores: Prof. Dr. Jorge de Lucas
Júnior

Profa. Dra. Glacy Jaqueline da Silva

CASCAVEL- PARANÁ- BRASIL

AGOSTO 2023

FICHA CATALOGRÁFICA¹

DE LIMA, JÉSSICA CAROLINE
DESENVOLVIMENTO DO MILHO SOB DIFERENTES FONTES DE
ADUBAÇÃO / JÉSSICA CAROLINE DE LIMA; orientadora MÔNICA
SAROLLI SILVA DE MENDONÇA COSTA; coorientadora GLACY
JAQUELINE DA SILVA. -- Cascavel, 2023.
63 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) --
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências
Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, 2023.

1. ADUBO ORGANOMINERAL . 2. BIOFERTILIZANTE. 3. AGUA
RESIDUARIA DA SUINOCULTURA. 4. DEJETOS DE GALINHAS
POEDEIRAS. I. SAROLLI SILVA DE MENDONÇA COSTA, MÔNICA,
orient. II. DA SILVA, GLACY JAQUELINE , coorient. III.
Titulo.

¹Revisão de Língua Portuguesa, Língua Inglesa e normas do programa por Silvana de Araújo Vaillões, em 30 de outubro de 2023.




Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Reitoria
CNPJ 78.680.337/0001-84
Rua Universitária, 1619, Jardim Universitário
Tel.: (45) 3220-3000 - Fax: (45) 3225-4590 - www.unioeste.br
CEP: 85819-110 - Cx. P.: 701
Cascavel - PARANÁ



JÉSSICA CAROLINE DE LIMA


DESENVOLVIMENTO DO MILHO SOB DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, linha de pesquisa Saneamento Ambiental, APROVADA pela seguinte banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 MONICA SAROLLI SILVA DE MENDONCA CC
Data: 08/08/2023 20:30:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Orientadora - Monica Sarolli Silva de Mendonça Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Documento assinado digitalmente
 NATALIA PEREIRA
Data: 09/08/2023 09:36:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Natalia Pereira

SANESUL - Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul

Documento assinado digitalmente
 SILVIA RENATA MACHADO COELHO
Data: 08/08/2023 20:35:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Silvia Renata Machado Coelho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 03 de agosto de 2023.

BIOGRAFIA

JÉSSICA CAROLINE DE LIMA – Nascida em 01 de fevereiro de 1994, natural de Cascavel, Paraná. Em 2011, concluiu o ensino médio Técnico em meio ambiente no Centro Estadual de Educação Profissional (CEEP) Pedro Boaretto Neto, Cascavel – PR. Graduou-se em Agronomia, em 2018, no Centro Universitário – FAG. Em 2021, ingressou no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel- PR, vinculado à área de concentração de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, atuando na linha de pesquisa de Saneamento Ambiental, com ênfase na valorização de resíduos orgânicos estabilizados.

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo propósito debaixo do céu. Tempo de chorar e tempo de rir, tempo de prantear e tempo de saltar de alegria” (Eclesiastes 3: 1;4)

“Um cientista no seu laboratório não é apenas um técnico: é, também, uma criança colocada à frente de fenômenos naturais que impressionam como se fossem um conto de fadas” (Marie Curie)

À minha mãe - Maria de Fátima Marion, meu alicerce e exemplo de
vida,

Dedico.

Agradecimentos

A Deus, por ter me guiado até aqui e por ter me feito uma pessoa mais forte.

À minha mãe, Fatima Marion, minha incentivadora e colaboradora do início ao fim, meu exemplo de caráter e dedicação, por todo o esforço que fez para me ajudar durante o período de mestrado.

À minha irmã, Jaqueline, minha sobrinha, Maria Fernanda, e meu sobrinho, Yuri, agradeço pelas inúmeras vezes em que me ajudaram nas avaliações durante a fase de casa de vegetação.

À minha orientadora, Dra. Mônica Sarolli, por toda a paciência, apoio, preparo direcionamento e confiança, por sua dedicação ao ensino e a pesquisa.

À minha coorientadora, Glacy Jaqueline, pela disponibilidade e esforço no decorrer do experimento em casa de vegetação e discussão de dados.

Ao meu coorientador, Jorge de Lucas Junior, por todo o direcionamento durante a minha dissertação.

Ao professor Luiz Antônio de Mendonça Costa (*in memoriam*) que esteve presente na elaboração e desenvolvimento desse trabalho, agradeço com profunda admiração por todos os ensinamentos.

Aos meus colegas de laboratório, Riteli, Eduardo, Edilene e Marianna, por me ensinarem tanto e pelas horas compartilhadas no LARA, tornando essa jornada mais leve.

Aos professores do PGEAGRI, por contribuírem com a minha formação.

À Cleuciane Nascimento, Natalia Pereira e Edison Cunha, por todo auxílio durante as análises;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus Cascavel, e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), pela estrutura disponibilizada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante o mestrado.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que essa etapa fosse concluída; obrigada por viverem esse sonho comigo!

Lima, Jéssica Caroline de. Desenvolvimento do milho sob diferentes fontes de adubação. Orientadora: Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa; Coorientadores: Jorge de Lucas Júnior; Glacy Jaqueline da Silva. 2023. 63f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, 2023.

DESENVOLVIMENTO DO MILHO SOB DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de grãos do mundo, mas depende fortemente de fertilizantes importados. Nesse sentido, a utilização do biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia de resíduos orgânicos e do fertilizante organomineral, produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos, é bioinsumo com potencial para substituir total ou parcialmente os fertilizantes minerais. Contudo, a aplicação de diferentes fontes de fertilizantes, isoladamente ou em combinação, pode afetar o desenvolvimento de culturas, como o milho. Assim, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento do milho quando submetido a diferentes fontes de adubação. O teste foi realizado em casa de vegetação com seis tratamentos, sendo T₁ fertilizante mineral, T₂ organomineral, T₃ organomineral K⁺, T₄ biofertilizante, T₅ biofertilizante P⁺ e T₆ misto (organomineral + biofertilizante). Foi avaliada a produtividade do milho, diagnóstico nutricional foliar, parâmetros fitométricos, análises bioquímicas e enzimáticas do solo. O tratamento em que foi utilizado apenas biofertilizante T₅ proporcionou maior produtividade de milho (9.417 kg/ha⁻¹), porém, apenas o tratamento em que foi utilizada adubação organomineral + biofertilizante T₆ (6.484 kg/ha⁻¹) foi estatisticamente diferente. Quanto à diagnose foliar, os tratamentos em que foram utilizados apenas os fertilizantes organominerais T₃ e T₆ não forneceram teor adequado de N, bem como nenhum dos tratamentos apresentou teor adequado de P nas folhas. Não houve diferença estatística para os parâmetros fitométricos, exceto para o diâmetro caule, para a qual o T₃ proporcionou o maior valor, embora tenha diferido apenas do T₂. O teor de proteína nas folhas foi maior em T₅ e T₃ e, para carboidratos solúveis totais, o tratamento que recebeu biofertilizante com complementação de P e K (T₄) apresentou média maior, mas foi estatisticamente maior apenas em T₆. As diferentes estratégias de adubação promoveram aumentos no pH do solo. Em relação às enzimas, os tratamentos que receberam adubação organomineral sem suplementação com adubo mineral T₃ e T₆ obtiveram os maiores valores. Conclui-se que o uso de fontes orgânicas, organominerais e diamantes não afeta a produtividade e o desenvolvimento do milho, quando comparado ao uso exclusivo de fertilizante mineral. Dentre as estratégias avaliadas, o uso de ácido organomineral sem suplementação com fonte mineral promove maior atividade enzimática.

PALAVRAS-CHAVE: Adubo organomineral. Biofertilizante. Água residuária da suinocultura. Dejetos de galinhas poedeiras.

Lima, Jéssica Caroline de. Corn development under different fertilization sources. Advisor: Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa; Co-advisors: Jorge de Lucas Júnior; Glacy Jaqueline da Silva. 2023. 63p. Dissertation (Master's in Agricultural Engineering) - Western Paraná State University, Cascavel, Paraná, 2023.

CORN DEVELOPMENT UNDER DIFFERENT FERTILIZATION SOURCES

ABSTRACT

Brazil is one of the largest grain producers in the world; however, it relies heavily on imported fertilizers. Thus, biofertilizer from the anaerobic digestion of organic waste and organo-mineral fertilizer, a product resulting from the physical mixture or combination of mineral and organic fertilizers, is a bio-input with the potential to totally or partially replace mineral fertilizers. However, applying different fertilizer sources, alone or in combination, can affect the development of crops such as maize. The main goal of this study was to evaluate the effect of maize when subjected to different fertilizer sources. The test was carried out in a greenhouse with six treatments: T₁ mineral fertilizer, T₂ organo-mineral, T₃ organo-mineral K⁺, T₄ bio-fertilizer, T₅ bio-fertilizer P⁺ and T₆ mixed (organo-mineral + bio-fertilizer). Corn yield, foliar nutritional diagnosis, phytometric parameters, and biochemical and enzymatic soil analyses were evaluated. The treatment in which only biofertilizer T₅ was used gave the highest maize yield (9,417 kg/ha⁻¹); however, only the treatment in which organo-mineral fertilizer + biofertilizer T₆ was used (6,484 kg/ha⁻¹) was statistically different. Regarding leaf diagnosis, the treatments in which only the organo-mineral fertilizers T₃ and T₆ were used did not provide adequate N content, nor did any treatments show acceptable P content in the leaves. There were no statistical differences for the phytometric parameters, except for stem diameter, for which T₃ supplied the highest value, although it only differed from T₂. The protein content in the leaves was higher in T₅ and T₃. For total soluble carbohydrates, the treatment that received biofertilizer supplemented with P and K (T₄) had a higher average but was only statistically higher in T₆. The different fertilization strategies promoted increases in soil pH. Regarding enzymes, the treatments that received organo-mineral fertilization without supplementation with mineral fertilizer, T₃ and T₆, had the highest values. It can be concluded that using organic sources, organo-minerals, and diamonds does not affect the productivity and development of maize compared to using mineral fertilizer alone. Among the strategies evaluated, organo-mineral acid without supplementation with a mineral source promotes more significant enzymatic activity.

KEYWORDS: Organo-mineral fertilizer. Biofertilizer. Swine wastewater. Laying hen manure.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Panorama da questão de fertilizantes no Brasil	18
3.2 A Economia Circular e a crise de fertilizantes	18
3.3 Cultura do milho	19
3.4 Uso agrônômico da água residuária da suinocultura	19
3.4.1 Biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia da ARS	20
3.5 Avicultura de postura no Brasil	21
3.5.1 Uso de dejetos de aves na cultura do milho	22
3.6 Fertilizante organomineral	22
3.6.1 Uso de fertilizante organomineral no milho	23
3.7 Enzimas de solo urease, fosfatase acida, fosfatase alcalina e arilsulfatase.	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Solo e adubações	25
4.2 Experimento em vaso	27
4.3 Parâmetros fitométricos	28
4.4 Análise da composição química da parte aérea do milho	28
4.4.1 Coleta de amostras para diagnose foliar	28
4.4.2 Análise química para diagnose foliar	29
4.5 Análise de carboidratos solúveis totais nas folhas	30
4.5.1 Obtenção do extrato	30
4.5.2 Carboidratos solúveis totais	30
4.6 Análise de enzimas na rizosfera das plantas de milho	31
4.7 Análises físico-químicas do solo	32
4.7.1 pH em cloreto de cálcio, fósforo disponível e potássio trocável, cálcio e magnésio trocáveis.	32
4.7.2 Zinco, cobre, manganês e ferro	33
4.7.3 Carbono orgânico (CO)	33
4.7.4 Matéria Orgânica do Solo (MOS)	34
4.7.5 Condutividade elétrica	34
4.8 Produtividade estimada	34

4.9 Análise da taxa de transporte de elétrons (ETR)	34
4.10 Análise de clorofila, antocianina, flavonóides e índice de equilíbrio de nitrogênio (NBI)	35
4.11 Análises microbiológicas do solo	36
4.11.1 Carbono da biomassa microbiana	36
4.11.2 Determinação da respiração basal do solo	36
4.11.3 Quociente metabólico	36
4.11.4 Análise de biomassa de fungos	37
4.11.5 Análise da biomassa de bactérias	37
4.12 Delineamento Experimental e Análise estatística	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 Produtividade estimada	40
5.2 Diagnose foliar	41
5.2.1 Diagnose foliar macronutrientes primários e secundários.	41
5.2.2 Micronutrientes nas folhas	42
5.3 Parâmetros fitométricos	43
5.3.1 Carboidratos solúveis totais e proteínas	44
5.4 Taxa de transferência de elétrons (ETR) e clorofila.	45
5.5 Índice de equilíbrio de nitrogênio (Nbi), antocianina e flavonoides	45
5.6 Fertilidade do solo	46
5.6.1 Micronutrientes presentes no solo ao final do experimento	48
5.6.2 Condutividade elétrica, carbono orgânico total e matéria orgânica	48
5.7 Enzimas do solo	49
5.8 Microbiologia do solo	50
6. CONCLUSÕES	53
7 REFERÊNCIAS	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Garantias estabelecidas pelo MAPA para fertilizantes organominerais sólidos.	22
Tabela 2. Caracterização inicial do solo coletado para o experimento.	25
Tabela 3 - Valores médios da produtividade de milho.	40
Tabela 4 - Concentração média de nutrientes determinados na folha nos diferentes tratamentos.	41
Tabela 5 - Micronutrientes presentes nas folhas.	43
Tabela 6 - Parâmetros fitométricos avaliados em V7.	43
Tabela 7- Proteínas e açúcares.	44
Tabela 8. Índices de ETR e teores de clorofila.	45
Tabela 9 - Teores de antocianina e flavonoides e índice de equilíbrio de nitrogênio. ...	46
Tabela 10 - Teores de macronutrientes primários e secundários e pH presentes no solo ao final do experimento.	47
Tabela 11 - Micronutrientes avaliados ao final do experimento.	48
Tabela 12 - Caracterização físico-química do solo.	48
Tabela 13 - Atividade enzimática do solo.	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fábrica de adubo organomineral	26
Figura 2. Vasos com solo acondicionado	27
Figura 3. Coleta de folhas para diagnose foliar	29
Figura 4. Coleta de solo para análise de urease, fosfatase e arilsulfatase.	31
Figura 5. Coleta de dados ETR.....	35
Figura 6 Coleta de de dados de antocianina, flavonoide, clorofila e Nbi.....	35
Figura 7 Análise de PCA da microbiologia do solo.....	51

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tornou-se o quarto maior produtor de alimentos do mundo. Com a constante expansão do agronegócio, a produção nacional de fertilizantes tem dificuldade em atender às necessidades da agricultura local. Sendo assim, o Brasil tornou-se muito dependente da importação de fertilizantes. As importações de fertilizantes fosfáticos, potássicos e nitrogenados têm origem principalmente na Rússia (Oliveira *et al.*, 2019), as quais foram bastante influenciadas pela recente tensão geopolítica com a Ucrânia. A Rússia é um grande fornecedor global de adubos, responsável por cerca de 20% da produção global de potássio e é origem de 28% das importações brasileiras. Já para os nitrogenados, o país é o segundo maior produtor global e fornece 21% dos nitrogenados que o Brasil importa e, no caso específico do nitrato de amônio, o país é praticamente o único fornecedor para o Brasil.

Em janeiro de 2022, foram importadas 2,31 milhões de toneladas de fertilizantes, inferior em 15,2% aos quantitativos de janeiro do ano anterior. No entanto, apresentaram-se dispêndios sem precedentes - U\$1.146,2 milhão, uma vez que os preços médios dos itens importados atingiram o recorde de U\$ 496,62/t, incremento de 110,4%, em relação aos preços praticados no mesmo período do ano passado (CONAB, 2022).

O custo total na produção de um hectare de milho no Paraná chegou a R\$ 9.725,00; desses, R\$ 3.107,00 são gastos diretamente com a aquisição de fertilizantes, o que representa aproximadamente 32% de todo o custo gerado (OCEPAR, 2022).

Diante do cenário, é iminente a necessidade de estratégias para mitigar a dependência brasileira de fertilizantes, o que certamente compromete a soberania do país. Uma das estratégias para alcançar a redução de custos dos fertilizantes é buscar por alternativas que substituam parcialmente ou totalmente os insumos importados. Os adubos orgânicos, como biofertilizante e adubo organomineral, são considerados uma fonte de adubação viável para a produção de milho, podendo suprir integralmente ou moderadamente a adubação mineral.

Recentemente, o governo brasileiro instituiu o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. Esse, por sua vez, tem como finalidade ampliar e fortalecer a utilização de bioinsumos no país para beneficiar o setor agropecuário. Um dos objetivos desse Conselho é incentivar práticas e tecnologias de tratamento de resíduos sólidos para geração de insumos apropriados ao uso na produção de bioinsumos (Brasil, 2020).

Os dejetos provenientes de atividades pecuárias, por exemplo, permitem que os nutrientes que não foram absorvidos pelo metabolismo animal possam ser reciclados novamente na agricultura na forma de fertilizante orgânico ou organomineral. O processo de digestão anaeróbia (DA) permite que os dejetos sejam degradados em meio anaeróbio transformando o material orgânico em biogás, além de um subproduto rico em nutrientes, o biofertilizante, fertilizante orgânico agronomicamente valioso.

A fração sólida dos dejetos animais pode ser utilizada nas formulações organominerais, que pode ser definida como o produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos, a qual tem sua caracterização mínima regulada pela Instrução Normativa (IN) nº 61, de 08 de julho de 2020. A parcela orgânica desses fertilizantes apresenta vantagens quando aplicada, como na fertilidade (atributos químicos e físico-químicos do solo), na conservação física, bem como na biota do solo (Cruz *et al.*, 2017).

Entretanto, a aplicação de diferentes fontes de adubação (mineral, orgânica e organomineral) isoladas ou em combinação pode afetar o desenvolvimento de culturas, como o milho, uma vez que os nutrientes não se encontram totalmente mineralizados e, portanto, não estão prontamente disponíveis para a planta.

Nesse sentido, são necessárias estratégias diferentes para cada tipo de adubo, visando ao seu uso adequado, sem comprometimento do meio ambiente e da produção.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o desenvolvimento do milho (*Zea mays*) quando submetido a diferentes fontes de adubação: mineral, organomineral e orgânica.

2.2 Objetivos específicos

Determinar o status nutricional do milho em seu estágio vegetativo em função das fontes de adubação.

Determinar a atividade enzimática do solo na rizosfera do milho em razão das diferentes fontes de adubação.

Determinar parâmetros bioquímicos nas folhas do milho em função das diferentes fontes de adubação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Panorama da questão de fertilizantes no Brasil

A produção de fertilizantes no Brasil tem sido historicamente inferior ao consumo interno e a demanda não cresceu a uma taxa semelhante (EMBRAPA, 2018). Entre janeiro e dezembro de 2021, o Brasil importou 41,6 milhões de toneladas de fertilizantes, atingindo o nível recorde de importação (CONAB, 2022).

Atualmente, o Brasil responde por 8% do consumo global de fertilizantes, perdendo apenas para China, Índia e Estados Unidos. O nutriente aplicado em maior quantidade no Brasil é o potássio, com 38%, seguido por cálcio, com 33%, e nitrogênio, com 29%. O país deixou de ser exportador de fertilizantes para ser grande importador entre 1992 e 2020. A maior cultura agrícola brasileira é a soja, que demanda mais de 40% dos fertilizantes aplicados (Almeida; Volotão, 2020).

Para minimizar a dependência do Brasil de fertilizantes importados, o governo federal lançou o Plano Nacional de Fertilizantes (PNF). O documento também instituiu o Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas, órgão consultivo e deliberativo que coordena e acompanha a implementação do Plano Nacional de Fertilizantes. Além da redução da dependência externa, o PNF ainda apresenta oportunidades em relação a produtos emergentes, como os fertilizantes organominerais e orgânicos e os subprodutos com potencial de uso agrícola, os bioinsumos e biomoléculas, os remineralizadores (exemplo, pó de rocha), nanomateriais, entre outros (MAPA, 2022).

3.2 A Economia Circular e a crise de fertilizantes

A economia circular (EC) possibilita a criação de produtos sustentáveis a partir de materiais que seriam descartados reduzindo a dependência de recursos naturais não renováveis (Moreira *et al.*, 2020), a qual pode ser definida como um sistema econômico que visa minimizar o desperdício de recursos, as emissões e as perdas de energia por meio da reciclagem, expansão, intensificação, desmaterialização de materiais e circuitos de energia.

A prática da EC surgiu como uma iniciativa diante do problema global de esgotamento de recursos e mudanças climáticas, para tentar mudar a forma como todo o sistema econômico funciona, de fluxos lineares para circulares (Korhonen *et al.*, 2018). O sistema econômico, que emprega a economia circular, minimiza a entrada de recursos, a geração de resíduos e emissões, bem como o vazamento de energia do

sistema, mitigando os impactos negativos sem comprometer o crescimento e a prosperidade (Geissdoerfer *et al.*, 2018 e 2020).

Pode, dessa forma, apresentar inúmeras vantagens estratégicas, operacionais e competitivas. A EC apresenta organizações para fechar os ciclos de material e energia. As práticas da economia circular podem oferecer oportunidades para reduzir as emissões de gases de efeito estufa no setor agrícola por meio da circulação de matérias-primas, resíduos agrícolas e esterco (Jurgilevich *et al.*, 2016).

Além disso, o processo de digestão anaeróbia (DA) pode colaborar fortemente com esse setor tanto pela produção do biogás, com geração de energia limpa, geração de calor, produção de biometano quanto pela produção de biofertilizante (Caposciutti *et al.*, 2020).

A utilização de resíduos agrícolas é de particular interesse no contexto da economia circular, pois é um recurso valioso para reduzir o uso de matérias-primas virgens extraídas da natureza para a geração de eletricidade, redução dos resíduos agrícolas e redução dos custos (Barros *et al.*, 2020).

3.3 Cultura do milho

A cultura do milho é a segunda maior do país ficando atrás apenas da cultura da soja. O milho já era cultivado no Brasil mesmo antes do início da colonização e, com o tempo, tornou-se uma cultura de destaque e importância econômica. Além de servir como alimento humano, o milho é um importante cereal utilizado na alimentação de aves e suínos (SENAR, 2016).

Em relação à produção mundial de milho, o Brasil ocupa o terceiro lugar, ficando atrás dos EUA e China. Entre fevereiro/22 e fevereiro/23, o Brasil exportou 46,6 milhões de toneladas de grãos de milho, o que foi favorecido pelo enfretamento de condições climáticas adversas nos EUA e Argentina, bem como pela guerra que ocorre na Ucrânia (CEPEA, 2023).

Atualmente, o Mato Grosso é o principal estado produtor da cultura no país, responsável por 36,6% da produção de grãos. Em seguida, estão os estados do Paraná e Goiás, que completam o ranking dos maiores produtores, sendo responsáveis por 15,7 e 9%, respectivamente, de todo o milho produzido no Brasil (IBGE,2023).

3.4 Uso agrônômico da água residuária da suinocultura

A água residuária de suinocultura (ARS) é a mistura de fezes e urina dos animais e de outros materiais originados no processo criatório (água desperdiçada nos

bebedouros, água de higienização, restos de alimentos, pelos e poeira) (Aust, 2009; Condé, 2012).

As suas características físicas, químicas e biológicas estão relacionadas à dieta, ao aproveitamento dos nutrientes pelo seu sistema digestivo (o que oscila de acordo com a sua fase de criação), assim como pela quantidade de água utilizada na granja, sendo que boa parte dos nutrientes contidos nas rações são eliminados pelos animais nas fezes e na urina (Barros *et al.*, 2019).

Como resíduo, a ARS contém uma variedade de contaminantes orgânicos e inorgânicos que se originam principalmente de polissacarídeos, proteínas, lignina e ácidos graxos de cadeia curta (Villamar, 2012; Jensen 2013). Nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo (N e P), patógenos, antibióticos, traços de metais, como o zinco e cobre (Zn e Cu), e sais minerais, a exemplo do cloreto de sódio (NaCl), cloreto de potássio (KCl), também são amplamente predominantes (Hejna, 2020; Qian, 2020).

Devido às altas concentrações de nutrientes, os dejetos de suínos possuem alto valor agrônômico e são utilizados em grande escala nas granjas no Brasil e ao redor do mundo como insumo agrônômico, por se tratar de prática sustentável e que promove a economia circular (Morino, 2021).

O uso de efluente suíno com a aplicação de taxas mais altas diminui o pH e aumenta a condutividade elétrica do solo, além de elevar os níveis de N, P, Cl, Fe, Cu e Zn (Schlegel, 2017). Ademais, proporciona o aumento no teor de Mg e P, bem como diminui o teor de Al no solo (Cabral, 2011).

De acordo com os resultados obtidos por Seidel *et al.* (2010), a aplicação de dejetos de suínos, como adubação de base, foi estatisticamente igual na produção de grãos de milho, quando comparada com a adubação química (NPK), demonstrando sua eficácia na produtividade da cultura do milho em sistema de plantio direto.

3.4.1 Biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia da ARS

A digestão anaeróbia (DA) é amplamente praticada para a estabilização de resíduos biodegradáveis com o objetivo de geração de biometano (Caposciutti *et al.*, 2020). Durante o processo, ocorre uma degradação microbiológica da matéria orgânica em condições anaeróbias, ocasionando a estabilização da matéria orgânica (biofertilizante) e a formação de biogás.

O biofertilizante consiste em subproduto que advém da digestão anaeróbia de dejetos no biodigestor e apresenta fins agrícolas, pois diminui a necessidade de fertilizantes nitrogenados, que geram óxido nitroso (N₂O) (BRASIL, 2016).

O biofertilizante proporciona, para o solo, melhorias nas características físicas, químicas e biológicas, devido aos materiais orgânicos e microrganismos funcionais específicos; portanto, possui o duplo efeito da fertilização mineral e microbiana. Os biofertilizantes surgem como alternativa ao uso dos fertilizantes químicos convencionais e visam sistemas agrícolas mais sustentáveis, com níveis satisfatórios de produtividade e um menor impacto ambiental associado (Bonfim; Fontenelle, 2017).

A fim de minimizar o uso de fertilizantes químicos que ocasionaram uma redução considerável para a saúde do solo, Mazid e Khan (2014) e Kour *et al.* (2020) enfatizam que o uso de biofertilizantes é ecologicamente correto e possui um vasto potencial para atender às necessidades de nutrientes das plantas, melhorando a fertilidade do solo e a produtividade das plantas.

Para utilização do biofertilizante suíno em associação ou substituição à adubação mineral convencional, é necessário realizar a caracterização do biofertilizante. Isso porque o perfil de disponibilidade do nitrogênio é variável, podendo ocasionar distintas capacidades de absorção pela planta a curto e longo prazo, refletindo efeito direto nas características morfológicas e agrônômicas (Moreira; Gomide, 2019).

Ao estudarem o efeito de doses de biofertilizante suíno, com ou sem a presença de adubação mineral no milho, Kessler *et al.* (2014) concluíram que é possível o seu uso, desde que alguns minerais, como o fósforo e o manganês, sejam suplementados com adubação mineral.

3.5 Avicultura de postura no Brasil

A produção avícola no Brasil é dividida em dois ramos: avicultura de corte e avicultura de postura, que é destinada à produção de ovos férteis para a produção de pintainhos e novas matrizes, além de ovos para consumo.

No ano de 2022, a produção de ovos no Brasil foi de 52.068.585.438 bilhões de unidades, em que 99,56% foram distribuídos para o mercado interno e apenas 0,44% dessa produção foi destinada à exportação. O principal importador de ovos do Brasil é o Oriente Médio, que, no ano de 2022, importou 6,102 t de ovos, o que se refere a 64,41% da produção destinada à exportação (ABPA,2023).

Além de ovos para consumo, o Brasil exporta também material genético, dividido em: ovos férteis e pintainhos de um dia. No ano de 2022, o número de ovos férteis exportados chegou a 93,61% e 6,39% de pintainhos de um dia. O principal destino dessas exportações são países localizados na América do Sul e Norte. O estado do Paraná lidera o ranking de exportação de material genético avícola com 38,95%, seguidos dos estados de São Paulo (38,12%) e Santa Catarina (20,09%) (ABPA, 2023).

Existem diversos sistemas de criação de aves de postura. No Brasil, o que predomina é o sistema convencional. Nesse sistema, as galinhas são criadas em gaiolas posicionadas uma sobre a outra para que se tenha um maior número de galinhas alojadas (Silva, 2019).

A indústria avícola produz uma grande quantidade de resíduos, que inclui ovos que não atendem aos requisitos para consumo humano, cascas descartadas, ovos inférteis, embriões mortos. Além desses, esse segmento produz dejetos animais, galinhas que não atendem mais à demanda de produção de ovos e machos que, muitas vezes, não são destinados à produção de carne (KANANI *et al.*, 2020).

3.5.1 Uso de dejetos de aves na cultura do milho

Quando estabilizados, os dejetos de aves são uma excelente fonte de nutrientes, podendo suprir parcial ou totalmente o uso de fertilizante químico. Além disso, o seu uso agrega matéria orgânica ao solo que melhora os atributos físicos, eleva a capacidade de retenção de água, reduz a erosão, melhora a aeração proporcionando um ambiente mais adequado para o desenvolvimento da flora microbiana do solo. Entretanto, os dejetos devem ser utilizados com critérios para evitar desequilíbrios e contaminação do meio ambiente (MENEZES *et al.*, 2004; Kiel, 2010).

Os dejetos de galinhas poedeiras sobressaem-se aos demais em relação à sua composição, uma vez que a concentração de nitrogênio é maior, pois as aves são alimentadas com rações concentradas. Além disso, os teores de cálcio e fósforo são superiores às rações fornecidas para frangos de corte, tornando-se um esterco mais concentrado quando comparado à cama de frango (Figueroa, 2008; Fukayama, 2008).

3.6 Fertilizante organomineral

Fertilizantes organominerais são a combinação de uma mistura física de fertilizantes minerais e orgânicos que possuem solubilização gradativa disponibilizando os nutrientes para a planta ao longo de seu ciclo (Brasil, 2009; Pessoa, 2020).

O MAPA estabelece algumas garantias para os fertilizantes organominerais sólidos, de acordo com a IN nº61 de 06 de julho de 2020, que estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1. Garantias estabelecidas pelo MAPA para fertilizantes organominerais sólidos.

Garantia	Teor máximo/ mínimo permitido
Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) separadamente	Mínimo 1%
Somatória de micronutrientes	Mínimo 3%
CTC	Mínimo 80 mmol _c / kg

COT	Máximo 8%
Umidade	Máximo 20%

Adaptada de acordo com IN n°61 de 06 de julho de 2020.

3.6.1 Uso de fertilizante organomineral no milho

A busca por fertilizantes alternativos efetiva-se pelo alto custo dos fertilizantes minerais (Portugal *et al.*, 2016). Com o aproveitamento dos resíduos, têm-se os fertilizantes organominerais.

Os fertilizantes organominerais podem ser farelados, granulados ou peletizados. Os resultados agrônômicos obtidos pela aplicação do organomineral no campo variam com a matriz orgânica utilizada, concentração do nutriente na formulação, bem como pelo processo de compostagem envolvido na fabricação do produto, além da dureza e tamanho do pellet (Lana *et al.*, 2019).

O adubo organomineral mostrou-se satisfatório no quesito morfológico e produtivo permitindo maior sustentabilidade na produção agrícola. O adubo organomineral é adequado para suprir as necessidades do milho e manter a fertilidade do solo (Pereira *et al.*, 2020).

Ao comparar produtividade de milho em sistema de plantio direto, em resposta à aplicação de fertilizantes organominerais e minerais em plantio e cobertura, Freitas *et al.* (2021) concluíram que o adubo organomineral apresentou eficiência equivalente à mineral quando utilizado no plantio. O milho apresentou a maior produtividade média de grãos no tratamento utilizando a adubação organomineral no plantio e cobertura, porém, o fertilizante organomineral não influenciou o desenvolvimento morfológico das plantas.

Fernandes *et al.* (2020) observaram efeitos positivos na utilização de fertilizantes organominerais, na produção da cultura da alface, bem como para o milho plantado em sucessão. Os autores concluíram que os fertilizantes organominerais se mostraram uma ótima e potencial alternativa ao uso dos fertilizantes minerais devido ao seu efeito residual, bem como efeito da adição de carbono orgânico ao solo.

3.7 Enzimas de solo urease, fosfatase ácida, fosfatase alcalina e arilsulfatase

Enzimas estão envolvidas na ciclagem de nutrientes catalisando a mineralização de moléculas complexas em nutrientes que serão assimilados por outros organismos (Tabatabai, 1994). Geralmente, as enzimas mais estudadas estão envolvidas nos ciclos dos principais elementos do solo, como C, N, P e S, a saber, fosfatase, sulfatases, urease e desidrogenase.

A urease é a enzima responsável por realizar a hidrólise do N, transformando o N orgânico em inorgânico, prontamente disponível para a absorção radicular. Catalisa naturalmente a hidrólise da ureia e libera CO₂ (dióxido de carbono) e NH₃ (amônia). É amplamente distribuída nos ambientes e tem sido detectado em microrganismos, plantas e animais (DICK *et al.*, 1996).

As fosfatases ácida e alcalina são responsáveis pela hidrólise do P às plantas. Elas são classificadas como ácidas ou alcalinas de acordo com sua atividade ideal em pH ácido (6,5) e básico (11). A fosfatase alcalina é produzida essencialmente por microrganismos e a fosfatase ácida tanto por microrganismos quanto por plantas e outros organismos edáficos (Tabatabai, 1969).

Dentre as classes de sulfatases, a mais estudada é a arilsulfatase, responsável por 40% a 70% do total de enxofre disponível em muitos ambientes . A arilsulfatase é a enzima que disponibiliza o S no solo por meio da hidrólise das ligações de éster sulfato, liberando íons sulfato (Tabatabai & Bremner, 1970). Pode, assim, apresentar origem vegetal ou microbiana.

Entre os principais fatores que afetam a atividade da arilsulfatase, destaca-se a quantidade de matéria orgânica presente no solo, pois é rica em ésteres de sulfato, substrato utilizado por essa enzima (Nogueira & Mello, 2003).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Solo e adubações

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE, campus Cascavel.

O solo utilizado no experimento foi coletado no NEEA - Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola, na camada de 0 a 20 cm de profundidade e caracterizado como Latossolo vermelho. O solo foi seco ao ar antes do peneiramento e homogeneizado para ser acondicionado em vasos de plástico com volume de 20L. Uma amostra composta do solo peneirado foi enviada a um laboratório credenciado para determinação dos teores de nutrientes, visando recomendação de adubação para a cultura do milho. Os resultados da análise de solo podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização inicial do solo coletado para o experimento.

K	P	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn	M.O	C
mg/dm ³		Cmolc/ dm ³		g/dm ³							
425,1	13,28	9,14	3,55	6,24	0,38	11,8	30,8	3,20	2,20	38,27	22,25

De acordo com o resultado da análise de solo, utilizou-se a recomendação de adubação para a cultura do milho baseada no Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (2017). Foram utilizados 300 kg N, 120 kg de P₂O₅ e 115 kg de K₂O, por hectare. A adubação foi parcelada em todos os tratamentos, exceto T₆, sendo 50 kg de N, 60 kg de P₂O₅ e 60 kg de K₂O utilizados na semeadura e o restante em cobertura. No tratamento T₆, utilizou-se 70 kg de N, 80 kg de P₂O₅ e 40 kg de K₂O, provenientes do adubo organomineral na semeadura; e o restante era proveniente do biofertilizante em cobertura.

Os fertilizantes minerais foram adquiridos no comércio local. A fonte de N utilizada foi a ureia com 45% de N. Para o P, utilizou-se Superfosfato Simples, que apresenta 18 % de P; para o K, utilizou-se Cloreto de potássio, cuja concentração de K é de 60 %.

As fontes de adubação definiram os tratamentos, os quais estão detalhados a seguir.

T₁: Adubação Mineral. Utilizaram-se as fontes ureia, superfosfato simples (SS) e Óxido de potássio (K₂O), respectivamente, para o N, P e K.

T₂: Adubação Organomineral. A dose recomendada nesse tratamento baseou-se no nutriente que apresentou maior concentração no adubo organomineral (P), sendo complementada com as quantidades necessárias de N e K, com ureia e KCl, respectivamente.

O adubo organomineral é proveniente de uma mistura entre fração sólida da água residuária da suinocultura (ARS) (30%), dejetos de galinhas poedeiras (40%), pó de rocha (15%) e calcário calcítico (15%). A análise da composição química do adubo organomineral revelou os seguintes resultados para os macronutrientes primários (g kg^{-1}): Nitrogênio: 13,4; Fósforo: 6,8; Potássio 1,3. Para os macronutrientes secundários, micronutrientes e metais (mg kg^{-1}): Cálcio: 173,7; Magnésio: 12,7; Enxofre 9,3; Boro 0,3; Cobre: 0,15; Ferro: 11,7; Manganês: 0,43; Zinco: 0,23. Para a produção do adubo organomineral, os componentes orgânicos e minerais são submetidos a um equipamento que realiza a mistura e secagem do material (Figura 1).



Figura 1 - Fábrica de adubo organomineral

T₃: Adubação Organomineral⁺. A dose recomendada nesse tratamento baseou-se no nutriente que apresentou menor concentração no adubo organomineral (K), o que causou excesso dos outros nutrientes N e P.

T₄: Adubação Orgânica. A dose recomendada nesse tratamento baseou-se no nutriente que apresentou maior concentração no biofertilizante (N), sendo complementada com as quantidades necessárias de P e K com SS e KCl, respectivamente.

O biofertilizante foi proveniente de um biodigestor modelo tubular horizontal, com volume de $1,014 \text{ m}^3$ alimentado com a fração líquida de uma mistura da ARS com os

dejetos de galinhas poedeiras, em sistema semicontínuo, com tempo de retenção hidráulica de 20 dias. Sua caracterização química revelou os seguintes teores de macronutrientes primários (g L^{-1}): Nitrogênio: 4,2; Fósforo: 0,2 Potássio 1,9. Para os macronutrientes secundários, micronutrientes e metais (mg L^{-1}): Cálcio: 181,3; Magnésio: 80,6; Enxofre 0,2; Boro 0,1; Cobre: 6,3; Ferro: 13,5; Manganês: 3,0; Zinco: 6,6.

T₅: Adubação orgânica⁺. A dose a ser recomendada nesse tratamento baseou-se no nutriente que apresentou menor concentração no biofertilizante (P), o que causou excesso dos outros dois elementos N e K.

T₆: Adubação mista (T₃ + T₄). Utilizou-se o adubo organomineral no plantio (com base na necessidade de K) e o biofertilizante em cobertura (com base na necessidade de N). Não houve suplementação com adubação mineral.

4.2 Experimento em vaso

Duas sementes de milho híbrido B2688PWU – BREVANT foram plantadas em vasos de plástico com 31 cm de altura e diâmetro de 310 mm (Figura 2). Realizou-se raleio 10 dias após a emergência permanecendo uma planta viável por vaso.



Figura 2 - Vasos com solo acondicionado

Todas as unidades experimentais foram irrigadas com água e mantidas em 70% da sua capacidade de retenção de água.

No momento da irrigação, adotou-se o sistema de rodízio dos vasos para que condições ambientais da casa de vegetação não afetassem o desenvolvimento da cultura.

A adubação de semeadura foi realizada aos 4 dias após a emergência (DAE) da planta. A adubação de cobertura foi realizada aos 28 DAE.

4.3 Parâmetros fitométricos

Parâmetros fitométricos avaliados eram relativos à parte aérea e à raiz do milho.

Os parâmetros fitométricos avaliados na parte aérea foram:

- Diâmetro do colmo (mm) – medição realizada semanalmente, na altura de 1 cm acima do solo com auxílio de um paquímetro digital.
- Altura da planta (cm) – a medição da altura das plantas foi realizada semanalmente, a partir do colo da planta até a ponta da última folha totalmente aberta com fita métrica graduada em cm.
- Área foliar (cm²) - medição do comprimento e largura da folha. A área foliar foi determinada com auxílio da equação proposta por Guimarães *et al.* (2002) (Eq.1).

$$\text{Área foliar} = 0,7458 * \text{Largura} * \text{Comprimento da folha}, R^2 = 0,9677 \quad \text{Eq.1}$$

Os parâmetros analisados na raiz da planta foram:

- Massa seca de raiz: acondicionaram-se as raízes de cada planta em sacos de papel e secou-se a 105°C em estufa com circulação de ar para determinação da massa seca em balança semianalítica.

4.4 Análise da composição química da parte aérea do milho

A diagnose foliar é um método adotado para avaliar o estado nutricional de uma cultura em uma determinada fase de desenvolvimento, permitindo a visualização da capacidade da planta em absorver os nutrientes contidos nas diferentes fontes de adubação.

4.4.1 Coleta de amostras para diagnose foliar

Para a diagnose foliar, as coletas de amostras foram realizadas de acordo com o Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes (EMBRAPA, 2009). Ao atingir a fase de embonecamento, realizou-se o corte na folha 1/3 acima da bainha, como pode ser observado na Figura 3. Após a coleta, as folhas foram lavadas com água destilada, secas e acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas à estufa de

circulação de ar forçada a 40°C por 24h. Após esse período, retirou-se a nervura das folhas e triturou-se em moinho de facas, tipo Willey, apenas o terço central de cada folha.



Figura 3 - Coleta de folhas para diagnose foliar

4.4.2 Análise química para diagnose foliar

Foram determinados os teores de P e K após digestão das amostras em solução nítrico-perclórica (3:1), com fonte externa de calor, seguida de diluição e filtração. O P foi detectado via absorvância no comprimento de onda 725 nm por meio do espectrofotômetro UV-VIS Hach®. O K foi quantificado em fotômetro de chama (MALAVOLTA *et al.*, 1997). A mesma abertura nítrico-perclórica (3:1), utilizada para determinar macronutrientes primários (P e K), foi utilizada para determinar os micronutrientes (Fe, Zn, Cu e Mn) e macronutrientes secundários (Mg e Ca) por meio de absorção atômica (EMBRAPA, 2009).

Para a determinação de N e proteína bruta das folhas, utilizou-se a metodologia de NTK (EMBRAPA, 2009) por meio da digestão da amostra com H₂SO₄ e mistura digestora (100g Na₂ SO₄; 10g CuSO₄; 1g Se). A titulação da amostra foi realizada com H₂SO₄ a 0,1N.

A proteína foi determinada pela Equação 2.

$$\text{Pr (g/kg}^{-1}\text{)} = \text{g/kg}^{-1} \text{ N} * 6,25 \quad \text{Eq.2}$$

Em que: Pr - Proteína bruta; N - conteúdo de nitrogênio; 6,25 – fator de conversão.

4.5 Análise de carboidratos solúveis totais nas folhas

4.5.1 Obtenção do extrato

A obtenção de extrato foi realizada de acordo com Bieleski & Turner (1966). Foram pesados, em balança analítica, 0,05g de amostra seca e triturada e acondicionou-se em tubos do tipo Falcon, devidamente identificados e em duplicata. Adicionou-se 2,5 mL⁻¹ de etanol a 95% e, em seguida, agitaram-se as amostras em vórtex por 1 minuto. Posteriormente, as amostras foram encaminhadas para banho maria por 20 minutos a 80°C. As amostras foram novamente agitadas em vórtex e, em seguida, centrifugadas por 25 minutos a 7.000rpm. Os extratos obtidos foram acondicionados sob refrigeração para posterior análise.

4.5.2 Carboidratos solúveis totais

O extrato obtido foi utilizado para determinação dos carboidratos totais segundo a metodologia descrita por Dubois *et al.* (1956), em que a quantidade de açúcar presente na amostra será responsável pela coloração final da solução; assim, quanto maior a massa de carboidratos, maior será a intensidade da coloração obtida na solução final.

Realizou-se a leitura das amostras dos carboidratos totais com auxílio de espectrofotômetro em comprimento de onda 490 nm. Levou-se em consideração a influência da interação entre ácido sulfúrico com outros compostos orgânicos presentes na amostra e que não são carboidratos resultando em interferências positivas, as quais foram prontamente corrigidas por meio da curva de calibração modificada, proposta por Gerchacover & Hatcher (1972).

Os teores de carboidratos foram determinados pela Equação 3.

$$\text{CST (g/L)} = a^*(A-b) \quad \text{Eq.3}$$

Em que: a – coeficiente angular da curva de calibração, A – absorvância da amostra- absorvância do branco, b – coeficiente linear da curva de calibração.

4.6 Análise de enzimas na rizosfera das plantas de milho

Coletou-se, com o auxílio de pá de jardim, o solo aderido às raízes do milho nos primeiros 10cm de cada unidade experimental (vaso), como se observa na Figura 4. Após a coleta, o solo foi identificado e imediatamente congelado até que se iniciassem as análises. Realizaram-se análises das enzimas: urease, fosfatase ácida e alcalina e arilsulfatase.



Figura 4 - Coleta de solo para análise de urease, fosfatase e arilsulfatase.

Para a análise da atividade da enzima urease por determinação do amônio, utilizou-se o método de destilação a vapor, descrito por Tabatabai (1994) e Mulvaney (1996). O substrato foi incubado com tampão THAM [tris (hidroximetil) aminometano], tolueno e ureia a 0,2M a 37° C por 2 horas. Após esse período, foram adicionados 35 ml da solução 2,5 mols L⁻¹ de KCl contendo 0,32 mM de Ag₂SO₄ e submetido à agitação por alguns segundos. Os procedimentos para preparo das soluções, bem como o pH ideal e a concentração adequada do substrato, estão descritos em Kandeler *et al.* (2011). Após a agitação, completou-se o volume para 50 mL com a solução KCl e Ag₂SO₄. Coletou-se uma alíquota de 20 ml da suspensão para determinação do amônio, a qual foi submetida à destilação por arraste de vapor. As destilações foram realizadas de acordo com Bremner e Keeney (1965).

A determinação da atividade das enzimas fosfatase ácida e alcalina baseou-se na metodologia descrita por Tabatabai e Bremner (1969) e Eivazi; Tabatabai (1977). O método fundamentou-se na determinação do *p*-nitrofenil liberado após a incubação do solo durante 1 hora a 37°C. A metodologia foi adaptada para volumes menores, sendo pesados 0,2 g de solo úmido em tubo Falcon. Em seguida, adicionou-se tampão MUB pH 6,5 para análise da fosfatase ácida e tampão MUB pH 11 para a fosfatase alcalina. Para ambas as enzimas, adicionaram-se 0,2 mL do substrato *p*-nitrofenil fosfato 0,05 M. Após a incubação, adicionou-se, em cada amostra, 0,2 mL⁻¹ de cloreto de cálcio (CaCl₂ 0,5 mol L⁻¹) e 0,8 mL de hidróxido de sódio (NaOH a 0,5 mol L⁻¹), sendo, em seguida, filtradas. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 400nm. As concentrações de *p*-nitrofenol em cada amostra foram determinadas por meio de uma curva padrão (0; 2 ;4; 6; 8; 10 µg de *p*-nitrofenol mL⁻¹). Os resultados obtidos das atividades das enzimas foram expressos em µmol de *p*-nitrofenol g⁻¹ massa seca do solo h⁻¹ (Acosta Martínez e Tabatabai, 2011).

A determinação da enzima arilsulfatase foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Tabatabai (1994), seguindo o mesmo fundamento evidenciado na metodologia da fosfatase, substituindo-se apenas o *p*-nitrofenil fosfato por *p*-nitrofenil sulfato. Seguiu-se, então, para a leitura das amostras em espectrofotômetro com comprimento de onda de 400 nm.

4.7 Análises físico-químicas do solo

As análises de pH, fósforo disponível, cálcio, magnésio e potássio trocáveis foram realizadas de acordo com o Manual de métodos de análise de solo, EMBRAPA (2017).

4.7.1 pH em cloreto de cálcio, fósforo disponível e potássio trocável, cálcio e magnésio trocáveis.

Em copos descartáveis, pesaram-se 10 g de solo e adicionaram-se 25 mL de solução de Cloreto de cálcio a 0,01 mol⁻¹. As amostras foram agitadas a 220 rpm por 10 minutos e, após 30 minutos, realizou-se a leitura em potenciômetro.

Fósforo disponível, potássio e sódio trocáveis foram determinados por meio da solução ácida de molibdato de amônio, soluções padrão de fósforo e solução de Mehlich⁻¹.

Adicionaram-se 10g de TFSA (terra fina seca ao ar) em Erlenmeyer de 125mL juntamente com 100 mL de solução extratora de Mehlich⁻¹. Agitaram-se as amostras por

5 minutos e, posteriormente, foram deixadas em repouso por uma noite. Após o repouso, coletou-se, com o auxílio de micropipeta automática, a alíquota de 25mL do sobrenadante para a determinação de P, K e Na.

Cálcio e Magnésio foram determinados por fotômetro de chama, utilizando solução extratora de Cloreto de potássio (KCl). Pesaram-se 10g de TFSA, em Erlenmeyer de 125 mL; adicionaram-se 100 mL⁻¹ da solução de KCl a 1 mol L⁻¹; agitou-se por 5min em mesa agitadora e foram deixados em repouso por uma noite. Realizou-se a coleta de 50mL⁻¹ do sobrenadante para posteriores análises.

Para a determinação da concentração de Ca e Mg, utilizou-se a solução de lantânio 1g L⁻¹ que tem como função impedir a formação de compostos refratários com o Ca²⁺ e Mg²⁺.

4.7.2 Zinco, cobre, manganês e ferro

Para a determinação de Zn, Cu, Mn e Fe, utilizou-se a solução extratora de Mehlich⁻¹ modifica, em balão volumétrico de 1L, contendo aproximadamente 500 mL de água destilada; adicionaram-se 4,15 mL de ácido clorídrico concentrado e 0,68 mL de ácido sulfúrico concentrado. Homogeneizou-se e completou-se o volume com água destilada. Em tubos do tipo Falcon, pesaram-se 5g de TFSA e adicionaram-se 50mL da solução preparada. Os tubos foram levados para mesa agitadora, onde permaneceram por 5 minutos a 220rpm; logo em seguida, as amostras foram filtradas e encaminhadas para leitura em espectrofotômetro de absorção atômica de chama.

4.7.3 Carbono orgânico (CO)

Determinou-se o CO por meio de metodologia descrita por Walkley e Black (1934), em que ocorre a oxidação da matéria orgânica pela mistura sulfocrômica quando em contato com o dicromato de potássio. Determinou-se o excedente do agente oxidante por meio de titulação com sulfato ferroso a 1N. O CO foi determinado pela equação 4.

$$CO\% = (V1 - V2) * 0,003 * 74,15 * 1/p \quad \text{Eq.4}$$

Em que: V1- volume em mL⁻¹ de dicromato de potássio N, V2- volume em mL⁻¹ de sulfato ferroso N e p- peso da amostra tomada (g).

4.7.4 Matéria Orgânica do Solo (MOS)

Em cadinhos de porcelana submetidos à calcinação, adicionaram-se 5 g de amostra de solo (TFSA). As amostras foram encaminhadas para estufa a 65 °C por 24 horas. Após estufa, encaminharam-se os cadinhos para dessecador até completo resfriamento e, posteriormente, registrou-se a massa do cadinho mais amostra. Transferiram-se as amostras para mufla a 600 °C durante 6h. Após, as amostras foram acondicionadas em dessecador até esfriar completamente e registrou-se a massa.

4.7.5 Condutividade elétrica

Pesaram-se 10g de solo em um copo descartável sendo adicionados 25 mL de água destilada. Em seguida, as amostras foram agitadas por 30 minutos e permaneceram em repouso por 30 minutos. Posteriormente, determinou-se a condutividade por meio de eletrodo de equipamento de bancada.

4.8 Produtividade estimada

Estimou-se a produtividade do milho com auxílio das equações 5 e 6:

$$\text{Peso médio de grãos g Kg*população de plantas por ha}^{-1} \quad \text{Eq.5}$$

$$\text{Peso umidade corrigida* peso de campo* [(100-Uc)/(100-Ud)] \quad \text{Eq.6}$$

Em que: Uc - umidade de campo, Ud - umidade desejada

4.9 Análise da taxa de transporte de elétrons (ETR)

Realizou-se a estimativa da taxa de transporte de elétrons (ETR) por meio de leituras de unidades clorofilômetro portátil da marca OPTI-SCIENCES, em que as folhas foram posicionadas no sensor sob luz e, após 20 minutos de escuro, analisadas novamente. Utilizou-se uma leitura por folha, realizada na parte mediana do limbo, como se observa na Figura 5.

Determinou-se a ETR por meio da Equação 7 desenvolvida por Schreiber (2004).

$$\text{ETR} = Y * 55 * 0,84 * 0,5 \quad \text{Eq.7}$$

Em que: Y- valor obtido durante a coleta de dados, 55 - valor fixo da fórmula, 0,84 - absorvância média da folha, 0,5 - relação PSII/PSI.



Figura 5 - Coleta de dados ETR

4.10 Análise de clorofila, antocianina, flavonoides e índice de equilíbrio de nitrogênio (NBI)

Utilizou-se o equipamento Chlorophyll Fluorometer OPTI-SCIENCES, como é possível observar na Figura 6. Para a coleta de dados de antocianina, flavonoide, clorofila e NBI, foi utilizado o equipamento por meio de fontes de luz de banda estreita controladas independentemente, visto que fornece leituras precisas e repetíveis. Realizou-se uma leitura por folha na parte mediana do limbo do último par de folha totalmente aberta.



Figura 6 - Coleta de de dados de antocianina, flavonoide, clorofila e Nbi.

Os dados obtidos para clorofila, antocianina e flavonoides serão expressos em mg/m², ETR expresso em $\mu\text{Mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e NBI não possui unidade de medida.

4.11 Análises microbiológicas do solo

4.11.1 Carbono da biomassa microbiana

Determinou-se o carbono (CBMS) da biomassa microbiana do solo, segundo metodologia da fumigação-extração, estabelecida por VANCE *et al.* (1987), que consistiu em fumigar a amostra de solo com clorofórmio isento de álcool, seguindo-se a extração com solução de sulfato de potássio e determinação dos teores de C no extrato obtido. Para cada amostra, preparou-se um branco, em que o solo não foi fumigado com clorofórmio. O fator para conversão de C para biomassa microbiana foi de 0,30 (Feigl *et al.*, 1995). O Carbono da biomassa microbiana é expresso em $\text{mg C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Silva *et al.*, 2007).

4.11.2 Determinação da respiração basal do solo

Realizou-se a respiração basal do solo (RBS) por meio da quantificação de CO₂ liberado após 48 h de incubação em condições aeróbias, conforme descrito em ALEF (1995). O método consiste em incubar a amostra de solo em recipiente hermético na presença de solução padronizada de NaOH, seguindo-se a dosagem do excesso de base com solução padronizada de HCl. As determinações foram realizadas em triplicata e, para cada amostra de solo, preparou-se um branco, cuja incubação foi conduzida na ausência de solo (Stotzky, 1965). A respiração basal do solo é expressa em $\mu\text{g CO}_2/\text{g}$ de solo seco/dia.

4.11.3 Quociente metabólico

Calculou-se o quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) por meio da relação entre a respiração basal do solo, expressa em $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, e o C da biomassa microbiana, expresso em $\text{mg C g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Silva *et al.*, 2007). O $q\text{CO}_2$ é expresso em $\mu\text{g CO}_2/\mu\text{g C-BM}/\text{h}$.

4.11.4 Análise de biomassa de fungos

Estabeleceu-se a biomassa de fungos do solo conforme Bloem *et al.* (1995) e Bloem & Vos (2004). Determinou-se a umidade do solo em uma subamostra de 10 g de solo. Preparou-se outra subamostra de 6 g de solo úmido em 190 mL de água destilada e agitada em liquidificador, em velocidade máxima, por 1 min. Transferiu-se uma alíquota de 9 mL dessa suspensão para um tubo de centrífuga de 15 mL, homogêneas gentilmente com 1 mL da solução de formol-aldeído a 37% por 10 s e deixadas em repouso por 2 min. Após o período de repouso, coletou-se uma alíquota de 10 µL da suspensão e distribuiu-se uniformemente sobre uma lâmina microscópica (9 mm de diâmetro; ou 64 mm²), previamente desinfestada e, então, incubada a 50 °C por 2 h para secagem. A desinfestação das lâminas consistiu em lavagem com detergente líquido e etanol 96%, utilizando-se algodão ou papel absorvente.

Após a secagem, acomodaram-se as lâminas sobre toalhas de papel umedecidas. Aplicou-se, sobre cada lâmina, 40 µL da solução recém-preparada de 'fluorescent brightener 28' (Sigma F3397: componentes C40, H42, N12, O10, S2 e Na₂; 1 mg mL⁻¹ de etanol 50%). Acondicionaram-se as lâminas coradas sob temperatura ambiente, em sala escura, por 2 h. Depois desse período de incubação, as lâminas coradas foram mergulhadas em água destilada 3 vezes por 20 min para retirar o excesso de corante e, então, foram secadas no escuro sob temperatura ambiente. Em seguida, as lâminas receberam uma gota de óleo de imersão e foram cobertas com uma lamínula. As lâminas prontas podem ser armazenadas em geladeira (4-6 °C) por aproximadamente 6 meses.

Estimou-se o comprimento das hifas por microscopia de epifluorescência em 400x de magnificação. A observação ocorreu pelo método da grade de intersecção, selecionando aleatoriamente 100 campos e contando-se a presença ou ausência de hifas. Calculou-se o comprimento total das hifas (m g⁻¹ de matéria seca da amostra) e a biomassa de fungos, conforme descrito por Bloem *et al.* (1995) e Bloem & Vos (2004).

4.11.5 Análise da biomassa de bactérias

Determinou-se a biomassa de bactérias do solo conforme Bloem *et al.* (1995) e Bloem & Vos (2004). Realizou-se a umidade do solo em uma subamostra de 10 g de solo (se a umidade já foi realizada para os fungos, não precisa realizar para bactérias). Suspendeu-se outra subamostra de 6 g de solo úmido em 190 mL de água destilada e agitada em liquidificador em velocidade máxima, por 1 min. Uma alíquota de 9 mL dessa

suspensão foi transferida para um tubo de centrífuga de 15 mL, homogeneizadas gentilmente com 1 mL da solução de formol-aldeído a 37% por 10 s e deixadas em repouso por 2 min. Após o período de repouso, uma alíquota de 10 µL da suspensão foi distribuída uniformemente sobre uma lâmina microscópica (9 mm de diâmetro; ou 64 mm²), previamente desinfestada; então, incubada a 50 °C por 2 h para secagem. A desinfestação das lâminas foi constituída da lavagem com detergente líquido e etanol 96%, utilizando-se algodão ou papel absorvente.

Colocaram-se as lâminas após secagem sobre toalhas de papel umedecidas. Sobre cada lâmina, gotejaram-se 50 µL da solução 'fluorescent protein dye 5-(4,6-dichlorotriazin-2-yl) aminofluorescein ou DTAF (solução: 2 mg de DTAF dissolvidos em 10 ml solução tampão [solução tampão: 0,05 M Na₂HPO₄ (7,8 g L⁻¹) e 0,85% NaCl (8,5 g L⁻¹), ajustado para pH 9]). Acondicionaram-se as lâminas coradas sob temperatura ambiente, em sala escura, por 2 h. Após o período de incubação, mergulharam-se as lâminas coradas em solução tampão, 3 vezes, por 20 min, para a retirada do excesso de corante; em seguida, foram secadas no escuro sob temperatura ambiente. Depois, aplicou-se sobre as lâminas uma gota de óleo de imersão, as quais foram cobertas com uma lamínula.

Estimou-se o biovolume de bactérias nas lâminas por microscopia de epifluorescência em 1000x de magnificação, selecionando aleatoriamente 10 campos e contando-se a presença de bactérias. Calculou-se a biomassa de bactérias, conforme equações descritas por Bloem *et al.* (1995) e Bloem & Vos (2004). Os dados obtidos para biomassa de baterias são expressos em mg/g de solo.

4.12 Delineamento Experimental e Análise estatística

O delineamento experimental adotado foi em blocos inteiramente casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Foi realizada uma análise exploratória multivariada, determinando a análise de componentes principais (PCA), que permitiu a avaliação conjunta das análises biológicas avaliadas no solo obtido nos 6 tratamentos. O resultado da análise foi apresentado em forma de gráfico (Biplot), ajudando a caracterizar os grupos de variáveis analisadas (Moita Neto e Moita 1998). Para cada tratamento, os resultados de cada análise biológica foram transformados em variáveis latentes ortogonais chamadas componente principal, que são combinações lineares das variáveis originais criadas com os autovalores dos dados matriz de covariância (Hair *et al.*, 2009). O critério de

Kaiser foi utilizado para escolher os principais componentes. Um autovalor preserva informações relevantes quando é maior que a unidade. A análise foi realizada usando o software Statistic 13.3 (Stat Soft INC 2001).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Produtividade estimada

A produtividade média estimada de milho (kg ha^{-1}), em relação às diferentes fontes de adubação, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores médios da produtividade de milho.

Produtividade estimada em kg ha^{-1}	
T ₁	8304 ^{ab} ± 492,6
T ₂	7880 ^{ab} ± 500,8
T ₃	8492 ^{ab} ± 994,8
T ₄	8352 ^{ab} ± 746,8
T ₅	9417 ^a ± 890,1
T ₆	6484 ^b ± 468,5
C.V%	12,5

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.
T₁ adubação mineral, T₂ organomineral P, T₃ organomineral⁺ K, T₄ biofertilizante N, T₅ biofertilizante⁺ P, T₆ organomineral + biofertilizante.

Os resultados apresentados na Tabela 3 demonstram que houve diferença estatística significativa entre o T₅ e o T₆, ou seja, o uso exclusivo de biofertilizante, com excesso de N e K, e o uso de adubação mista, com adubo organomineral na semeadura e biofertilizante em cobertura. Embora estatisticamente iguais, o T₅ proporcionou incremento de 13,4% na produtividade em comparação ao uso exclusivo de adubação mineral (T₁), o que significa 18,55 sacas a mais por hectare.

A caracterização do biofertilizante envolve os macronutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta, em que o mais abundante deles é o nitrogênio amoniacal (NH_4^+); ainda, apresenta quantidades consideráveis de K, Ca, P e Mg (Mendonça *et al.*, 2016), além da presença em menores concentrações dos micronutrientes Cu, Mn, Zn e Fe.

A combinação do adubo organomineral e biofertilizante aplicados em T₆ não foi suficiente para promover ganho na produtividade; na contramão desse resultado, a adubação exclusiva com biofertilizante realizada em T₅, com o objetivo de suprir totalmente a necessidade de P, gerou excesso dos demais nutrientes, que foram disponibilizados de maneira constante e gradativa para a cultura, apresentando reflexo positivo na produtividade do milho.

5.2 Diagnose foliar

5.2.1 Diagnose foliar macronutrientes primários e secundários.

Na Tabela 4, observa-se que os níveis de N encontrados em T₅, T₂, T₁ e T₄ estão dentro da faixa considerada adequada. Em T₅, mesmo havendo excesso de N, não houve efeito de toxicidade na cultura do milho.

Tabela 4 - Concentração média de nutrientes determinados na folha nos diferentes tratamentos.

	N	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹				
T ₁	28,3 ^{abc} ± 2,9	1,70 ± 0,4	33,2 ^a ± 3,3	3,2 ± 0,3	12,6 ± 0,4
T ₂	31,3 ^{ab} ± 4,5	1,82 ± 0,7	26,7 ^{ab} ± 3	3,2 ± 0,3	11,2 ± 0,6
T ₃	22,1 ^c ± 2,7	1,86 ± 0,1	19,0 ^c ± 2,6	3,2 ± 0,5	11,4 ± 1,1
T ₄	28,3 ^{abc} ± 3,6	1,58 ± 0,4	23,7 ^{bc} ± 2,6	3,4 ± 0,3	12,8 ± 0,9
T ₅	32,4 ^a ± 1,2	1,75 ± 0,3	23,8 ^{bc} ± 1,3	3,9 ± 0,5	11,9 ± 0,6
T ₆	24,5 ^{bc} ± 2,1	1,61 ± 0,3	25,2 ^{bc} ± 2,8	3,0 ± 0,3	13,0 ± 1,5
C.V %	12,0	12,1	12,3	10,7	8,6

Teores de referência para N, P, K, Ca e Mg para a cultura do milho (g kg⁻¹): 27,5- 35,0; 1,9- 4,0; 17,0- 35,0; 2,3-8,0; 1,5-5,0. SBCS-NEPAR (2017)

Os tratamentos T₃ e T₆ não supriram a demanda de N exigida pela planta. Em T₃, a dose foi baseada no nutriente que se encontrava em menor concentração no adubo organomineral, ou seja, o K, causando excesso de N e P. O baixo teor de N foliar nesse tratamento pode sugerir insuficiência de N devido a dois efeitos: a perda por volatilização de amônia ou, apesar de ter havido excesso de N, esse se encontra principalmente em sua forma orgânica, havendo necessidade de mineralização pela microbiota, ou, ainda, a combinação dos dois. Gonzatto *et al.* (2013), ao avaliarem as perdas de nitrogênio (N) pelas emissões gasosas de amônia (NH₃) e óxido nitroso (N₂O), após a aplicação de dejetos líquidos de suínos no solo, constataram que, aproximadamente 80% das perdas de N, por volatilização de NH₃, ocorreram nas primeiras 22 horas após a aplicação dos dejetos.

Em T₆, embora o valor não tenha sido estatisticamente diferente de T₁, T₂ e T₄, a concentração de N ficou abaixo do valor de referência. Em T₆, a quantidade de N foi baseada no adubo organomineral na semeadura e no biofertilizante em cobertura, sem excessos. Considerando que, no adubo organomineral, pode ter havido perda de N por volatilização de amônia e necessidade de mineralização do N orgânico pela microbiota, pode ter ocorrido insuficiência de N para a planta, a qual não foi totalmente suprida pelo biofertilizante usado em cobertura. Costa *et al.* (2016) observaram que aproximadamente 60% do N no biofertilizante está fora de NH₄, e, portanto, disponível para as plantas.

Em T₂, o fornecimento de N na semeadura também foi proveniente do adubo organomineral. Entretanto, na cobertura, houve complementação com ureia para atingir a demanda da planta.

O teor de P ficou abaixo do esperado em todos os tratamentos; esse resultado se deve à alta capacidade de fixação do fósforo no solo por meio de mecanismos de adsorção e precipitação, reduzindo, então, sua disponibilidade para as plantas (Coelho, 2006).

Os valores do K observados são considerados adequados em todos os tratamentos, reforçando que o uso de fontes de adubação orgânica é capaz de fornecer a quantidade total ou parcial do K quando comparada com a adubação mineral.

Mesmo assim, o T₃, cuja dose foi calculada com base no nutriente que se encontrava em menor concentração no adubo organomineral, ou seja, o K, apresentou o menor valor ($p < 0,05$). Esse resultado sugere que o K fornecido via adubo organomineral não estava totalmente disponível para as plantas. Essa afirmação se baseia no fato de que, provavelmente, a principal fonte de K nesse adubo seja a contribuição do pó de rocha utilizado em sua mistura (15%), uma vez que o K contido nas dejeções de suínos e galinhas poedeiras ficou solúvel na fração líquida, que foi destinada ao biodigestor. Nesse sentido, Coelho (2005) menciona vários testes realizados para avaliar o potencial agronômico de diversas rochas e minerais como fonte de K para a cultura do milho. O autor concluiu que, quando comparadas a uma fonte solúvel (KCl), todas apresentaram baixa eficiência agronômica.

5.2.2 Micronutrientes nas folhas

A análise de solo revelou altos teores Cu, Zn e Mn (Tabela 2), que, associados à adubação, resultaram em quantidades acima dos valores de referência para os nutrientes Cu e Mn, e ideais para o Fe e Zn (Tabela 5). No entanto, não foram observados sintomas de toxicidade durante o experimento.

Tabela 5 - Micronutrientes presentes nas folhas

	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg ⁻¹ -----			
T ₁	84,6 ^a ± 0	191,1 ^a ± 0	1402,3 ± 167,7	91,2 ± 0
T ₂	73,7 ^{ab} ± 0	196,9 ^a ± 0	1470,9 ± 254,4	82,9 ± 0
T ₃	61,3 ^{bc} ± 0	205,8 ^a ± 0	1421,5 ± 207,3	84,8 ± 0
T ₄	64,0 ^{bc} ± 0	228,4 ^a ± 0	1536,9 ± 187,3	81,1 ± 0
T ₅	59,0 ^c ± 0	209,2 ^a ± 0	1507 ± 173,4	85,7 ± 0
T ₆	31,9 ^d ± 0	112,1 ^b ± 0	1398,7 ± 263,1	94,2 ± 0
C.V%	9,8	13,8	16,9	12,3

Teores de referência de Cu, Fe, Mn e Zn para a cultura do milho (mg⁻¹): 6-20; 30- 250; 20-200; 15-100 – SBCS-NEPAR (2017).

T₁ adubação mineral, T₂ organomineral P, T₃ organomineral+ K, T₄ biofertilizante N, T₅ biofertilizante+ P, T₆ organomineral + biofertilizante.

5.3 Parâmetros fitométricos

Os parâmetros fitométricos, avaliados no estágio vegetativo V7, são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Parâmetros fitométricos avaliados em V7

	Altura planta (cm)	Área foliar (cm ²)	Massa seca raiz (g)	Diâmetro do colmo (mm)
T ₁	105,3 ± 3,5	506,1 ± 21,7	39,3 ± 9,6	21,5 ^{ab} ± 1,4
T ₂	104,3 ± 4,7	417,1 ± 57	41,7 ± 9,3	19,4 ^b ± 0,7
T ₃	109,6 ± 6,1	539,8 ± 70,3	36,9 ± 7,3	23,8 ^a ± 2,1
T ₄	100,6 ± 8,5	480,8 ± 71,1	49,5 ± 12,2	22,8 ^{ab} ± 1,7
T ₅	105,3 ± 3,5	475,5 ± 24,2	40,5 ± 5,7	21,2 ^{ab} ± 1,2
T ₆	101,3 ± 1,3	428,7 ± 24,6	39,9 ± 9,8	20,0 ^{ab} ± 1,3
CV%	5,6	12,1	24,4	7,8

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para os parâmetros: altura de planta, área foliar e massa seca de raiz, avaliados aos 47 dias após semeadura. Houve diferença estatística para diâmetro do colmo entre os tratamentos T₂ e T₃. A dose de adubo organomineral, baseada no nutriente em menor concentração (K), com excesso de N e P, promoveu incremento de 19,4% no diâmetro do colmo referente à dosagem de T₂, baseada na necessidade total de P com complementação de N e K via fertilizante mineral. A diferença entre os dois tratamentos, portanto, está no excesso de N e P recebido pelo T₃, mesmo tendo origem orgânica.

5.3.1 Carboidratos solúveis totais e proteínas

O N é um nutriente essencial para o crescimento e o desenvolvimento das plantas. É um constituinte fundamental de todas as proteínas e imprescindível para que as plantas possam fazer o uso de carboidratos (Brady e Weil, 2013). Os resultados para carboidratos e proteínas estão expressos na Tabela 7.

Tabela 7- Proteínas e açúcares.

	Proteínas g kg ⁻¹	Carboidratos solúveis totais g L ⁻¹
T ₁	176,9 ^{ab} ± 18	11,3 ^{ab} ± 1,6
T ₂	188,5 ^a ± 29	10,5 ^{ab} ± 1,3
T ₃	137,8 ^c ± 16,8	10,5 ^{ab} ± 0,8
T ₄	179,9 ^{ab} ± 22,6	12,6 ^a ± 0,8
T ₅	202,6 ^a ± 7,6	11,7 ^{ab} ± 0,8
T ₆	153,3 ^b ± 13,3	9,1 ^b ± 0,7
CV%	11,8	11,1

Os teores de N e proteínas são diretamente proporcionais, ou seja, quanto maior for a absorção do nutriente, maior será a produção de proteínas na planta. Na ausência de N, o principal processo bioquímico que sofre mudanças é a síntese proteica. Ao comparar os resultados da Tabela 4, observa-se que T₃ e T₆ foram os tratamentos que apresentam as menores concentrações de nitrogênio refletindo na produção de proteínas, observadas na Tabela 7.

Em estudo sobre a avaliação bioquímica de plantas de milho pulverizadas com ureia isolada e em associação com aminoácidos, Lima *et al.* (2009) observaram que os tratamentos com diferentes fontes de nitrogênio apresentaram aumento no teor de proteína na parte aérea e raízes, quando comparados ao controle.

O Mn é o micronutriente ativador de várias enzimas envolvidas na fotossíntese, tanto nas plantas C3 quanto C4 (Malavolta, 2006). A fotossíntese apresenta, como produto, os carboidratos (sacarose e glicose) e o gás oxigênio (O₂).

Parte do açúcar formado é utilizado no processo de respiração, fornecendo energia para o crescimento da planta; o restante é armazenado nos órgãos de reserva; no caso dos grãos, esse açúcar é armazenado na forma de amido.

5.4 Taxa de transferência de elétrons (ETR) e clorofila

Na primeira coleta, houve diferença significativa observada apenas em T₂, que apresentou maior taxa de transporte de elétrons em comparação aos demais tratamentos, observados na Tabela 8. Baixos valores de ETR foram observados por Feng *et al.* (2021), após a restrição na quantidade de luz nas folhas do milho. Na segunda coleta, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos em relação à ETR. Isso indica que, ao longo do tempo, o sombreamento na casa de vegetação influenciou a coleta de dados para o parâmetro da ETR. Portanto, no decorrer do tempo, a média superior obtida na primeira coleta em T₂ se assemelhou aos demais tratamentos e as diferenças entre os tratamentos tornaram-se menos pronunciadas.

Tabela 8. Índices de ETR e teores de clorofila

	ETR $\mu\text{Mol}^{-2} \text{s}^{-1}$		Clorofila mg/m^2	
	1° coleta	2° coleta	1° coleta	2° coleta
T1	14,4 ^b ± 6,7	13,6 ± 2,2	19,9 ^{ab} ± 1,9	24,5 ^a ± 3,8
T2	55,9 ^a ± 5,3	16,0 ± 0,4	23,0 ^a ± 1,4	22,8 ^a ± 3,1
T3	12,9 ^b ± 1,8	15,8 ± 4,6	17,9 ^b ± 2,7	24,3 ^a ± 3,7
T4	13,7 ^b ± 1,9	15,3 ± 2,8	19,9 ^{ab} ± 1,5	18,8 ^{ab} ± 9,2
T5	14,4 ^b ± 0,9	14,6 ± 4,0	19,8 ^{ab} ± 3,8	12,1 ^b ± 10
T6	14,2 ^b ± 0,5	16,0 ± 0,3	22,4 ^a ± 3,9	22,3 ^a ± 6,3
CV %	13,5	9,5	7,8	20,1

De acordo com Argenta (2001), os níveis adequados de clorofila na cultura do milho em V3 e V4, V6 e V7 são de 45,4 e 52,1, respectivamente. Em nenhum dos tratamentos, foram observados níveis adequados de clorofila na primeira e segunda coleta. Ainda, de acordo com o autor, esse resultado está relacionado às doses de N que não foram suficientes para suprir as necessidades das plantas até esses estádios.

Teores mais baixos de clorofila podem ser explicados pela influência de estresse ou condições fisiológicas, como: baixa temperatura, início da senescência, condições de luz, deficiência hídrica e ataque de patógenos (Goulas *et al.*, 2004; Agati *et al.*, 2011 e 2013; Cerovic *et al.*, 2015).

5.5 Índice de equilíbrio de nitrogênio (Nbi), antocianina e flavonoides

Não houve diferença estatística entre os tratamentos e época de coleta. Isso sugere que, pelo menos nos intervalos de tempo e condições do experimento, os tratamentos não tiveram um impacto estatisticamente significativo na produção de antocianina, flavonoide e índice de equilíbrio de N, observados na Tabela 9.

Tabela 9 - Teores de antocianina e flavonoides e índice de equilíbrio de nitrogênio.

	Antocianina		Flavonoides		Nbi	
	mg/m ²					
	1° coleta	2° coleta	1° coleta	2° coleta	1° coleta	2° coleta
T1	0,1 ±0	0,2 ±0	0,5 ±0	0,7 ±0,1	42,2 ± 8,5	33,7 ± 3
T2	0,1 ±0	0,2 ±0	0,6 ±0	0,8 ±0,2	37,5 ± 1,4	28,6 ± 5
T3	0,1 ±0	0,2 ±0	0,5 ±0	0,9 ±0,1	35,6 ± 2,1	25,4 ± 3,5
T4	0,1 ±0	0,2 ±0	0,5 ±0	0,7 ±0,1	38,9 ± 4,6	29,1 ± 7,2
T5	0,1 ±0	0,2 ±0	0,6 ±0	0,7 ±0	34,2 ± 4,8	27,8 ± 13,2
T6	0,1 ±0	0,2 ±0	0,7 ±0	0,7 ±0,1	37,4 ± 7,8	28,9 ± 5,8
CV %	7,2	14,2	21,6	18,0	22,6	28,6

Os flavonoides estão inclusos na classe dos compostos fenólicos, logo, são afetados pela disponibilidade de nutrientes solo. Um solo pobre em nutrientes essenciais, para o desenvolvimento da planta, apresenta altos valores de flavonoides (Gobbo Neto e Lopes, 2007). As diferentes estratégias de adubação não causaram a potencialização de flavonoides. Knaul (2020), após avaliar a influência de diferentes fontes de adubação na cultura do milho, observou que, tanto a adubação organomineral quanto a mineral, viabilizaram possíveis efeitos positivos nos flavonoides, após análises fitoquímicas, pois apresentaram menores teores.

As antocianinas são os corantes naturais que expressam coloração roxa e avermelhada, na cultura do milho. Essa coloração está ligada principalmente à deficiência nutricional do macro elemento fósforo. Os teores de fósforo fornecidos pelas diferentes fontes de adubação não proporcionaram elevação nos teores na produção de antocianina.

Os níveis de Nbi são influenciados linearmente pela dose de N e apresentam tendência crescente com aplicação de N de 0 a 240 kg N ha⁻¹ e aumentam conforme o crescimento do milho (Agati *et al.*, 2012, Dong *et al.*, 2021).

Houve diminuição do Nbi, entre a primeira e a segunda coleta; a diminuição nesse parâmetro pode estar relacionada com a idade da planta, absorção de N, acúmulo e distribuição do nutriente dentro da planta, bem como o seu desenvolvimento (Fontes, 2001).

5.6 Fertilidade do solo

As quantidades de P e Mg, expressas na Tabela 10, mostram que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. Isso significa que, independentemente da fonte de adubação utilizada, houve o incremento de P no solo; o teor de Mg manteve-se próximo ao valor obtido no início do experimento.

Tabela 10 - Teores de macronutrientes primários e secundários e pH presentes no solo ao final do experimento.

	P	K mg/dm ³	S	Ca cmol _c kg ⁻¹	Mg	pH CaCl ₂
T1	22,2 ± 2,9	124,6 ^b ± 28,1	4,1 ^b ± 0,5	55,4 ^b ± 0,7	3,4 ± 0	6,4 ^b ± 0
T2	21,9 ± 2,8	113,3 ^b ± 13,8	3,1 ^{bc} ± 0,4	56,1 ^{ab} ± 0,7	3,4 ± 0,1	6,6 ^a ± 0,2
T3	21,3 ± 2	206,0 ^a ± 16,2	10,4 ^a ± 1,2	57,7 ^{ab} ± 1,7	3,6 ± 0,4	6,5 ^{ab} ± 0
T4	21,2 ± 3,9	185,6 ^a ± 65,6	2,9 ^{bc} ± 0,3	57,3 ^{ab} ± 0,5	3,1 ± 0	6,4 ^b ± 0
T5	20,2 ± 1,6	224,6 ^a ± 39,6	2,5 ^c ± 0,1	57,0 ^{ab} ± 1	3,1 ± 0,5	6,4 ^b ± 0
T6	19,5 ± 1,2	136,6 ^b ± 18,8	3,0 ^{bc} ± 0,5	58,2 ^a ± 1,2	3,3 ± 0	6,5 ^{ab} ± 0
CV%	13,1	18,9	16,2	2,2	9,0	1,6

Valor referência extraídos da análise de solo: P 13,9, K 425,1, S 6,2, Ca 9,1, Mg 3,5, pH em CaCl₂ 5,3.

A faixa de pH ideal em CaCl₂ é de 5,4 a 6,4, pois favorece a disponibilidade dos nutrientes, é ideal para a grande maioria das culturas e inibe a presença de Al³⁺ (Prezoti e Guarçoni, 2013).

As diferentes fontes de adubação favoreceram a elevação do pH quando comparadas ao valor referência no início do experimento. Mesmo com o aumento nos teores de pH, em todos os tratamentos, não houve influência negativa na absorção dos nutrientes disponíveis no solo.

Houve diminuição do K referente à quantidade inicial do macronutriente. De acordo com Coelho (2006), o nitrogênio e potássio são os nutrientes mais requeridos pela cultura do milho, seguido do cálcio, magnésio e fósforo. Ainda, de acordo com o autor, no milho, os nutrientes possuem diferentes taxas de translocação entre os tecidos (grãos, folhas e colmo), bem como os teores de absorção do potássio destinados aos grãos variam de 26 a 43%.

O enxofre apresentou teor inferior ao obtido no início do experimento, com exceção do T₃. Silva *et al.* (2015) observaram, em seu experimento, que o adubo proveniente de dejetos suínos não forneceu enxofre, pois esse elemento está pouco presente no resíduo.

A redução dos níveis de enxofre em T₁, T₂, T₄, T₅ e T₆ pode estar associada com a distribuição do nutriente na planta. De acordo com Coelho (2006), 60% do S absorvido é distribuído para grãos, folhas e colmo. O teor elevado em T₃ está relacionado à estratégia adotada, pois recebeu uma superdose de K e, conseqüentemente, maior quantidade de S comparado aos demais tratamentos.

5.6.1 Micronutrientes presentes no solo ao final do experimento

A Tabela 11 apresenta os resultados para os micronutrientes Cu, Fe, Zn, Mn e B. Houve redução nos tores Cu, Fe e Mn, após análise de solo, ao final do experimento. A combinação de adubação em T₆ proporcionou quantidade adequada do micronutriente Zn com a maior média entre os tratamentos juntamente com T₁. Para B, o teor encontrado foi 20% superior quando comparado ao percebido na análise inicial.

Tabela 11 - Micronutrientes avaliados ao final do experimento

	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	mg/dm ³				
T1	0,7 ^b ±0,2	4,5 ^{ab} ± 1,3	2,2 ^a ±1,1	0,5 ^a ±0,3	0,6 ±0,2
T2	0,5 ^b ±0	3,7 ^{ab} ±0,4	0,8 ^b ±0,3	0,3 ^{ab} ±0,1	0,5 ±0,2
T3	0,9 ^a ±0	2,7 ^b ±0,4	0,5 ^b ±0,3	0,3 ^{ab} ±0,1	0,5 ±0,04
T4	0,9 ^a ±0	5,2 ^a ±0,9	0,3 ^b ±0,2	0,2 ^{ab} ±0	0,6 ±0,1
T5	0,2 ^c ±0	3,8 ^{ab} ±0,5	0,6 ^b ±0,4	0,2 ^{ab} ±0,1	0,5 ±0,07
T6	0,1 ^c ±0	4,0 ^{ab} ±1,7	2,9 ^a ±1,5	0,1 ^b ±0	0,5 ±0,2
C.V %	14,6	26	31,3	33,6	14,5
Valor referência extraído da análise de solo: Cu 3.2, Fe 11.8, Zn 2.2, Mn 30.8, B 0.4					

5.6.2 Condutividade elétrica, carbono orgânico total e matéria orgânica

Os resultados obtidos após análise de caracterização para condutividade elétrica (CE), carbono orgânico (CO) e matéria orgânica (MO), estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Caracterização físico-química do solo.

	Condutividade elétrica $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	Carbono orgânico (g/kg ⁻¹)	Matéria orgânica (g/kg ⁻¹)
T ₁	56,2 ^b ±8,9	12,6 ^b ±1,1	21,7 ^b ±1,9
T ₂	62,2 ^b ±17,4	13,9 ^{ab} ±1,5	24,0 ^{ab} ±2,6
T ₃	190,0 ^a ±43,3	12,3 ^b ±2,2	21,1 ^b ±3,9
T ₄	73,0 ^b ±24,2	13,5 ^b ±3,6	23,2 ^b ±6,3
T ₅	68,2 ^b ±7,4	13,6 ^{ab} ±3,3	23,4 ^{ab} ±5,6
T ₆	57,0 ^b ±6,5	17,7 ^a ±3,2	30,6 ^a ±5,5
C.V%	28,0	20,4	20,4
Valor referência extraído da análise de solo: Carbono orgânico 22,3; Matéria orgânica 38,3.			

A condutividade elétrica está diretamente ligada com a concentração de sais minerais presentes no solo, por exemplo, o Na^+ , Ca_2^+ , Mg_2^+ e K^+ . Em T_3 , a adubação baseou-se em suprir totalmente a necessidade de K no milho; o adubo organomineral apresenta degradação lenta, otimizando a eficiência agronômica dos minerais; isso explica a média 33% superior aos demais tratamentos.

Um solo, para ser considerado salino, deve apresentar condutividade elétrica maior que $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Richards, 1969). Todos os tratamentos avaliados apresentaram teores abaixo de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, o que implica a caracterização dos solos normais; o uso em excesso de biofertilizante e organomineral não causou a salinização do solo.

Os níveis de MOS e CO foram menores ao final do experimento em relação aos teores iniciais; a adição de matéria orgânica ocorre principalmente pela deposição de material vegetal no solo. Quando incorporada ao solo, representa papel importante nas propriedades químicas, físicas e biológicas, além de fornecer nutrientes e promover a troca catiônica, auxiliando a permeabilidade e retenção de água; isso reduz o nível de compactação atuando como agente cimentante, que agrega partículas do solo (Silva *et al.*, 2019).

Os estoques de MOS são controlados pelo balanço entre as entradas, acima e abaixo do solo, e as saídas, por meio da mineralização (Leite, 2004), assim como na MOS grande parte do carbono orgânico encontrado no solo é proveniente de resíduos de plantas (Pulrolnik, 2009). Por se tratar de um experimento de curta duração, a taxa de entrada de resíduos incorporados não foi o suficiente para contribuir com o incremento de MOS e CO.

5.7 Enzimas do solo

A Tabela 13 apresenta os valores médios obtidos para a urease, fosfatase ácida e arilsulfatase, aos 62 dias após adubação de cobertura.

Tabela 13 - Atividade enzimática do solo

	Urease ($\text{NH}_4 \text{ mg/kg}^{-1}$)	Fosfatase ácida ($\mu\text{g}/\text{pnp}/\text{g.h}$)	Fosfatase alcalina ($\mu\text{g}/\text{pnp}/\text{g.h}$)	Arilsulfatase ($\mu\text{g}/\text{pnp}/\text{g.h}$)
T_1	$179,0^b \pm 18,3$	$41,4^c \pm 17,8$	$47,2^c \pm 15,9$	$5,0^b \pm 1,0$
T_2	$178,5^b \pm 13,1$	$87,4^{bc} \pm 21,2$	$81,9^{bc} \pm 10,4$	$3,9^b \pm 0,5$
T_3	$222,3^a \pm 30,9$	$162,4^a \pm 10,3$	$153,0^a \pm 31,6$	$4,7^b \pm 0,7$
T_4	$178,5^b \pm 9,3$	$95,8^{bc} \pm 11,4$	$104,7^b \pm 6,5$	$6,0^b \pm 1,3$
T_5	$208,3^{ab} \pm 29,6$	$73,3^c \pm 15$	$78,2^{bc} \pm 9,1$	$4,5^b \pm 0,4$
T_6	$229,3^a \pm 35,8$	$135,3^{ab} \pm 41,2$	$108,9^b \pm 11,9$	$7,3^a \pm 0,7$
CV %	13,3	25,7	19,9	19,6

Atividade ótima da urease é em pH 8,5 a 9,0 (Tabatabai & Bremner, 1972).

Os valores de urease foram maiores nos tratamentos em que não houve a adição de ureia para a complementação da adubação em T₆, T₃ e T₅. Nannipieri *et al.* (1983) também observaram aumento na atividade da urease em solos adubados com resíduos orgânicos. Quando a atividade da urease é alta no solo, significa que há uma formação rápida de amônia; quando não absorvida por um complexo coloidal do solo, pode ser volatilizada (Melo *et al.*, 2012).

O uso do biofertilizante e do adubo organomineral estimulou a atividade enzimática da fosfatase ácida e alcalina. Esse resultado fica evidenciado em T₃, em que a adubação foi realizada somente com adubo organomineral e T₆, cuja adubação foi realizada pela combinação do biofertilizante + adubo organomineral. A atividade da arilsulfatase também foi influenciada pela combinação de biofertilizante e adubo organomineral aplicados em T₆.

Os resultados por Qi *et al.* (2016), obtidos após adubação orgânica e adubação orgânica + mineral, quando comparados à adubação mineral a longo prazo, apontaram um efeito positivo na potencialização de sete enzimas avaliadas, dentre elas, a fosfatase, assim como foi observado no presente estudo. Essas informações comprovam o efeito positivo do uso exclusivo da adubação orgânica ou em combinação com a adubação mineral.

5.8 Microbiologia do solo

Os dados obtidos após análise do carbono da biomassa microbiana (CBMS), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico (qCO_2), biomassa de fungos e bactérias estão representados na Figura 7.

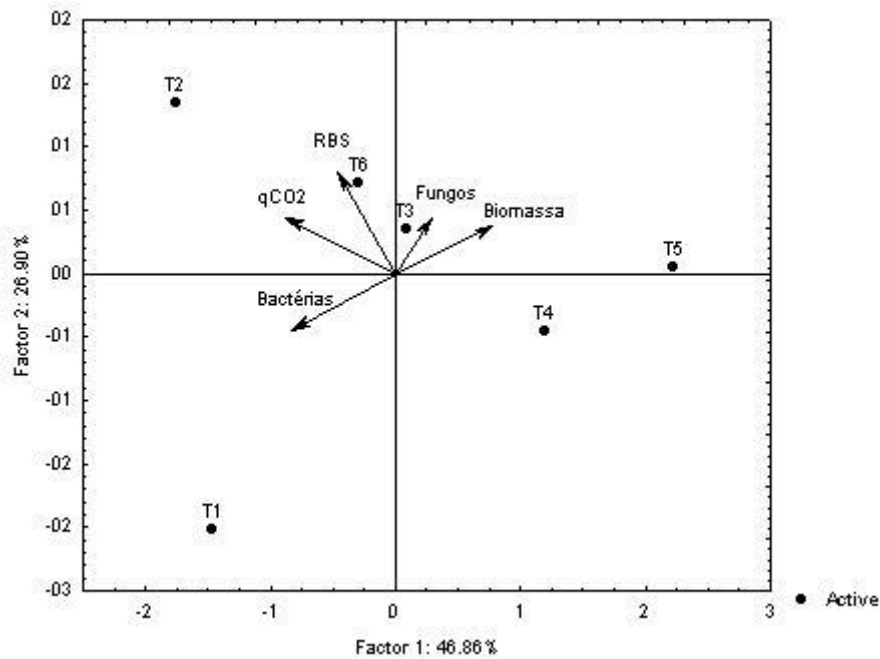


Figura 7 - Análise de PCA da microbiologia do solo

O quadrante superior à direita mostra que as variáveis fungos e CBMS foram agrupadas, sendo influenciadas pelo tratamento T3. Esse resultado pode indicar que esse tratamento pode estar associado a um aumento na presença de microrganismos no solo e pode sugerir uma possível relação entre adubação orgânica e um aumento na presença de microrganismos no solo. A presença de fungos e o aumento do carbono da biomassa microbiana (CBMS) podem indicar uma resposta positiva dos microrganismos do solo à adubação orgânica. Essa resposta pode ser atribuída aos nutrientes e matéria orgânica adicionados por meio da adubação, que fornecem condições favoráveis para o crescimento e a atividade dos fungos no solo.

A presença de microrganismos benéficos, como os fungos, pode contribuir para a ciclagem de nutrientes, a melhoria da saúde e fertilidade do solo, resultando em potenciais benefícios para o crescimento das plantas e a produtividade agrícola. A aplicação de adubos orgânicos promoveu a melhoria dos parâmetros CBMS, respiração microbiana e qCO_2 avaliados por Muller *et al.* (2014).

No quadrante superior à esquerda, houve melhor posicionamento dos tratamentos T2 e T6, associados a variáveis Respiração basal do solo e qCO_2 . Essa proximidade entre T6 e T2 sugere que ambos os tratamentos podem estar associados a uma maior atividade respiratória do solo, indicada pela variável RBS. A combinação de adubo organomineral e biofertilizante no tratamento T6 pode ter proporcionado condições favoráveis para o aumento da atividade microbiana no solo, resultando em

uma maior respiração basal. Isso pode ser atribuído à presença de nutrientes orgânicos e minerais disponíveis para os microrganismos, estimulando sua atividade metabólica.

O tratamento T4 foi localizado no quadrante inferior direito, isoladamente. Embora não haja outras variáveis especificamente mencionadas nesse quadrante, é possível inferir que esse tratamento pode apresentar características únicas ou estar associado a outros fatores não considerados nas variáveis analisadas.

6. CONCLUSÕES

O uso de biofertilizante e adubo organomineral nas diferentes estratégias não afeta a produtividade do milho quando comparado ao uso de adubação mineral.

Todas as fontes de adubação e estratégias foram eficientes em suprir a demanda da cultura por macro e micronutrientes, exceto P.

Não houve efeito negativo do uso de fontes orgânica e organomineral nos parâmetros fitométricos da cultura do milho.

Dentre as estratégias avaliadas, o uso de adubo organomineral, sem complementação com fonte mineral, promove maior atividade enzimática.

7 REFERÊNCIAS

- ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; TABATABAI, M.A. Phosphorus cycle enzymes. *In*: DICK, R.P. (Ed.) **Methods of Soil Enzymology**, 2011. p. 161-183.
- AGATI, G., BRUNETTI, C., DI FERDINANDO, M., FERRINI, F., POLLASTRI, S., TATTINI, M. Functional roles of flavonoids in photoprotection: new evidence, lessons from the past. **Plant Physiology and Biochemistry**, [s.l.], v. 72, p. 35-45, 2013.
- AGATI, G., FOSCHI, L., GROSSI, N., GUGLIELMINETTI, L., CEROVIC, Z. G., VOLTERRANI, M. Fluorescence-based versus reflectance proximal sensing of nitrogen content in *Paspalum vaginatum* and *Zoysia matrella* turfgrasses. **European journal of agronomy**, [s.l.], v. 45, p. 39-51, 2013.
- ALMEIDA, P. de J.; VOLOTÃO, de A. R. **Produção Nacional de Fertilizantes: Estudo Estratégico**. 2 de julho de 2020, p. 10. Disponível em: https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudos-estrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf. Acesso em: 30 out. 2023.
- ALVES, L. **Com amplo excedente, brasil pode superar EUA e se tornar o maior exportador mundial de milho**. 2023. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/com-amplo-excedente-brasil-pode-superar-eua-e-se-tornar-o-maior-exportador-mundial-de-milho.aspx>. Acesso em: 30 out. 2023.
- ARGENTA, G., SILVA, P. R. F., FOSTHOFER, E. L., STRIEDER, M. L., SUHRE, E., TEICHMANN, L. L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 27, p. 109-119, 2003.
- AUST, M. O.; THIELE-BRUHN, S.; ECKHARDT, K. U.; LEINWEBER, P. Composition of organic matter in particle size fractionated pig slurry. **Bioresource technology**, [s.l.], v. 100, n. 23, p. 5736-5743, 2009.
- BARROS, E. C.; NICOLOSO, R.; OLIVEIRA, V. A. P.; CORREA, J. C. **Potencial Agrônômico dos Dejetos de Suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019.
- BARROS, V. M.; SALVADOR, R.; FRANCISCO, A. C.; PIEKARSKI, M. C. Mapping of research lines on circular economy practices in agriculture: From waste to energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 131, 2020.
- BIELESKI, R. L.; TURNER, A. Separation and estimation of amino acids in crude plant extracts by thin-layer electrophoresis and chromatography. **Analytical Biochemistry**, [s.l.], v. 17, p. 278-293, 1966.
- BONFIM, A. C.; FONTENELLE, R. M. **Microrganismos benéficos em biofertilizantes**. Abril de 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/22865878/microrganismos-beneficos-em-biofertilizantes>. Acesso em: 30 out. 2023.
- BRADY, NYLE C.; WEIL, RAY R. **Elementos da natureza e propriedades do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. Diário Oficial da União. **Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.375-de-26-de-maio-de-2020-258706480>. Acesso em: 30 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SDA nº 23, de 4 de julho de 2005**. Estabelece normas para a produção de sementes e mudas de espécies florestais e nativas, e outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 jul. 2005. Seção 1, p. 13.

BRASIL. Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. **Suinocultura De Baixa Emissão De Carbono: Tecnologias De Produção Mais Limpa E Aproveitamento Econômico Dos Resíduos Da Produção De Suínos**. Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Secretaria De Mobilidade Social, Do Produtor Rural E Do Cooperativismo. – Brasília: Mapa, 2016.

BREMMER, J. M.; KEENEY, D. R. Steam distillation methods to determination of ammonium, nitrate and nitrite. **Analytica Chimica Acta**, [s.l.], v. 32, p. 485-495, 1965.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen–total. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Eds.). **Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 595-624.

CABRAL, Juarez R. *et al.* Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 15, n. 8, p. 823-831, 2011.

CAPOSCIUTTI, G.; BACCIOLI, A.; FERRARI, L.; DESIDERI, U. Biogas from Anaerobic Digestion: Energy Generation or Biomethane Production? **Energies**, [s.l.], v. 13, n. 3, p. 743, 2020.

CEROVIC, Z. G.; GHOZLEN, N. B.; MILHADE, C.; OBERT, M.; DEBUISSON, S.; LE MOIGNE, M. Nondestructive diagnostic test for nitrogen nutrition of grapevine (*Vitis vinifera* L.) based on dual leaf-clip measurements in the field. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], p. 3669-3680, 2015.

COELHO, A.M. **Nutrição e adubação do milho**. Circular técnica 78. Minas Gerais. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>. Acesso em: 30 out. 2023.

COELHO, A. M. Simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira (2:2004: São Pedro, SP). **Anais do Simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira: O potássio na cultura do milho**. Edição de Tsuioshi Yamada e Terry L. Roberts. Piracicaba, 2005, p. 841.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Importação de fertilizantes é recorde e chega a 41,6 milhões de toneladas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4486-importacao-de-fertilizantes-e-recorde-e-chega-a-41-6-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 28 jan. 2022.

CONDÉ, S. M.; HOMEM, C. G. B.; NETO, A. B. O.; SANTIAGO, F. M. A. Influência Da Aplicação De Águas Residuárias De Criatórios De Animais No Solo: Atributos Químicos E Físicos. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, [S. l.], v. 2, n. 1, 2012.

DICK, R. P.; BREAKWELL, D. P.; TURCO, R. F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. *In*: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.) **Methods for Assessing Soil Quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 247-272.

DONG, R.; MIAO, Y.; WANG, X.; CHEN, Z.; YUAN, F. Improving maize nitrogen nutrition index prediction using leaf fluorescence sensor combined with environmental and management variables. **Field Crops Research**, [s.l.], v. 269, 2021.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric Method Form Determination of Sugars and Related Substances. **Nature**, [s.l.], v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

EIVAZI, F.; TABATABAI, M. A. Phosphatases in Soils. **Soil Biology Biochemistry**, [s.l.], v. 9, p. 167-172, 1977.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa: Brasília, 2017.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018. 212 p.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

FENG, Y., CUI, X., SHAN, H., SHI, Z., LI, F., WANG, H., ZHU, M., ZHONG, X. Effects of solar radiation on photosynthetic physiology of barren stalk differentiation in maize. **Plant Science**, [s.l.], v. 312, p. 11104, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34620444/>. Acesso em: 30 out. 2023.

FERNANDES, H. P., PORTO, B. W. D.; FRANÇA, C. A. Use of phosphate organomineral fertilizers in the cultivation of lettuce and corn in succession. **Brazilian Journal of Development Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n.6, p.37907-37922 jun. 2020.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Maiores produtores de milho no mundo**. 2022. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/sindimilho/noticias/os-10-paises-que-mais-produzem-milho/>. Acesso em: 30 out. 2023.

FIGUEROA, E. A. **Efeito imediato e residual de esterco de ave poedeira em culturas de grãos**. Orientador: Pedro A. Varella Escosteguy. 2008. 129f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

FREITAS, M. J.; VAZ, C. M.; DUTRA, Alexandre G. *et al.* Response of corn productivity to mineral and organomineral fertilization. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 10, n. 5, e26810514301, 2021.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: Editora UFV, 2001.

FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante.**

Orientador: Jorge de Lucas Junior. 2008. 99 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2008.

GEISSDOERFER. M., MARINA P. P., PIERONI. C. A. D.; PIGOSSO, K.; Circular Business Models: A Review. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 277, p. 123741, 2020.

GEISSDOERFER. M., MORIOKA. S. N., CARVALHO. M. M., EVANS. S. Business Models and Supply Chains for The Circular Economy. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v.790, p.712-721, 2018.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Quim. Nova**, [s.l.], v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GOULAS, Y.; CEROVIC, Z. G.; CARTELAT, A.; MOYA, I. Dualex: a new instrument for field measurements of epidermal ultraviolet absorbance by chlorophyll fluorescence. **Applied Optics**, [s.l.], v. 43, p. 4488, 2004.

HAIR, Joseph F.; BLACK, William C.; BABIN, Barry J.; ANDERSON, Rolph E.; TATHAM, Ronald L. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2009.

HEJNA, M.; MOSCATELLI, A.; STROPPIA, N.; ONELLI, E.; PILU, S.; BALDI, A.; ROSSI, L. Bioaccumulation of Heavy Metals from Wastewater Through a Typha Latifolia and Thelypteris Palustris Phytoremediation System. **Chemosphere**, [s.l.], v. 241, p. 125018, 2020,

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemático-da-produção-agrícola.html>. Acesso em: 30 out. 2023.

JENSEN, L. S.; SOMMER, S. G. Manure organic matter – characteristics and microbial transformations. *In*: SOMMER, S. G.; CHRISTENSEN, M. L.; SCHMIDT, T.; JENSEN, L. S. (Eds.). **Animal Manure Recycling: Treatment and Management**. Wiley, 2013. p. 67-90.

JURGILEVICH, A., BIRGE. T., KENTALA-LEHTONEN. J., KORHONEN-KURKI. K., PIETIKÄINEN. J., SAIKKU. L., SCHÖSLER. H. Transition Towards Circular Economy in The Food System. **Sustainability**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 69, 2016.

KANANI, F., HEIDARI, M.D., GILROYED, B., PELLETIER, N. Waste valorization technology options for the egg and broiler industries: A review and recommendations. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], 2020.

KANDELER, E., POLL, C., FRANKENBERGER, W. T., TABATABAI, M. A., DICK, R. Nitrogen cycle enzymes. **Methods in Enzymology**, [s.l.], v. 9, p. 211-245, 2011.

KESSLER, N. C. H.; SAMPAIO, S. C.; SORACE, M.; LUCAS, S. D.; PALMA, D. Swine wastewater associated with mineral fertilization on corn crop (Zea mays). **Engenharia Agrícola**, [s.l.], v. 34, n. 3, p. 554-566, 2014.

KIEHL, E. J. **Novo fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Degaspari, 2010.
KORHONEN, J., NUUR, C., FELDMANN, A., BIRKIE, S. E.; (2018). Circular Economy as An Essentially Contested Concept. **Journal Of Cleaner Production**, 175, 544-552.

KOUR, D., KUSAM, R. L., AJAR, Y. N., NEELAM, Y., MANISH, K., VINOD, K., PRITESH, D. S. H. V., SAXENA, K. A.; Microbial Biofertilizers: Bioresources and Eco-Friendly Technologies for Agricultural and Environmental Sustainability. **Biocatalysis And Agricultural Biotechnology**, [s.l.], v. 23, p. 101487, 2020.

LANA, Q. M. R.; FRANCO, R. H. M.; MAGELA, M. L. M. **Fertilizantes organominerais e sua aplicação na olericultura**. Junho de 2019. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/fertilizantes-organominerais-e-sua-aplicacao-na-olericultura/>. Acesso em: 30 out. 2023.

LEITE, L. F. C. **Matéria orgânica do solo**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, Documento: 97, 2004.

LIMA, E. *et al.* Recomendações de adubação e calagem para as principais culturas do Estado do Paraná. *In: PARANÁ*. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Manual técnico do sub-programa de manejo e conservação do solo**. Curitiba: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, 1989. p. 85-104.

LIMA, M. G. S.; MENDES, C. R.; NASCIMENTO, R.; LOPES, N. F.; CARVALHO, M. A. P. Avaliação bioquímica de plantas de milho pulverizadas com ureia isolada e em associação com aminoácidos. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 56, n. 3, p. 358-363, 2009. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3448>. Acesso em: 30 out. 2023.

MACAN, G. P. F.; PINTO, D. F. P.; HOMMA, S. K. Eficiência de Diferentes Adubos Orgânicos na Adubação do Milho. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [s.l.], v. 9, n. 04, p. 66-74, 2020.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Potafós, 1997.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados a agricultura**. 2009. Disponível em: http://buriti.df.gov.br/ftp/diariooficla/2020/03_março/dodf%20047%2011-03-2020/dodf%20047%2011-03-2020%20integra.pdf. Acesso em: 30 out. 2023.

MARTINS, D. C., DE RESENDE, A. V., GALVÃO, J. C. C., SIMÃO, E. D. P., FERREIRA, J. D. C., ALMEIDA, G. D. O. Organomineral phosphorus fertilization in the production of corn, soybean and bean cultivated in succession. **American Journal of Plant Sciences**, [s.l.], v. 8, p. 2407-2421, 2017.

MAZID, M., KHAN, A. T. Future of Biofertilizers in Indian Agriculture: An Overview. **International Journal of Agricultural and Food Research**, [s.l.], v. 3, n. 3, p. 10-23, 2014.

MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; SILVA, G. P.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. **Cama-de-frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica e econômica**. Boletim técnico, a1. n.3. 28 p, 2004.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. An introduction to exploratory multivariate data analysis. **Química Nova**, [s.l.], v. 21, n. 4, p. 467-469, 1998.

MOREIRA, A. C.; GOMIDE, C. A. P. **Biofertilizantes provenientes da alimentação de suínos com protease para produção de milho silagem**. Orientador: Ana Paula Cardoso Gomide. 2019. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2019.

MOREIRA, S. R., LENSE, G., CHIBA, K. M., MINCATO, R. **Economia Circular: Gestão De Resíduos Na Agricultura**. 2020

MORINO, C. C., **A Aplicação De Dejetos De Suínos No Solo Como Insumo Agrônomo E Os Seus Impactos Ambientais**. 2021. Disponível em: https://Cetesb.Sp.Gov.Br/Escolasuperior/Wp-Content/Uploads/Sites/30/2021/08/Camila-Canesi-Morino_Tcc-T2-2021-Versao-Final.Pdf. Acesso em: 30 out. 2023.

MÜLLER, D. H.; CAMILI, E. C.; GUIMARÃES, S. C.; CAMPO, D. T. S.; MARTINS, M. E.; BARROS, K. C. Biomassa e atividade microbiana de solo sob aplicação de resíduos orgânicos. **Revista Internacional de Ciências**, [s.l.], v. 4, n. 2, jul./dez. 2014.

MULVANEY, R. L. Nitrogênio: Formas Inorgânicas. *In*: SPARKS, D. L. *et al.* (Eds.). **Métodos de Análise de Solo**. Parte 3. Métodos Químicos. ASA and SSSA, Madison, 1996. p. 1123-1184.

NANNIPIERI, P.; MUCCINI, L.; CIARDI, C. Microbial biomass and enzyme activities: Production and persistence. **Soil Biology and Biochemistry**, [s.l.], v.15, n. 6, p. 679-685, 1983.

OCEPAR- Organização das Cooperativas do Estado do Paraná - **Custo de produção safra 21/22 – INFORME AGRONÔMICO N°2**. 2022.

OLIVEIRA, M.P.; MALAGOLLI, G.A.; CELLA, D. Mercado de fertilizantes: dependência de importações do Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, [s.l.], v. 16 n. 1, 2019.

PAULA, R. **Boletim informativo**. Silagem, Milho, Solo, Manejo. Fatores Importantes no Desenvolvimento do Milho para Produção de Silagem de Planta Inteira. 2017.

PEREIRA, B. O. H.; DINIZ, D. A.; REZENDE, C. F. A. Organomineral and mineral fertilization in the agronomic performance of maize and chemical changes in the soil. **Brazilian Journal of Development.**, [s.l.], v. 6, n. 8, p. 58694-58706, 2020.

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. *In*: **Anais do 3º Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão**. 2017. Disponível em: <http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/CIPEEX/article/view/3082/1206>. Acesso em: 30 out. 2023.

- PESSOA, T. N. **Porque fertilizantes organominerais são uma alternativa interessante para sua lavoura**. 2020. Disponível em: blog.aegro.com.br/fertilizantes-organominerais/. Acesso em: 30 out. 2023.
- PORTUGAL, J. R.; TARSITANO, M. A.; PERES A. R.; ARF, O.; GITTI, D. C. Organic and mineral fertilizer application in upland rice irrigated by sprinkler irrigation: economic analysis. **Científica**, Jaboticabal, v. 44, n.2, p. 146-155, 2016.
- PREZOTTI, L. C., GUARÇONI A. M. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES. Incaper, 2013. Disponível em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/40>. Acesso em: 30 out. 2023.
- QI. R., LI. J., LIN. Z., LI. Z., LI. Y., YANG, X., ZHANG, J., ZHAO, B. Temperature effects on soil organic carbon, soil labile organic carbon fractions, and soil enzyme activities under long-term fertilization regimes. **Applied Soil Ecology**. [s.l.], v. 102, p. 36-45, 2016.
- QIAN. M., YANG. L., CHEN. X., LI. K., XUE. W., LI. Y., ZHAO. H., CAO. G., GUAN. X., SHEN, G. The Treatment of Veterinary Antibiotics in Swine Wastewater by Biodegradation and Fenton-Like Oxidatio. **Science of The Total Environment**, [s.l.], v. 710, p. 136299, 2020.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Soil and Water Conservation Research Branch. Agricultural Research Service. Washington: USDA, 1969.
- ROSA, N. K. F.; GODOY, L. J. G.; PEREZ, A. T.; CAMPOS, C. R.; SOARES, E. V. L. Índices de reflectância, flavonoides e clorofila como diagnóstico do teor de nitrogênio na cultura do milho. *In: Anais do XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 2015. Disponível em: <https://www.eventossilos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/2526.pdf>. Acesso em: 30 out. 2023.
- ROSA, R.; SANO, E. E.; ROSENDO, J. dos S. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. **Sociedade & Natureza**, [s.l.], v. 26, n. 2, p. 333-351, 2014.
- SBCS/NEPAR - SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba, 2017.
- SCHLEGEL. A., ASSEFA. Y., BOND. H.D., HAAG. L., STONE. L. Changes in Soil Nutrients After 10 Years of Cattle Manure and Swine Effluent Application. **Soil And Tillage Research**, [s.l.], 2017.
- SEIDEL. P. E., JUNIOR. G. C. A., VANIN. P. J., STREY. L., SCHWANTES. D., NACKE.H. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. *Acta Scientiarum*. **Technology Maringá**, [s.l.], v. 32, n. 2, p. 113-117, 2010.
- SILVA, A. D. A.; LANA, Â. M. Q.; LANA, R. M. Q.; COSTA, A. M. D. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. **Engenharia Agrícola**, [s.l.], v. 35, n. 2, p. 254-265, 2015.

- SILVA, F. W. A.; PORTELA, J. C.; GONDIM, J. E. F.; OLIVEIRA, V. N. S. Terra – Habitats Urbanos e Rurais. Matéria orgânica e suas interrelações com os atributos físicos do solo. *In*: SEABRA. Ituiutaba: Barlavento, 2019. p. 255-267.
- SILVA, I. J. O. **Sistemas de produção de galinhas poedeiras no Brasil**. 2019. Disponível em: https://eubrdialogues.com/documentos/proyectos/adjuntos/b26c49_X-GUIA-GALINHAS-2019.pdf. Acesso em: 30 out. 2023.
- SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Alterações nas frações do carbono em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Acta Scientiarum**, [s.l.], v. 28, n. 3, p. 305-311, 2006.
- STATSOFT INC. STATISTICA (data analysis software system), version 6, vol 150. StatSoft INC, Tulsa, 2001. p. 91-94.
- TABATABAI, M. A. Soil Enzymes. *In*: **METHODS of soil analysis: part 2: microbiological and biochemical properties**. Madison: SSSA, 1994. p. 775-833. (SSSA Book Series: 5).
- TABATABAI, M.A.; BREMNER, J. M. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biology and Biochemistry**, [s.l.], v. 1, p. 301-307, 1969.
- VILLAMAR, C. A.; CAÑUTA, T.; BELMONTE, M.; et al. Characterization of Pig Wastewater. Toxicity Identification Assessment Methodology (Tie). **Water Air Soil Pollut**, [s.l.], v. 223, p. 363-369, 2012.
- WALKLEY, A. J.; BLACK, I. A. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. **Soil Sci.**, [s.l.], v. 37, p. 29-38, 1934.
- NOGUEIRA, M. A.; MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa- Mg, v. 27, n. 4, p. 655-663, ago. 2003.
- TABATABAI, M.A. & BREMNER, J.M. Arylsulfatase activity of soils. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 34:225-229, 1970.