

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

TATIANE BARBOSA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE
ORGANOMINERAL BIOATIVADO NA CULTURA DA SOJA**

TOLEDO

2022

TATIANE BARBOSA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE
ORGANOMINERAL BIOATIVADO NA CULTURA DA SOJA**

**Evaluation of the effects of the application of bioactivated organomineral fertilizer in
soy culture**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologias em Biociências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Linha de pesquisa: Obtenção, caracterização e quantificação de biomateriais e suas aplicações em biociências.

Orientador(a): Patrícia Dayane Carvalho Schaker .

TOLEDO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho licenciado para fins não comerciais, desde que atribuam ao autor o devido crédito. Os usuários não têm que licenciar os trabalhos derivados sob os mesmos termos estabelecidos pelo autor do trabalho original.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Toledo



TATIANE BARBOSA DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL BIOATIVADO NA CULTURA DA SOJA

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Tecnologias Em Biociências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologias Em Biociências.

Data de aprovação: 29 de Julho de 2022

Dra. Patricia Dayane Carvalho Schaker, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Me. Jeferson Klein, Mestrado - Biogenesis Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Ltda

Dra. Regiane Slongo Fagundes, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 29/07/2022.

AGRADECIMENTOS

Falta espaço para agradecer a todos que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Primeiramente a Deus, por me permitir viver sob a sua graça, com intensidade e otimismo. À minha Família pelo apoio incondicional a todos os meus projetos e por estarem presentes em todos eles. Em especial aos meus pais Francisco e Hediane que não medem esforços para realização dos meus sonhos. A Thais, minha irmã que sempre me apoiou e esteve comigo durante essa caminhada. Ao Marcos, meu noivo por todo apoio e paciência durante essa jornada.

À Dra. Patricia Dayane Carvalho Schaker, por seus ensinamentos, auxílio, orientação e paciência no desenvolvimento de todo o meu trabalho.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, pela oportunidade de realizar essa especialização e pela bolsa concedida, contribuindo para o melhor aproveitamento do programa.

RESUMO

A cultura da soja tem grande representatividade no cenário agrícola mundial, sendo que o foco das pesquisas é o desenvolvimento de novas tecnologias que permitam tornar a produção mais eficiente e sustentável. A fertilização tem papel fundamental no desenvolvimento vegetal, pois fornece os nutrientes em quantidades adequadas para que a planta cresça e atinja o estágio reprodutivo para formação de grãos com a qualidade e quantidade esperadas. Nesse contexto, obter o máximo desempenho de uma cultivar através da utilização recursos renováveis na fertilização, por meio do aproveitamento de resíduos, e consequente redução da importação de matéria prima para produção de fertilizantes químicos, tem sido considerado uma alternativa viável e sustentável a longo prazo. Dentre as opções, os fertilizantes organominerais oriundos da associação entre fertilizantes minerais e compostos orgânicos, podem ser utilizados de maneira mais eficiente pela planta, minimizando os efeitos do déficit hídrico devido a matéria orgânica e microorganismos presentes no mesmo. Podem ainda ser otimizados pela adição de microrganismos conhecidos pelas suas funções de promotores do crescimento vegetal, dando origem a um produto bioativado. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do fertilizante organomineral bioativado no desenvolvimento vegetal e produtividade da cultura da soja em comparação com o fertilizante mineral tradicional. Foram avaliados: a altura de plantas (cm), o diâmetro do caule (mm), o número de galhos, o número de vagens, o peso de 1000 grãos (g) e produtividade (kg ha^{-1}) por área. Também foram realizadas análises químicas do solo, buscando avaliar o efeito das adubações no final do ciclo de cultivo da cultura. Ainda, imagens de NDVI foram obtidas para comparativo da cultura da soja nos diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento. Foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos nas avaliações de altura de planta (cm), diâmetro de caule (mm), massa de 1000 grãos (g) e produtividade (kg ha^{-1}), sendo que o tratamento com fertilizante organomineral gerou incrementos de 8,38%, 9,40%, 7,74% e 10,80% para cada um dos atributos, respectivamente. Houve elevação do pH do solo, que auxiliado pela ação dos microrganismos aumentou os teores de fósforo, estimulando o desenvolvimento vegetal. O déficit hídrico provocou queda de 85,95% da produtividade da cultura, comprovados com a utilização das imagens de NDVI, onde é possível observar aos 55 DAS o fechamento dos estômatos e aos 85 DAS o início da senescência antecipada. Desta forma, apesar de todo o déficit hídrico sofrido pela cultura, o fertilizante organomineral conseguiu atingir melhor desempenho, produzindo a média de 0,54 sacos a mais que o fertilizante mineral no primeiro ciclo de aplicação.

Palavras-chave: *Glycine max*; produtividade; índice de vegetação; microorganismos; déficit hídrico.

ABSTRACT

Soybean culture has great representation in the world agricultural scenario, and the focus of research is the development of new technologies that make production more efficient and sustainable. Fertilization plays a fundamental role in plant development, as it provides nutrients in adequate amounts for the plant to grow and reach the reproductive stage for grain formation with the expected quality and quantity. In this context, obtaining the maximum performance of a cultivar through the use of renewable resources in fertilization, through the use of waste, and consequent reduction in the import of raw materials for the production of chemical fertilizers, has been considered a viable and sustainable alternative in the long term. . Among the options, organomineral fertilizers from the association between mineral fertilizers and organic compounds can be used more efficiently by the plant, minimizing the effects of water deficit due to organic matter and microorganisms present in it. They can also be optimized by the addition of microorganisms known for their functions as plant growth promoters, giving rise to a bioactivated product. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of bioactivated organomineral fertilizer on plant development and productivity of soybean crops compared to traditional mineral fertilizer. The following were evaluated: plant height (cm), stem diameter (mm), number of branches, number of pods, weight of 1000 grains (g) and productivity (kg ha⁻¹) per area. Soil chemical analyzes were also carried out, seeking to evaluate the effect of fertilization at the end of the crop cultivation cycle. Still, NDVI images were obtained to compare the soybean crop in different phenological stages of development. Significant differences were observed between treatments in the evaluations of plant height (cm), stem diameter (mm), 1000 grain mass (g) and productivity (kg ha⁻¹), and the treatment with organomineral fertilizer generated increments of 8.38%, 9.40%, 7.74% and 10.80% for each of the attributes, respectively. There was an increase in soil pH, which, aided by the action of microorganisms, increased phosphorus levels, stimulating plant development. The water deficit caused a drop of 85.95% in the productivity of the culture, confirmed with the use of NDVI images, where it is possible to observe the closing of the stomata at 55 DAS and the beginning of early senescence at 85 DAS. Thus, despite all the water deficit suffered by the culture, the organomineral fertilizer managed to achieve better performance, producing an average of 0.54 bags more than the mineral fertilizer in the first application cycle.

Keywords: *Glycine max*; productivity; vegetation index ; microorganisms; drought.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Estágios fenológicos da cultura da soja no decorrer dos desenvolvimentos vegetativos representados pela letra V e os reprodutivos pela letra R, ambos acompanhados pelo índice numérico, com exceção dos estádios, VE (emergência) e VC (cotilédone).....15
- Figura 2 - Evolução do consumo brasileiro e mundial de fertilizantes NPK em milhões de toneladas ao longo dos anos.....16
- Figura 3 - Croqui de localização da área experimental. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.....23
- Figura 4 - Parcela experimental constituída por nove linhas de plantio com 1 metro de comprimento e espaçamento de 0,45 metro entre linhas, avaliando-se 5 plantas por linha. Totalizando 45 plantas avaliadas por parcela. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.....24
- Figura 5 - Croqui de representação das parcelas do experimento realizado em uma área de 2,4 hectares sendo as parcelas de organomineral sinalizadas pela letra O e as de mineral pela letra C. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.....25
- Figura 6 – Imagem NDVI realizada antes da implementação do experimento para demonstrar que o solo não possui problemas de manchas o que poderia mascarar resultados. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.....26
- Figura 7 - Classificação das imagens de NDVI obtidas no programa Land Viewer, em que -1 apresenta solo sem vegetação e 1 solo totalmente coberto com vegetação com elevada atividade fotossintética.....29
- Figura 8 - Massa de 1000 grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) (A e B, respectivamente) cultivado com fertilizante organomineral bioativado e fertilizante mineral avaliadas durante o desenvolvimento do experimento. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.....34
- Figura 9 - Produtividade (kg ha⁻¹) da soja cultivada com fertilizante organomineral bioativado e fertilizante mineral avaliadas durante o desenvolvimento do experimento. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022..... 35
- Figura 10 - Perda de produtividade da soja em função do déficit hídrico no solo. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.....39
- Figura 11 - Imagens de NDVI realizadas no programa Land Viewer com 10, 25, 40, 55, 70, 85, 100 e 115 DAS da cultura da soja e 60 DAS do milho como cultura sucessora na área do experimento, representados respectivamente por A, B, C, D, E, F, G, H e I. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.42

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Altura de plantas (cm) da soja cultivada com fertilizante organomineral bioativado e fertilizante mineral avaliadas durante o desenvolvimento da cultura. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.....31
- Tabela 2 - Diâmetro de caule (mm) da soja cultivada com fertilizante organomineral bioativado e fertilizante mineral avaliadas durante o desenvolvimento do experimento. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.....31
- Tabela 3 - Número de galhos da soja cultivada com fertilizante organomineral bioativado e fertilizante mineral avaliadas durante o desenvolvimento do experimento. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.....32
- Tabela 4 - Número de total de vagens de soja cultivada com fertilizante organomineral bioativado e fertilizante mineral avaliadas durante o desenvolvimento do experimento. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.....33
- Tabela 5 - Características químicas do Latossolo Vermelho Distroférico. Valores do pH do solo em CaCl₂ (pH), fósforo (P), matéria orgânica (M.O), cálcio (Ca), potássio (K) e saturação por bases (V), Antes da instalação do experimento e após a colheita em Formosa do Oeste, PR, 2022.....37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP	Adenosina Trifosfato
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
DAS	Dias após a semeadura
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
MO	Matéria Orgânica
NDVI	Análise Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
NPK	Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K)
pH	Potencial Hidrogeniônico
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VC	Estádio Cotiledonar
VE	Estádio Emergência

LISTA DE SÍMBOLOS

Al Aluminio

Ca Cálcio

Fe Ferro

K Potássio

Mg Magnésio

N Nitrogênio

NH₃ Amônia

P Fósforo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Cultura da soja	14
2.2 Fertilizante mineral	16
2.3 Fertilizante organomineral	18
2.4 Bioativação de fertilizantes organominerais	19
2.5 Deficiência hídrica	20
2.6 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)	21
3 OBJETIVOS	22
3.1 Objetivo geral	22
3.2 Objetivos específicos	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Localização do Experimento	23
4.2 Delineamento experimental	24
4.3 Tratamentos	25
4.4 Tratos Culturais	26
4.5 Variáveis Analisadas	27
4.6 Determinação dos teores de nutrientes disponível no solo	28
4.7 Avaliação da ocorrência de deficiência hídrica	28
4.8 Análise Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)	28
4.9 Análise Estatística	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1 Avaliação do Experimento	30
5.2 Disponibilidade dos nutrientes no solo	36
5.3 Penalização por deficiência hídrica (ky)	38
5.4 Análise Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)	40
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A agricultura representa uma das atividades mais significativas no Brasil, sendo o maior produtor mundial de soja, com uma área de 38,502 milhões de hectares e com produção de 135,409 milhões de toneladas (CONAB, 2021). Em 2022, a soma da exportação brasileira do complexo da soja atingiu um valor total de US\$ 21.635.981.434,00 respondendo por 44,56% das exportações do país (MAPA, 2021).

As características do solo são um dos fatores limitantes para a produção, sem a correta adequação dos teores de nutrientes e pH, grandes perdas podem ser registradas, pois os nutrientes ficam retidos nos colóides e, assim, indisponíveis para a planta (ALVAREZ et al., 1999). Segundo os dados da ABISOLO (2021), os insumos destinados à cultura da soja representam 47% do consumo de fertilizantes no Brasil, em um setor que atingiu R\$ 10,1 bilhões de reais em faturamento em 2020, dos quais 31% são os fertilizantes organominerais.

Estes são formados pela mistura de orgânico juntamente com nutrientes minerais. Atuam como ferramenta alternativa para a redução dos custos de produção, além de destinar de forma correta os resíduos industriais e/ou agrícolas anteriormente inutilizados, apresentando inúmeras vantagens como o aumento no fornecimento de nutrientes, melhoria da capacidade de retenção de água, elevação da capacidade de troca catiônica (CTC), favorecimento da microbiota do solo (POLIDORO, 2013; FERREIRA, 2014; HIGASHIKAWA; MENEZES JÚNIOR, 2017; COSTA, 2018).

Além da redução da dependência do fertilizante químico que são solúveis e de liberação quase imediata, diferente do fertilizante organomineral que tem sua liberação lenta permitindo a disponibilidade de nutrientes por um tempo maior. Soma-se a isso o fato de que os recursos minerais nitrogênio, fósforo e potássio são finitos, desta forma, antecipamos a solução ao já conhecido problema do futuro.

Evita ainda, perdas de nutrientes por lixiviação, volatilização e fixação, quando comparado aos fertilizantes químicos (MALAQUIAS; SANTOS, 2017), isso se deve a fração de matéria orgânica que melhora as características físicas e químicas do solo (GALBIATTI, 1992). Vários trabalhos avaliam o efeito da aplicação de fertilizantes organomineral em soja, porém esses resultados dependem do tipo de solo, condições climáticas e variedade avaliada.

Estudos demonstram aumento da produtividade (9-21%), do teor de proteínas (4-9%) e do peso das sementes (5-14%) com a utilização das substâncias húmicas (BOWDEN et al., 2010), que são os principais constituintes da matéria orgânica presente no fertilizante

organomineral. Essas substâncias são extremamente importantes para o solo, influenciando nas propriedades químicas, físicas e biológicas, aumentam a fertilidade do solo, a biodisponibilidade de elementos químicos (PICCOLO, 1996).

Os fertilizantes organominerais podem ainda ser bioativados, ou seja, durante o seu processo de fabricação são incorporados microrganismos reconhecidos pelo potencial de promover o crescimento vegetal, são eles *Azospirillum sp.*, *Bacillus sp.*, *Nitrospirillum sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Trichoderma sp.*, entre outros. Trata-se de um processo complexo onde a maior dificuldade está na etapa de secagem para manter os microrganismos vivos.

Dentre os benefícios estão a produção de auxina (hormônio vegetal relacionado ao crescimento), fixação de nitrogênio, produção de moléculas antimicrobianas, produção de biofilmes e solubilização de nutrientes indisponíveis. Assim, os componentes ativos e agentes biológicos presente no fertilizante organomineral atuam direta ou indiretamente sobre o solo e sobre as plantas cultivadas, potencializando o uso dos nutrientes no solo por disponibilizarem de forma mais eficiente elementos essenciais às plantas, resultando em melhor desempenho do sistema de produção (VILLEN, 2002).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da aplicação de organomineral bioativado no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja, bem como os atributos químicos do solo, em comparação com o fertilizante mineral convencional, realizando a validação através da utilização de imagens de Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index – NDVI*). Desta forma, espera-se com os resultados obtidos fornecer aos agricultores informações relevantes sobre o uso de fertilizante bioativado, os benefícios da adição de matéria orgânica no desenvolvimento vegetal e produtividade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da soja

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill], pertencente à classe das dicotiledôneas, família Fabaceae, classificada como espécie do ciclo C3, é a oleaginosa anual mais cultivada no mundo. A composição dos grãos de soja apresentam em média 40% de proteína, 21% de óleo, 33% de carboidrato e 4% de cinzas na base seca (PERKINS, 1995).

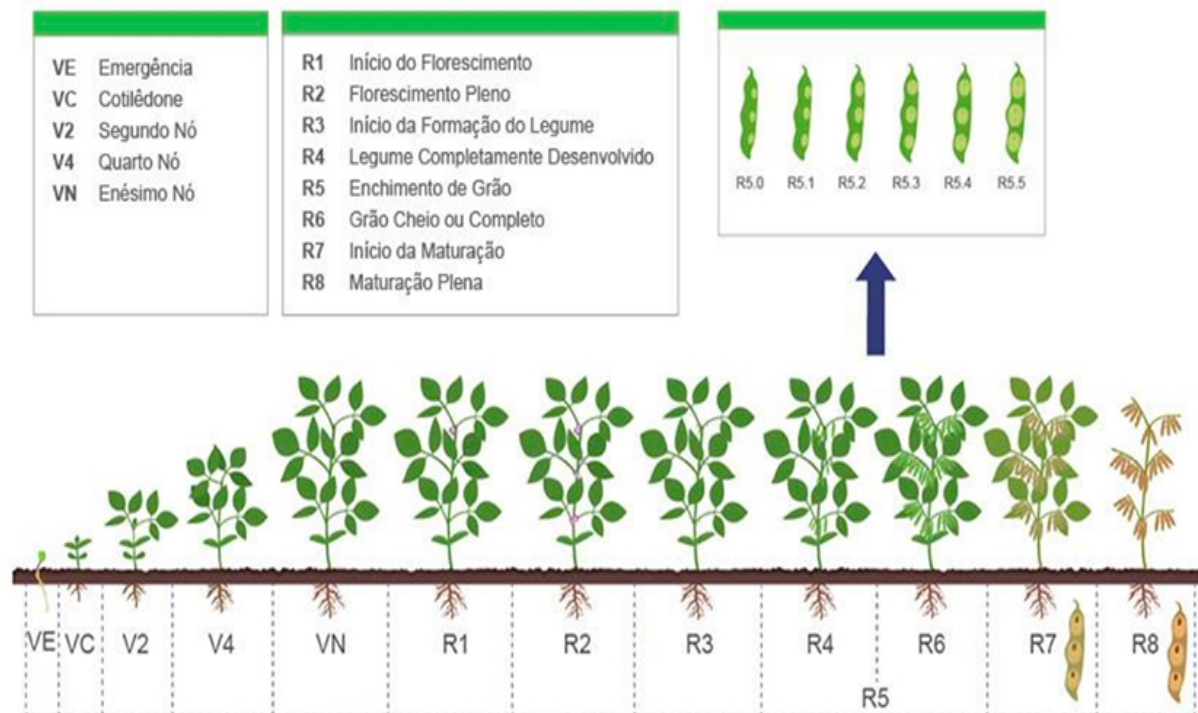
Adaptada a regiões onde as temperaturas oscilam entre 20°C e 30°C, sendo a temperatura ideal de desenvolvimento em torno de 30°C, a semeadura não deve ser realizada quando a temperatura do solo estiver abaixo de 20°C, pois a germinação fica comprometida. Durante a floração altas temperaturas causam redução da altura do porte das plantas, abortamento de flores e vagens, acelerando a maturação (FARIA; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

A cadeia produtiva da soja está intimamente ligada a outras, o que permite explorá-la de diferentes maneiras, o grão pode ter como destino o mercado externo ou o esmagamento para a obtenção de produtos derivados, sobretudo: farelo e óleo (HIRAKURI et al., 2019). Ainda de acordo com os mesmos autores, a solidez dos mercados de produtos derivados, aliado a diferentes pacotes tecnológicos e cultivares de soja, tem criado um contexto favorável para a expansão da cultura em todas as regiões brasileiras.

No decorrer do seu processo produtivo a cultura passa por diferentes estádios, visando unificar a descrição desses estádios, foi desenvolvida uma metodologia denominada de estágios fenológicos, dividindo os estádios em: vegetativos, representados pela letra V e os reprodutivos pela letra R, sendo acompanhado por um número que identificam os estádios no decorrer destas duas fases de desenvolvimento da soja, exceto os estádios VE (emergência) e VC (cotilédone) (Figura 1) (FARIA; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Para determinação dos estádios vegetativos é usado o nó ou a parte do caule onde a folha se desenvolve. Com relação aos estádios reprodutivos, estes contemplam quatro diferentes etapas do desenvolvimento reprodutivo da planta, são eles: o florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento do grão (R5 e R6) e, por fim, a maturação da planta (R7 e R8) (FARIA; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Figura 1 - Estágios fenológicos da cultura da soja no decorrer dos desenvolvimentos vegetativos representados pela letra V e os reprodutivos pela letra R, ambos acompanhados pelo índice numérico, com exceção dos estádios, VE (emergência) e VC (cotilédone).



Fonte: Adaptado da Bayer, 2015.

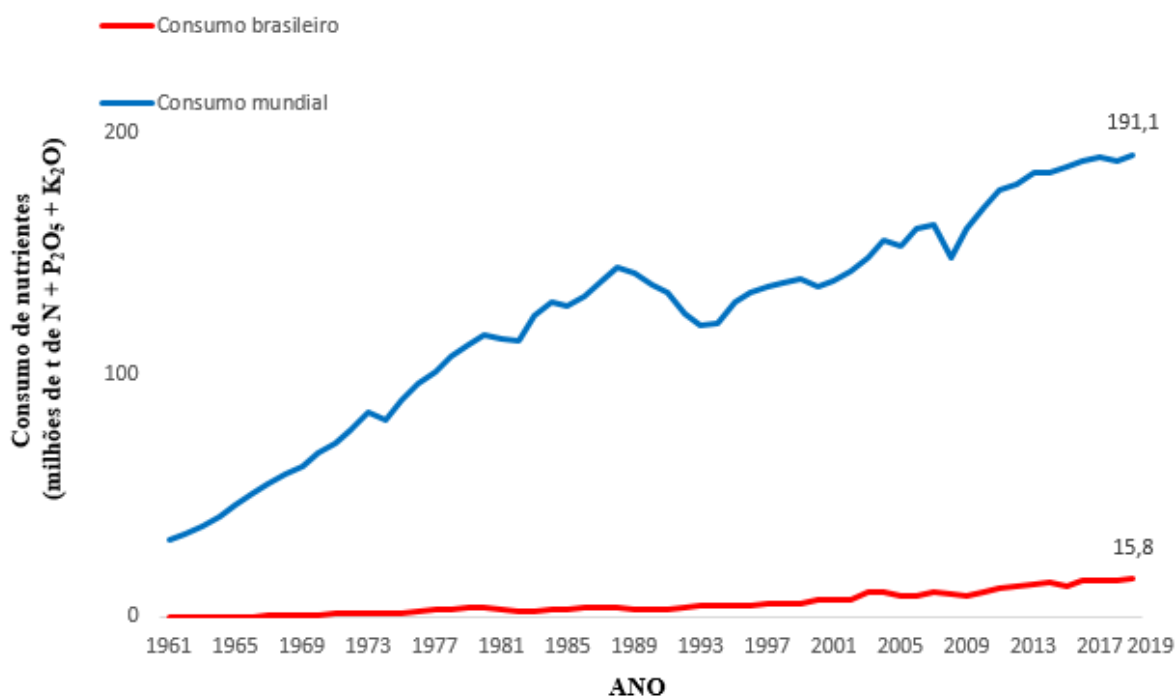
O Nitrogênio (N) e o Potássio (K) são os nutrientes mais exigidos pela cultura, no caso do N, grande parte é suprida pelo solo (15 a 35%) e a outra parte pela fixação biológica de N_2 , realizado por bactérias que possuem a enzima dinitrogenase capaz de romper a tripla ligação do N_2 atmosférico e provocar a sua redução até amônia (NH_3), na soja são o gênero *Bradyrhizobium*, que formam estruturas especializadas nas raízes, conhecido como nódulos, captando nitrogênio atmosférico tornando-o disponível às plantas (65 a 85 %) (HUNGRIA et al., 2001).

O Fósforo (P) apesar de ser o menos extraído entre os três macronutrientes é utilizado em maior quantidade em virtude de grande parte ficar na forma indisponível para as plantas (OLIVEIRA et al., 2017). Quando não suprida com os nutrientes adequados as plantas podem apresentar distúrbios no seu desenvolvimento (SCHROEDER et al., 2013). Alguns problemas como menor crescimento radicular, menor crescimento da parte aérea e comprometimento de todo o metabolismo da planta irão refletir na produtividade (BAILEY-SERRES et al., 2019).

O consumo de fertilizantes no Brasil e no mundo cresceu fortemente nas últimas décadas (Figura 2). Em 2019, atingiu 15,8 milhões de toneladas no Brasil e 191,1 milhões de

toneladas no mundo (INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION, 2022). Apesar da expansão do uso de fertilizantes no Brasil, cerca de 70% do fertilizante consumido no País é importado (MARIN, 2016). O Brasil produz somente 45% dos fertilizantes fosfatados consumidos, 25% dos nitrogenados e 10% dos potássicos.

Figura 2 - Evolução do consumo brasileiro e mundial de fertilizantes NPK em milhões de toneladas ao longo dos anos.



Fonte: elaborada com dados de International Fertilizer Association (2022).

O setor de produção agrícola vem enfrentando diversos problemas ao longo dos anos relacionados à redução de produtividade, degradação ambiental e erosão do solo, levando à busca de novos mecanismos que possam assegurar altos níveis de produtividade, de modo a atender toda a demanda de importação e exportação do mercado consumidor, ao mesmo tempo que se preza pela preservação e conservação dos recursos naturais (CAMARGO, 2012; PARDO; MARTÍNEZ, 2019).

2.2 Fertilizante mineral

Produzido através da exploração mineral do solo originando os fertilizantes minerais simples, os quais formam aos fertilizantes mistos, classificados em três tipos: os fertilizantes nitrogenados, os fertilizantes fosfatados e os fertilizantes potássicos, que

associados ofertam ao solo propriedades extremamente nutritivas para seu cultivo (SILVA; FERNANDES, 2017).

O maior benefício dos fertilizantes minerais é o fato de comportar altas concentrações de nutrientes na forma solúvel, podendo ser absorvidos rapidamente pelas plantas (DIAS; FERNANDES, 2006). Porém, apresenta como desvantagem sua produção proveniente de fontes não renováveis (FINATTO et al., 2013). Embora respondam positivamente na produção vegetal, os custos dos fertilizantes minerais são elevados.

A expansão agrícola demanda da intensificação no uso de fertilizantes, contudo, o uso inadequado desses insumos tem gerado desequilíbrios físicos, químicos e biológicos ao solo, dificultando o manejo das culturas (CRUZ et al., 2017; CHAE et al., 2018). Entre os principais efeitos destacam-se a degradação, salinização e erosão do solo, que prejudicam a absorção de nutrientes e podem causar toxicidade nas plantas; redução do conteúdo de matéria orgânica e aumento dos custos da fertilização. É válido destacar que o uso em excesso de fertilizantes químicos ainda aumenta os riscos de danos ambientais, como a contaminação de lençóis freáticos, entre outros (DIAS; FERNANDES, 2006; ERTANI et al., 2011; SILVA et al., 2007).

Uma das preocupações referentes à expansão da atividade agrícola no mundo é a escassez das reservas de fertilizantes, principalmente referindo-se ao esgotamento das reservas de rocha fosfática, matéria-prima de fertilizantes fosfatados. As reservas mundiais vão durar de 300 a 400 anos, mas na maioria dos países as reservas esgotaram em menos de 100 anos (COOPER et al., 2011).

É observado que muitos produtores rurais utilizam excesso de fertilizantes buscando aumento de produtividade, essa prática pode causar a salinização do solo, prejudicando a absorção de nutrientes podendo causar toxidez nas plantas, além de, aumentar os custos da fertilização. É válido destacar que o uso em excesso aumenta os riscos de danos ambientais, contaminações de lençóis freáticos (DIAS; FERNANDES, 2006).

Desta forma, a abundante produção de resíduos e subprodutos por alguns setores do agronegócio possibilita que os mesmos sejam utilizados como fonte de nutrientes, reduzindo total ou parcialmente, algumas fontes minerais, apresentando-se como uma alternativa sustentável e de baixo custo (CRUZ et al., 2017). Além disto, o estudo de diferentes fontes de fertilizantes visa uma gestão mais eficiente e sustentável da produção agrícola, tornando promissora a utilização de fontes orgânicas (GUIMARÃES et al., 2018).

2.3 Fertilizante organomineral

Segundo a Instrução Normativa N° 61, de 08 de julho de 2020 (IN 061/2020) do MAPA os fertilizantes organominerais são definidos como uma associação entre fertilizantes minerais e orgânicos, devendo atender no mínimo a 8% de carbono orgânico, máximo 20% de umidade e no mínimo de 80 (oitenta) mmolc/kg de CTC.

A matéria orgânica compostada aumenta a eficiência dos fertilizantes minerais, proporcionando redução nos custos com adubação e promovendo melhorias nos solos, como maior disponibilidade e fornecimento de macro e micronutrientes para as plantas, melhora da capacidade de troca de cátions do solo, aumento da atividade da biota do solo, aumento da retenção de água e da aeração do solo ajudando na penetração e na distribuição das raízes das plantas, além de aumento na estabilidade e sustentabilidade do ecossistema agrícola (KIEHL, 1985; RABELO, 2015; HIGASHIKAWA; MENEZES JÚNIOR, 2017), evitando as perdas dos nutrientes por lixiviação, volatilização e fixação representando menor custo de produção para produção agrícola quando comparado aos fertilizantes químicos (MALAQUIAS; SANTOS, 2017).

Fertilizantes orgânicos foram muito utilizados no passado, mas como os fertilizantes minerais apresentam altas concentrações o interesse pelos fertilizantes orgânicos diminuiu, a preocupação com a degradação ambiental renovou o interesse pelo uso dos esterco, ou seja, pela agricultura sustentável (BRUMMER, 1998).

A matéria orgânica (MO), rica em substâncias húmicas (PRADO et al., 2016), aumentam o movimento e absorção de íons, incrementam a respiração, promovem alta produção de ATP nas células radiculares, aumenta os níveis de clorofila, atuam na síntese de ácidos nucleicos e auxiliam na melhor utilização dos nutrientes pelas plantas ampliando a biodiversidade do solo, resultando no surgimento de microrganismos e fungos que cooperam para o crescimento dos cultivos, proporcionando assim, a longo prazo, uma expansão da produtividade do solo (CANELLAS et al., 2005; FINATTO et al., 2013; BARCELOS et al., 2019). Os fertilizantes organominerais fornecem os nutrientes de maneira gradual reduzindo as perdas no sistema solo-planta promovendo acúmulo progressivo da fertilidade, diminuindo os custos e evitando perdas para o ambiente (WEN et al., 2019; FERNANDES, 2020), principalmente, do fósforo (P) que tem sua disponibilidade reduzida pela competição nos sítios de adsorção (FINK et al., 2016).

A matéria orgânica aumenta o teor de carbono orgânico do solo, o que leva a alteração da comunidade microbiana e auxilia no desenvolvimento e redução de estresses nas

plantas (WEN et al., 2019). Os complexos coloidais de carga negativa, presentes na matéria orgânica, formam complexos estáveis que diminuem a toxicidade de ferro e de alumínio, por meio da fixação, e liberam o fósforo, além de proporcionar o aumento da microbiota do solo que agirá na solubilização dos fertilizantes minerais, liberando-os para as plantas (ROZENO et al., 2011).

2.4 Bioativação de fertilizantes organominerais

Os fertilizantes organominerais podem ter sua formulação otimizada pela adição controlada de microrganismos reconhecidos por apresentarem mecanismos diretos e indiretos de promoção do crescimento vegetal, dando origem a um produto bioativado. Esses agentes biológicos podem levar a um melhor desempenho do sistema de produção, visto que tem potencial de fornecer nutrientes para as plantas, por meio da fixação biológica, da solubilização de compostos insolúveis, produção de hormônios vegetais e de compostos com potencial de controle de pragas e doenças (VILLEN, 2002). Ainda, a incorporação de matéria orgânica no solo, presente no adubo organomineral, pode levar a bioativação da microbiota natural do solo.

Os gêneros *Azospirillum sp.*, *Bacillus sp.*, *Nitrospirillum sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Trichoderma sp.* são os mais utilizados podendo ser incorporado no início ou no fim do processo de fabricação dos fertilizantes organominerais. O *Bacillus subtilis*, produz fitormônios durante seu desenvolvimento, proporcionam também estímulo no desenvolvimento radicular da soja (ARAÚJO; HENNING; HUNGRIA, 2005), além de ter atividade fungicida e nematicida, assim como *Bacillus amyloliquefaciens* (SHAFI, 2017). Estudos têm demonstrado que o *Azospirillum sp.* pode promover o crescimento e o aumento da produtividade (BASHAN; HOLGUIN, 1997; BASHAN; MORENO; TROYO, 2004), possuindo benefícios como inoculante por ser uma bactéria endofítica, penetra nas raízes das plantas, apresenta antagonismo a agentes patogênicos, produz fitormônios e ocorre em todos os tipos de solo e clima (ANDRADE et al., 2016).

Bactérias do gênero *Pseudomonas sp.* e *Bacillus sp.* também desempenham um importante papel como promotoras de crescimento de plantas e inibem o crescimento de agentes patogênicos (COMPANT et al., 2005; RYAN et al., 2008), são considerados os mais eficientes solubilizadores de fosfatos inorgânicos (RODRIGUEZ; FRAGA, 1999). O gênero *Pseudomonas sp.* sintetiza sideróforos em condições de limitação do ferro, disponibilizando-o

para a planta (SANTOYO; OROZCOMOSQUEDA; GOVINDAPPA, 2012). O *Trichoderma sp.* possui importantes funções no solo, que vão desde o crescimento e estabilização da planta até o controle biológico de doenças de solo (MISRA; ANSARI, 2021; SHAH et al., 2021).

O principal diferencial do BRT Organom[®], produto utilizado no presente estudo, é a liberação gradual de nutrientes provocado pelo encapsulamento dos minerais na matriz orgânica no processo de secagem a frio, onde conserva-se a população de microorganismos. À medida que a microbiota do solo é ativada pela matéria orgânica os nutrientes vão sendo liberados para as plantas. Garantindo expressiva redução da perda de nutrientes minerais minimizando desta forma a volatilização de nitrogênio, fixação de fósforo e lixiviação de potássio, além de usar de forma racional os insumos minerais diminuindo o seu impacto ambiental.

2.5 Deficiência hídrica

Mesmo realizando a correção de todas as necessidades nutricionais e genéticas que a cultura necessita, as plantas estão sujeitas às variações ambientais por meio de estresses abióticos e bióticos. Os elementos do clima, que apresentam maior influência sobre o comportamento e desenvolvimento desta cultura são: a temperatura, o fotoperíodo e a disponibilidade hídrica (FUNDAÇÃO CARGILL, 1982; FARIAS, 1994). O déficit hídrico, normalmente, é o principal fator responsável por perdas na lavoura (FUNDAÇÃO CARGILL, 1982; FARIAS et al., 2001), visto que está diretamente relacionado com as vias metabólicas do vegetal, causando fechamento estomático, reduzindo a fotossíntese e consequentemente a produtividade da cultura (CAMARGO, 2010; TAIZ et al., 2017; FENG et al., 2020).

Pode induzir uma ampla gama de sintomas de lesão em plantas, como redução do crescimento, aumento do estresse oxidativo e mudanças no metabolismo que interferem na produção de fotoassimilados, desta forma, as plantas estressadas passam por uma série de adaptações morfológicas e fisiológicas frente ao estresse hídrico (DU et al., 2020). Diminuindo as concentrações de sacarose e amido nas folhas, aumentando as concentrações de hexose (glicose + frutose) e reduzindo o crescimento da vagem (LIU et al., 2004).

A disponibilidade de água é importante, principalmente, nos períodos de germinação-emergência e floração-enchimento de grãos, durante o primeiro período, tanto o excesso quanto o déficit de água são prejudiciais à obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas (POPINIGIS, 1985; BERLATO, MATZENAUER; BERGAMASCHI, 1986; EMBRAPA, 2006).

Além disso, o déficit hídrico minimiza a disponibilidade de nutrientes essenciais e reduz a fixação biológica do nitrogênio (FBN) (CEREZINI et al., 2017), aumenta a abscisão foliar e antecipa o ciclo e, reduz a área foliar (CHACON et al., 2017), o rendimento e qualidade dos grãos (ENGELS et al., 2017).

2.6 Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

Dentre as cultivares de soja mais utilizadas, observa-se uma tendência na preferência por cultivares de ciclo precoce e de crescimento indeterminado, permitindo antecipação da semeadura sem que haja redução na altura das plantas proporcionada pela reação ao fotoperíodo.

O índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) é um indicador de biomassa fotossinteticamente ativa, composto por uma combinação matemática de duas ou mais bandas espectrais que aumenta o contraste entre vegetação e o solo e as estruturas da superfície terrestre (HOLBEN, 1986; PONZONI; SHIMABUKURO, 2007) varia de -1 a 1, onde -1 se refere à ausência total de reflectância do infravermelho, 0 corresponde a ausência de clorofila e 1 representa alta concentração de folhas verdes (POLSAPALLI, 2005).

Na agricultura, através deste indicador é possível estimar produção, vigor vegetativo, deficiência de nutrientes, presença de patógenos, estresse hídrico, dentre outros (RIZZI; RUDORFF, 2007; PICOLI et al., 2009; MOTOMIYA et al., 2009; MOLIN et al., 2010; GODOY; HENNING, 2008; OVIEDO; RUDORFF, 2000).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos da adubação organomineral bioativada no desenvolvimento vegetal e produtividade da cultura da soja, bem como nos atributos químicos do solo, em comparação com a adubação mineral tradicional.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar os parâmetros relacionados ao desenvolvimento vegetal (altura da planta, diâmetro de caule, número de galhos, número de vagens) da cultura da soja cultivada utilizando adubação convencional e adubação organomineral bioativada;
- Estimar a produtividade da soja nos diferentes tratamentos a partir dos dados do peso de 1000 grãos;
- Realizar análise químicas do solo para comparar alterações em respostas aos diferentes tipos de adubação;
- Comparar, por meio da utilização de imagens de NDVI, o desenvolvimento fenológico da cultura da soja nos diferentes tipos de adubação;
- Acompanhar a deficiência hídrica no período do experimento correlacionando com a produtividade.

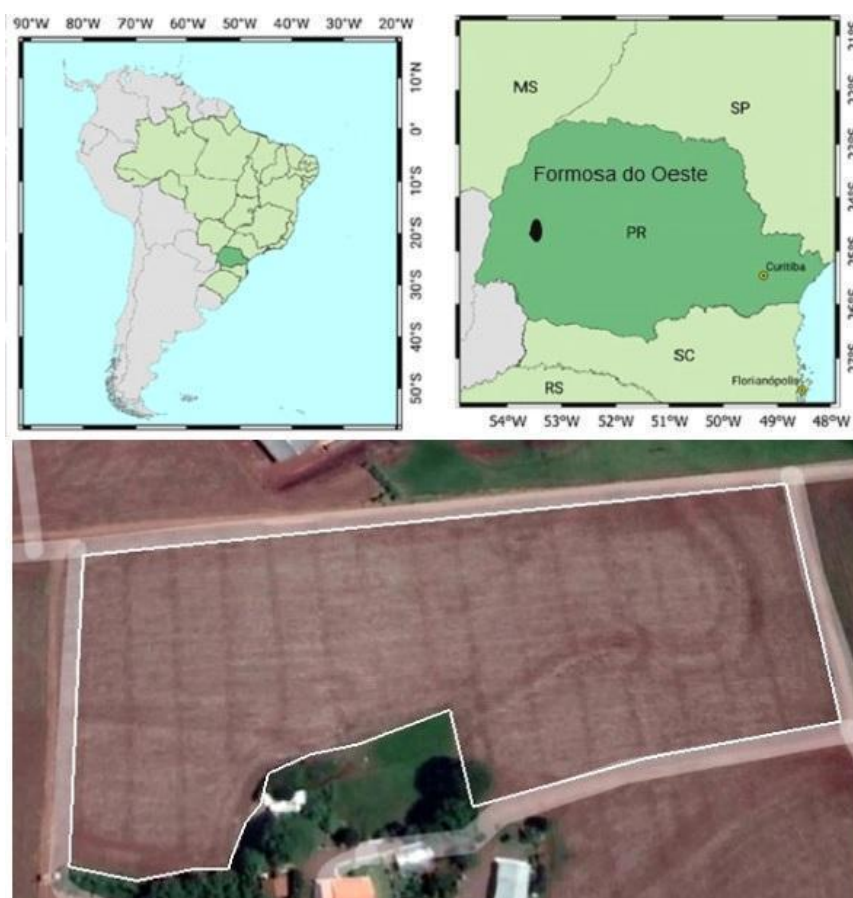
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização do Experimento

O experimento foi realizado no município de Formosa do Oeste, Paraná. A área experimental foi instalada em altitude de 420 m nas coordenadas geográficas: longitude 53° 18' 45" W e latitude 24° 17' 34" S (Figura 3). O clima, de acordo com a Classificação de Köppen (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007), é subtropical, úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. A média de temperatura nos meses mais quentes é superior a 22 °C e nos meses mais frios é inferior a 18 °C (NITSCHKE et al., 2019).

A área vem sendo utilizada em sistema de plantio direto há 15 anos em sucessão de culturas, soja no verão e milho no inverno, em solo classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2013). As características granulométricas do solo são: 760 g kg⁻¹ de argila, 80 g kg⁻¹ de areia e 160 g kg⁻¹ de silte.

Figura 3 - Croqui de localização da área experimental. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.

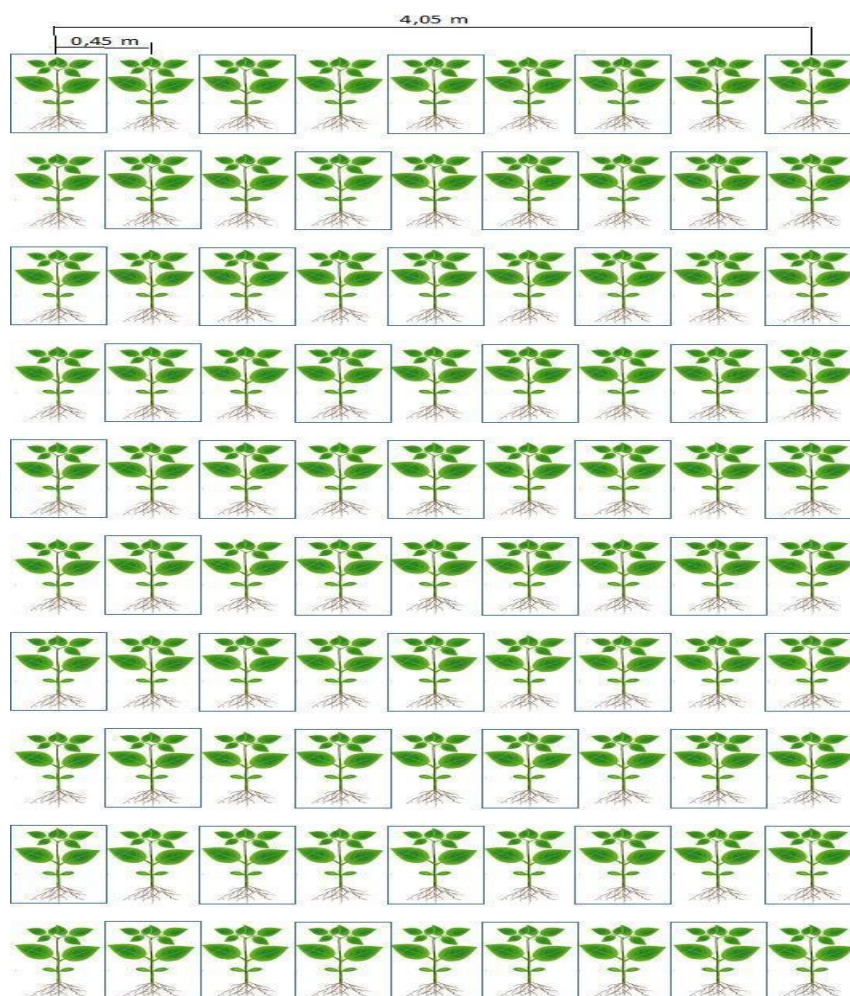


Fonte: Autoria própria (2021)

4.2 Delineamento experimental

O arranjo experimental foi delineado de forma inteiramente aleatorizado (DIC) composto por dois tratamentos de adubação. Os pontos de avaliação foram escolhidos aleatoriamente, evitando a curva de nível presente na área. As parcelas experimentais foram constituídas por nove linhas de plantio com 1 metro de comprimento e espaçadas de 0,45 metro entre si. A área útil de cada parcela foi considerada como sendo cinco plantas de cada linha, através de amostragem sistemática utilizando uma planta sim e outra não, totalizando na parcela 45 plantas úteis (Figura 4).

Figura 4 - Parcela experimental constituída por nove linhas de plantio com 1 metro de comprimento e espaçamento de 0,45 metro entre linhas, avaliando-se 5 plantas por linha. Totalizando 45 plantas avaliadas por parcela. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.



Fonte: Autoria própria (2021)

A área total foi composta por oito parcelas (Figura 5) em que as parcelas compostas pela letra O foram semeadas utilizando fertilizante organomineral bioativado e as compostas

pela letra C foram semeadas utilizando fertilizantes mineral convencional, o que resultou em uma área amostral de 32,4 m² e um total de 720 plantas.

Figura 5 - Croqui de representação das parcelas do experimento realizado em uma área de 2,4 hectares sendo as parcelas de organomineral sinalizadas pela letra O e as de mineral pela letra C. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.



Fonte: Fields area measure (2021)

4.3 Tratamentos

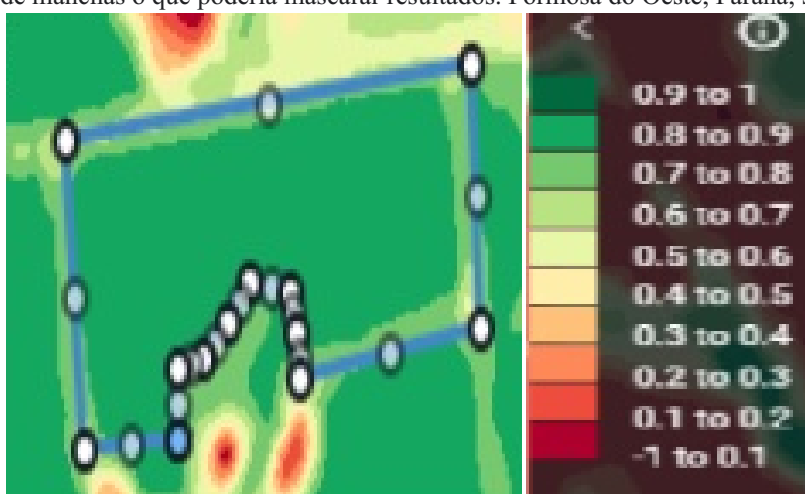
O arranjo experimental foi composto por dois tratamentos de adubação (T1 – fertilizante organomineral e T2 – fertilizante mineral), com dose de 207 kg ha⁻¹ em ambos os tratamentos. O fertilizante químico utilizado apresentava formulação 04-24-16 e o fertilizante organomineral 01- 07/15-15, de NPK, respectivamente.

O fertilizante organomineral foi adquirido na empresa Bioresult Agronegócios LTDA em Toledo/PR, sob lote 001.6408.0001.2021, com data de fabricação em 13/09/2021. Para a caracterização do fertilizante organomineral a Bioresult®, realiza análises do teor de N, P₂O₅ solúvel em água (H₂O), P₂O₅ total, K₂O, umidade, carbono orgânico, em laboratório credenciado pelo MAPA. Vale ressaltar que o fertilizante organomineral BRT Organom® é bioativado, porque no processo de formulação, são acrescentados microrganismos no início da produção e permanecem vivos ao final da produção, pois o processo de secagem é a frio, que são comprovados através de experimentos em placa de petri e análise metagenômica.

A semeadura foi realizada 13 de outubro de 2021, semeando-se 12 sementes por metro da cultivar de soja BS 2606 IPRO, de hábito de crescimento indeterminado, cor de pubescência Cinza, cor da flor roxa, grupo de maturação 6.0, alta exigência em fertilidade, com peso médio de 1000 grãos de 165 gramas, possui trait intacta RR2 PRO. Possui resistência à Podridão Radicular de Fitóftora (*Phytophthora sojae*), Pústula Bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*). Moderadamente resistente à Cancro da Haste (*Diaporthe phaseolorum*) e Mancha Olho-de-rã (*Cercospora sojina*). Suscetível ao Nematóide de Galhas (*Meloidogyne incógnita*) e Nematóide de Cisto (*Heterodera glycine*)(BASF, 2021)

Foi realizado a captação da imagem de NDVI da safrinha de milho (2020) (Figura 6), demonstrando que a área onde foi implantado o experimento não possuía manchas, o que poderia ser um fator de influência no desenvolvimento do trabalho e principalmente dos resultados.

Figura 6 – Imagem NDVI realizada antes da implementação do experimento para demonstrar que o solo não possui problemas de manchas o que poderia mascarar resultados. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.



Fonte: Land Viewer (2021)

4.4 Tratos Culturais

Durante o desenvolvimento da cultura, foram realizadas aplicação de glifosato em área total para controle das plantas daninhas, principalmente caruru (*Amaranthus spp.*), pé de galinha (*Eleusine indica*) e falsa serralha (*Emilia sonchifolia*); e capina para controle de buva (*Conyza bonariensis*) e capim amargoso (*Digitaria Insularis*), utilizando somente produtos registrados pelo Mapa (BRASIL, 2009). O controle de pragas foi realizado apenas quando o nível de ação foi atingido sendo realizado duas aplicações para percevejo (QUINTELA et al., 2005).

4.5 Variáveis Analisadas

As avaliações foram realizadas em cinco plantas por linha de cada parcela em todas as datas de avaliação (23/10/2021, 07/11/2021, 22/11/2021, 07/12/2021, 22/12/2021, 06/01/2022, 21/01/2022, 05/02/2022), sendo elas: altura de planta (cm), diâmetro de caule (mm), número de galhos, número de vagens por plantas, massa de 1000 grãos (g), produtividade de grãos (kg ha^{-1}).

4.5.1 Altura de planta

A altura de planta foi avaliada por meio de uma régua graduada disposta ao lado da planta, sendo obtido o valor (cm) do solo até o último trifólio aberto da planta.

4.5.2 Diâmetro de caule

Diâmetro de caule foi realizado com a utilização de um paquímetro disposto próximo à base da planta, sendo obtido o valor (mm).

4.5.3 Número de galhos

O número de galhos foi realizado através da contagem manual.

4.5.4 Número de vagens

O número de vagens foi realizado através da contagem manual.

4.5.5 Massa de 1000 grãos

A massa de 1000 grãos foi obtida na fase de colheita, seguindo a metodologia da Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Onde são contadas oito repetições de 100 grãos em cada parcela, pesado em balança de precisão, procedimento realizado nas quatro parcelas de ambos os tratamentos.

4.5.6 Produtividade de grãos

A produtividade média de grãos foi avaliada na maturidade final, após a colheita e beneficiamento através de debulha manual das vagens e pesagem em balança de precisão dos grãos colhidos na área útil de cada parcela. Em seguida, os valores obtidos da parcela útil foram extrapolados para kg ha^{-1} .

4.6 Determinação dos teores de nutrientes disponível no solo

Coleta de amostra de solo realizada na profundidade de 0-20 cm antes do plantio para verificação dos nutrientes disponíveis no solo. Coleta refeita após a colheita, em ambos os tratamentos, para comparação da disponibilidade de nutrientes após a colheita, atestando se existe efeito residual dos fertilizantes.

Para formar cada amostra composta, foram coletadas vinte amostras simples em cada tratamento, sendo dez coletas nas linhas e dez nas entrelinhas, obtendo-se assim uma amostra composta de 500g. Todas as amostras foram encaminhadas ao laboratório para determinação de pH e os teores de P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e matéria orgânica (MO), conforme determinação (EMBRAPA, 1997).

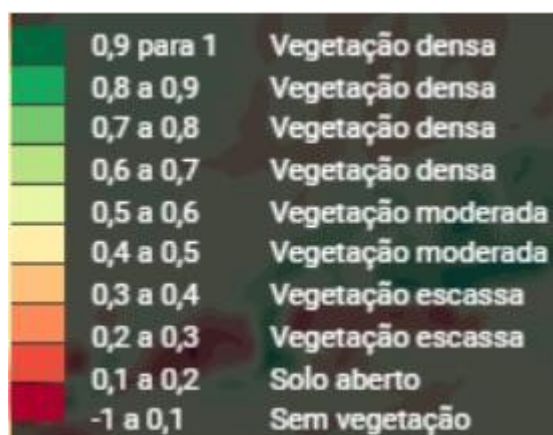
4.7 Avaliação da ocorrência de deficiência hídrica

Os dados pluviométricos foram coletados diariamente através de um pluviômetro manual instalado na área de cultivo ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja, a fim de verificar se o déficit hídrico poderia estar relacionados com a redução de produtividade no período avaliado e se o uso de organomineral poderia minimizar esse efeito. Foi usado como referência a estação meteorológica mais próxima (43 Km) que fica situada na cidade de Goioerê, de onde foram retirados os dados de todo o ciclo da cultura através do site do Inmet (SISDAGRO,2022).

4.8 Análise Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

O NDVI (Análise Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index)) é um indicador sensível da quantidade e condição da vegetação, cujos valores variam no intervalo de -1 a 1 (Figura 7), em que -1 representa um solo descoberto sem vegetação, e 1 um solo totalmente coberto com vegetação. O processamento das imagens e a obtenção dos índices de vegetação foram realizados no programa Land Viewer, através do par de satélites SENTINEL-2, possuindo como vantagem capturas de imagem a cada 4 a 5 dias.

Figura 7 - Classificação das imagens de NDVI obtidas no programa Land Viewer, em que -1 apresenta solo sem vegetação e 1 solo totalmente coberto com vegetação com elevada atividade fotossintética.



Fonte: Land Viewer (2021)

4.9 Análise Estatística

Os dados obtidos de altura de planta (cm), diâmetro de caule (mm), altura da inserção da primeira vagem (cm), número de vagens por plantas, número de vagens de 1 grão, número de vagens de 2 grãos, número de vagens de 3 grãos, número de vagens de 4 grãos, massa de 1000 grãos, produtividade de grãos (kg/ha) foram analisadas estatisticamente por meio da análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. As análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico R (R Core Team, 2022).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O experimento foi instalado no dia 13 de outubro de 2021, com atraso no plantio de 28 dias em comparação com o ano anterior devido à estiagem que ocorreu nos meses de agosto e setembro no oeste do Paraná. No entanto, o início do plantio foi marcado pelo excesso de pluviosidade, ocasionando dificuldades no arranque inicial da cultura, que rapidamente se estabeleceu. Durante a fase de floração e enchimento de grãos a propriedade, assim como grande parte do oeste do Paraná sofreu com estiagem de mais de 30 dias, sendo estágio R1 a R4 os mais críticos para ocorrência de déficit hídrico, acarretando em redução drástica da produtividade. Nos tópicos a seguir serão apresentados os principais resultados obtidos no experimento, relacionando com os aspectos pluviométricos do período avaliado.

5.1 Avaliação do Experimento

Quanto à altura de plantas, verificou-se diferença estatística ($p \leq 0,05$) entre o fertilizante organomineral bioativado e o fertilizante mineral em todas as avaliações realizadas (Tabela 1). As plantas tiveram crescimento até 70 DAS quando iniciou o processo de formação de vagens, por ter passado por falta de precipitação pluviométrica, a planta estagnou o crescimento e priorizou a formação de descendentes. Diante dos fatores que interferiram diretamente na altura das plantas, o tratamento com fertilizante organomineral obteve diferença de 8,38% em relação ao fertilizante mineral.

O incremento da altura de planta pode estar intimamente relacionado ao desenvolvimento das raízes e ambos estão associados à melhoria proporcionada pela fração orgânica do fertilizante organomineral, que minimiza as perdas de nutrientes por promover sua liberação lenta ao longo do período de desenvolvimento da cultura, além de aumentar a microbiota do solo (ANTILLE et al., 2013; NAKAYAMA et al., 2013; MARTINS et al., 2015).

A altura de plantas tem influência no maior número de nós e vagens e, consequente, maior produtividade, além da supressão de invasoras pelo fechamento rápido do dossel (ZAMBIAZZI et al., 2017; ZANON et al., 2018). Além disso, o maior o crescimento e desenvolvimento vegetal está relacionado ao aumento nos teores de P, principal indicativo do efeito da solubilização de fosfato (BASHAN; BASHAN, 2004).

Tabela 1 - Altura de plantas (cm) da soja cultivada com fertilizante organomineral bioativado e fertilizante mineral avaliadas durante o desenvolvimento da cultura. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.

Tratamentos	Altura de planta (cm)							
	Tempo (dias após semeadura)							
	10	25	40	55	70	85	100	115
Organomineral	4,55a	16,20a	23,76a	30,69a	43,32a	43,32a	43,32a	43,32a
Mineral	4,29b	14,11b	21,50b	28,41a	39,97b	39,97b	39,97b	39,97b

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022)

Ressalta-se que apesar de todo estresse hídrico sofrido durante o ciclo, a altura de plantas observada neste trabalho estão de acordo com Stochero et al. (2020), ao estudarem diferentes cultivares de soja em terras baixas encontraram uma média de 69,92 cm para as cultivares semeadas entre outubro e novembro, coincidindo com o mesmo período de semeadura do experimento.

Diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$) também foram verificadas em todas as avaliações quando considerados os valores médios de diâmetro do caule em comparativo entre o fertilizante organomineral bioativado e o fertilizante mineral (Tabela 2). Da mesma forma como para a altura das plantas, o diâmetro máximo foi atingido aos 70 DAS, obtendo diferença de 9,40% em comparação com o fertilizante mineral. Esse aumento no diâmetro de caule das plantas utilizando o fertilizante organomineral torna os caules mais robustos, que passam a desenvolver ramos laterais fazendo que as plantas se tornem mais tolerantes ao acamamento (DIAS et al, 2021; ANDERLE; HANAUER; HERMES, 2020).

Tabela 2 - Diâmetro de caule (mm) da soja cultivada com fertilizante organomineral bioativado e fertilizante mineral avaliadas durante o desenvolvimento do experimento. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.

Tratamentos	Diâmetro (mm)							
	Tempo (dias após semeadura)							
	10	25	40	55	70	85	100	115
Organomineral	0,52a	0,98a	3,19a	4,70a	6,52a	6,52a	6,52a	6,52a
Mineral	0,45b	0,93b	2,97b	4,21b	5,96b	5,96b	5,96b	5,96b

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022)

Esse comportamento foi comprovado em relação ao número de galhos, onde constatou-se que o fertilizante organomineral bioativado proporcionou um incremento significativo no início do desenvolvimento da cultura ($p \leq 0,05$) (Tabela 3). As plantas atingiram o número de galhos máximo aos 55 DAS, devido ao déficit hídrico, desenvolvendo poucas ramificações reduzindo desta forma a massa foliar e, principalmente, o número de vagens. A cultivar utilizada no estudo é caracterizada pela predominância de desenvolver galhos laterais, que contribuem com uma maior quantidade de massa foliar tornando a planta mais resistente ao acamamento, evitando assim o tombamento e quebra de galhos, especialmente quando a planta está em plena produção, elevando maior produtividade no ciclo (SANTOS et al, 2020).

Tabela 3 - Número de galhos da soja cultivada com fertilizante organomineral bioativado e fertilizante mineral avaliadas durante o desenvolvimento do experimento. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.

Tratamentos	Número de galhos							
	Tempo (dias após semeadura)							
	10 ¹	25	40	55	70	85	100	115
Organomineral	-	3,93 a	5,98 a	7,98 a	7,98 a	7,98 a	7,98 a	7,98 a
Mineral	-	3,67 b	5,89 a	7,89 a	7,89 a	7,89 a	7,89 a	7,89 a

¹Não apresentava o trifólio desenvolvido na primeira avaliação do experimento.

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

Fonte: A autoria própria (2022)

Em relação ao número total de vagens (Tabela 4) foram verificadas diferenças estatísticas ($p \leq 0,05$) na avaliação, aos 100 DAS, quando as plantas já estavam iniciando o processo de senescência, atingindo deste modo o número máximo de vagens. De acordo com Lana et al. (2014) os nutrientes são liberados gradualmente nos fertilizantes organominerais o que pode levar ao aproveitamento, especialmente em solos com adsorção de fósforo (P) a longo prazo, o que vai de encontro ao observado no presente trabalho, onde foram obtidas médias estatisticamente iguais entre os dois tratamentos no inícios da avaliação do número de vagens, se diferenciando estatisticamente ao final do experimento.

Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Orlando Júnior et al. (2016), comparando o desempenho da soja cultivada com fertilizante mineral, orgânico e organomineral a base de cama de aviário, observou-se uma superioridade considerável para o número de vagens por plantas para o fertilizante organomineral. E por Carvalho et al. (2011)

ao utilizar adubação com o resíduo orgânico “cama de frango” verificou-se elevação no número de legumes por planta e o rendimento de grãos de soja.

Tabela 4 - Número de total de vagens de soja cultivada com fertilizante organomineral bioativado e fertilizante mineral avaliadas durante o desenvolvimento do experimento. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.

Número total de vagens por planta				
Tratamentos	Tempo (dias após semeadura)			
	70	85	100	115
Organomineral	6,49 a	11,49 a	19,62 a	19,62 a
Mineral	5,58 a	10,58 a	17,72 b	17,72 b

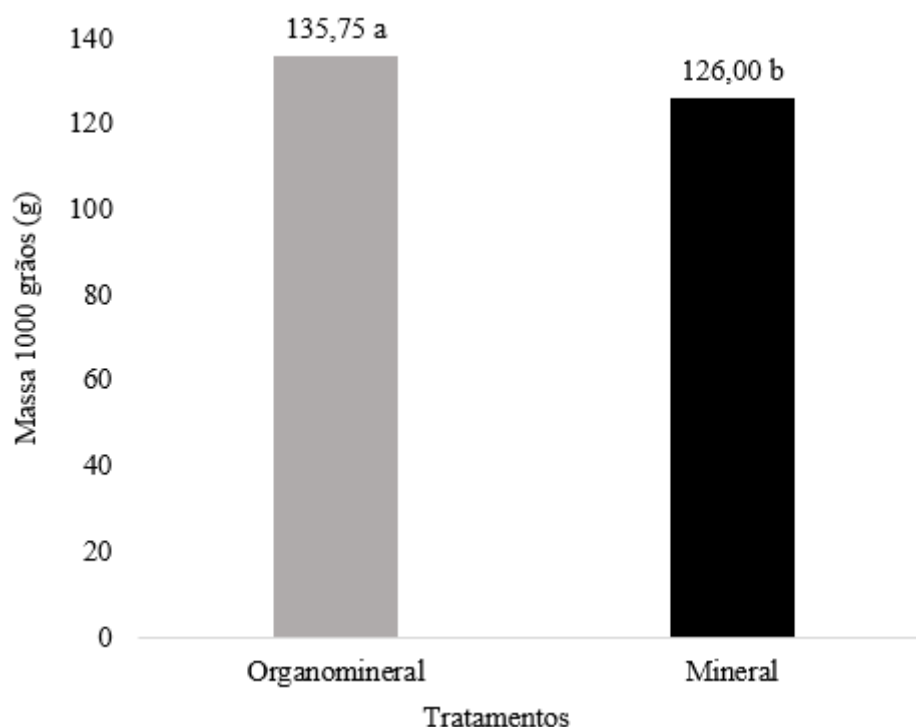
Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a massa de 1000 grãos constatou-se que as médias dos valores diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, apresentando um incremento significativo com o uso do fertilizante organomineral bioativado (Figura 8). A maior massa obtida, foi no tratamento organomineral (135,75 g) com diferença de 7,74% em relação ao tratamento com fertilizante mineral (126,00 g). A presença de matéria orgânica no fertilizante organomineral possivelmente permitiu que os nutrientes fossem disponibilizados de maneira contínua e regular durante todo o período do ciclo da cultura favorecendo o melhor aproveitamento dos mesmos (COSTA, 2017).

Costa et al. (2018), avaliando a massa de 100 grãos da cultura da soja, encontrou respostas semelhantes, sendo os valores encontrados de 14,33 g para o fertilizante mineral e 16,37 g para o fertilizante organomineral à base de cama de aviário. Trabalhos realizados por Andreotti et al. (2008), Gonçalves Júnior et al. (2008) e Oliveira, et al., (2012) constataram que a inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens* aumentou a massa de 100 grãos, o que culminou no aumento da produtividade.

Figura 8 - Massa de 1000 grãos (g) da soja cultivada com fertilizante organomineral bioativado e fertilizante mineral avaliadas durante o desenvolvimento do experimento. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.



Fonte: Autoria própria (2022)

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

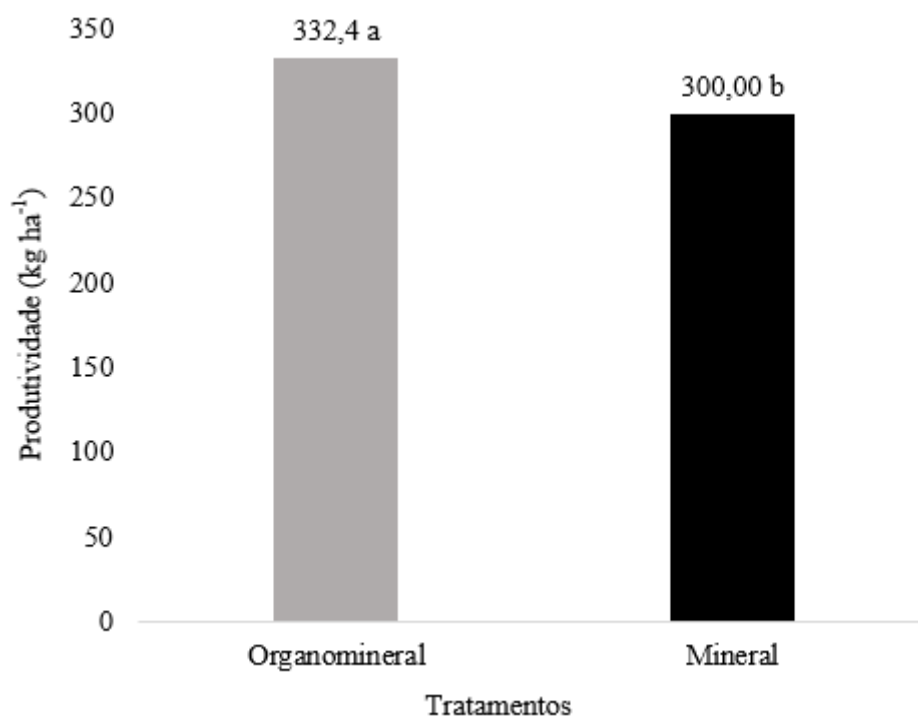
A produtividade de grãos em kg ha^{-1} apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos, com o fertilizante organomineral representando um rendimento de 0,54 sacas a mais por hectare ($32,4 \text{ kg ha}^{-1}$), em relação ao fertilizante mineral, uma diferença de 10,8% (Figura 9). Resultados superiores foram encontrados por Almeida Júnior (2017), comparando fertilização mineral e organomineral para a cultura da soja, onde obtiveram rendimento de 20,33 sacas a mais por hectare, para o fertilizante organomineral, uma diferença de 34,52%. E por Souza et al. (2019), que relataram produtividade de 43,9 e 52,5 sacos de soja por hectare, cultivada com fertilizante mineral e organomineral respectivamente, representando uma diferença de 17,31%.

No experimento foi observado uma baixa produtividade na cultura da soja em todos os tratamentos. Isso ocorreu em razão da escassez hídrica que ocorreu entre os 30 DAS até 101 DAS, nas fases V5 a R4, em que, segundo Sentelhas et al (2015) e Engels et al (2017), déficit hídrico provoca alterações fisiológicas na planta (fechamento estomático e o enrolamento de folhas) causando a queda prematura das folhas e de flores e abortamento de

vagens, grãos mal formados e redução do rendimento de grãos, afetando desta forma seu crescimento, desenvolvimento e com isso a produtividade e a qualidade dos grãos.

Diferenças estatísticas significativas também foram encontradas por Ulsenheimer, (2016) na produtividade da soja entre os tratamentos utilizando diferentes doses e tipos de adubo organomineral na cultura da soja. Possivelmente a presença de matéria orgânica na composição do organomineral permitiu que os nutrientes adicionados fossem disponibilizados de maneira contínua e regular durante todo o período do ciclo da cultura favorecendo o melhor aproveitamento dos nutrientes.

Figura 9 - Produtividade (kg ha^{-1}) da soja cultivada com fertilizante organomineral bioativado e fertilizante mineral avaliadas durante o desenvolvimento do experimento. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.



Fonte: Autoria própria (2022)

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

Segundo Castanheira et al. (2015), com o uso contínuo de fertilizantes organominerais, diminui a necessidade de aplicações de grandes quantidades de fertilizantes, sendo necessário apenas serem feitas adubações de manutenção, pois esses fertilizantes estimulam a proliferação de microrganismos os quais realizam a mineralização dos nutrientes disponibilizando-os para as plantas durante todo o seu ciclo.

De modo geral, avaliando o uso do fertilizante organomineral no primeiro ano de cultivo obteve-se uma diferença de 0,54 sacos por hectare em comparação com o fertilizante mineral, em termos práticos este acréscimo em uma área de cultivo de 100 hectares, levaria a um incremento de 54 sacas, que sendo comercializadas a um valor médio de R\$ 180,00 a saca (preço do dia da colheita 05 de fevereiro de 2022), corresponde a uma receita adicional de R\$ 9.720,00. Tomando por base os dados do USDA (2021), que estimou que o Paraná atingiu uma área de 5,632 milhões de hectares cultivados na safra de verão 20/21, multiplicados pelo adicional produtivo, seria possível obter mais de 3,04 milhões de sacas de soja adicionais, apenas no estado do Paraná, com uma receita de R\$ 547,20 milhões.

5.2 Disponibilidade dos nutrientes no solo

Na adubação com organomineral bioativado, houve elevação do pH do solo e nos teores de Ca e P, com diferença de 11,30%, 11,86% e 26,95%, respectivamente (Tabelas 5). Para o MO não ocorreu diferença relevante entre os tratamentos, porém os valores no solo aumentaram em relação a avaliação inicial no tratamento organomineral bioativado. Resultados semelhantes foram observados por Mantovani et al., (2005), em que a adubação com resíduos orgânicos melhorou a propriedade química do solo, principalmente o fósforo, devido à disponibilidade de P no adubo orgânico e aos aumentos do valor de pH e do teor de matéria orgânica (MAZUR et al., 1983a; ABREU JR. et al., 2002).

Diversas plantas se desenvolvem em solos levemente ácidos a neutros, ou seja, solos com pH entre 6 e 7 (REZENDE, 2011), apesar de ter aumentado o pH do solo, o ideal para o desenvolvimento das plantas e absorção de nutrientes é entre 6 e 6,5, desta forma a acidificação do solo observada no trabalho pode ter levado a menor capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas. O aumento de pH, proporciona diminuição na retenção de fósforo, o que contribui para o aumento na sua disponibilidade em solução (ERNANI et al., 1996; NOLLA, 2003).

Tabela 5 - Características químicas do Latossolo Vermelho Distroférico. Valores do pH do solo em CaCl_2 (pH), fósforo (P), matéria orgânica (M.O), cálcio (Ca), potássio (K) e saturação por bases (V), Antes da instalação do experimento e após a colheita em Formosa do Oeste, PR, 2022.

Fertilizante	pH	P	MO	Ca	K	V
	CaCl_2	mg dm^{-3}	g dm^{-3}	$-\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}-$		$---\%---$
Antes do experimento	4,78	37,81	28,56	5,82	1,00	63,97
Mineral	4,81	37,29	28,60	5,90	0,97	64,42
Organomineral	5,32	48,00	29,00	6,51	1,03	67,56

Fonte: Laboratório Acqua Sollus (2021; 2022)

A concentração de P após a colheita foi maior para o tratamento que recebeu o fertilizante organomineral em relação ao mineral, efeito semelhante aos obtidos por Ourives et al. (2010) em estudos para avaliar a influência da MO na liberação de P no solo, observaram a elevação do elemento na solução.

De acordo com Alcântara Neto et al. (2010), o fósforo é o elemento limitante ocasionando redução no porte das plantas e altura de inserção das primeiras vagens, devido a estar intimamente ligado a processos metabólicos, ATP, DNA, constituição enzimática, sendo a principal fonte de energia na realização de processos como: carga genética, transporte de assimilados, fotossíntese e divisão celular (MALAVOLTA, 2006; BREVILIERI, 2012; BALIZA, 2021). Apresentando baixa mobilidade no solo pela grande fixação nas argilas, caracterizando seu acúmulo mais superficial, fazendo com que as raízes se concentrem nessa superfície. Sua dinâmica está associada a fatores ambientais que controlam a atividade dos microrganismos, os quais imobilizam ou liberam os íons ortofosfato, e às propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo (RHEINHEIMER et al., 2008).

Segundo Kiehl (2013), a cada 100 kg de P solúvel de fertilizante mineral aplicado como adubo no solo, no primeiro ano de cultura, apenas cerca de 25%, são aproveitados pelas plantas, em condições desfavoráveis o aproveitamento chega a ser de apenas 5 kg a 10 kg dos 100 kg de fertilizante fosfatado aplicado. O Brasil depende de fosfato derivados do exterior pois a produção não é suficiente, portanto, aproveitar a disponibilização de nutrientes contidos nos resíduos orgânicos (OGINO et al., 2020; BALIZA, 2021), possibilitando a concentração

dos nutrientes essenciais NPK, em um mesmo grânulo, de maneira uniforme (GAZIRE, 2016).

Os fertilizantes organominerais disponibilizam P lentamente e a solubilização é gradativa no decorrer do desenvolvimento da cultura, pois a MO transformada e rica em substâncias húmicas e possui propriedade que aumentam a disponibilidade de cargas negativas na região de liberação de fosfato dos fertilizantes organominerais. Retendo eletrostaticamente os nutrientes catiônicos como o potássio, cálcio, magnésio, manganês, zinco, cobre, entre outros, evitando perdas dos mesmos (KIEHL, 2008; 2013).

Dentre as alternativas que possibilitam a melhoria na eficiência das fontes de fósforo, destaca-se a ação dos microrganismos solubilizadores (GOLDSTEIN, 1986; KIM et al., 1998; RODRIGUEZ; FRAGA, 1999). A associação simbiótica com microrganismos proporciona um aumento da capacidade de absorção de água e nutrientes, promovendo incremento na eficiência da adubação fosfatada (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). E desempenham papel importante na liberação de formas inorgânicas de fósforo (Ca-P, Al-P e Fe-P), aumentando o seu teor na solução, proporcionando melhor crescimento e maior rendimento das plantas (CHABOT et al., 1996).

Os microrganismos solubilizadores de fósforo são capazes de converterem as formas insolúveis de P em formas solúveis, mediante processos de acidificação, quelatização, reações de trocas e produção de ácidos orgânicos (RAMIREZ et al., 2015). De acordo com Mendes et al. (2014), a liberação de ácidos orgânicos é o principal mecanismo usado por algumas espécies fúngicas para solubilizar fosfatos de rocha. Podem também promover o crescimento a partir da solubilização de P e/ou na liberação de fosfatos solúveis por meio de sua ação quelante sobre cátions, a produção de fito-hormônios, enzimas e sideróforos, e a bioproteção (OLIVEIRA, 2020).

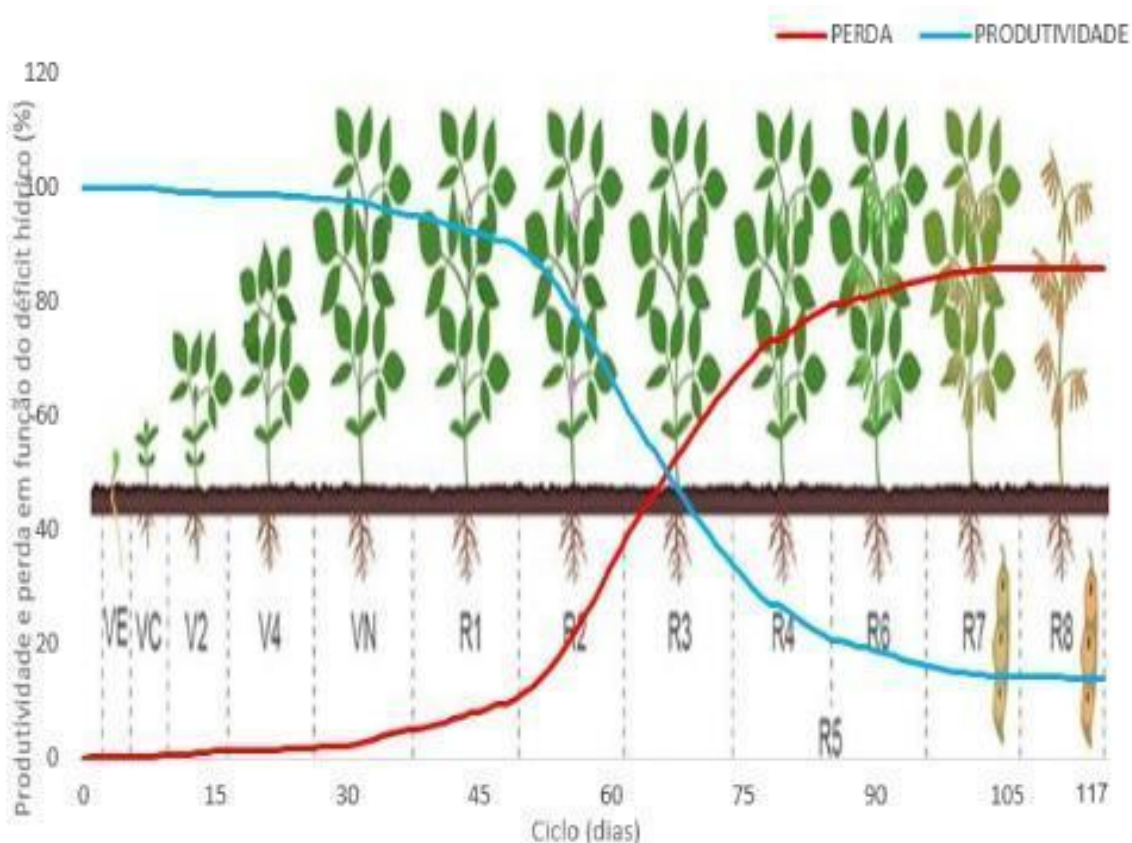
5.3 Penalização por deficiência hídrica (ky)

O balanço hídrico do solo ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura da soja demonstrou as épocas de excedente e déficit hídrico no solo (Figura 10). Percebeu-se que nos primeiros dias após semeadura (DAS) o balanço hídrico no solo encontrava-se em excedente, em virtude do excesso de chuva ao longo do plantio até os 21 DAS, quando a planta encontrava-se em V2. Esse é um período crítico para a cultura, uma vez que coincidiu com os períodos de germinação e emergência das plântulas, atrasando e dificultando esses estágios.

A partir dos 31 DAS quando a planta estava em V5, passando pelos estágios de crescimento e desenvolvimento, ocorreram períodos de estresse hídrico, onde o balanço hídrico ficou em déficit devido a irregularidade de chuvas que atingiu o Oeste do Paraná. A partir dos 41 DAS quando a planta iniciou em R1, iniciando o período de florescimento e reprodução, outra fase crítica para a cultura, o balanço hídrico do solo apresentava-se com déficit, ou seja, as condições de umidade desfavorecendo o enchimento e desenvolvimento de grãos, ocasionando uma quebra de safra em todo o Oeste do estado do Paraná.

Depois dos 101 DAS a planta encontrava-se em estágio R7 o regime de chuva voltou a crescer na região, porém a cultura já se encontrava em senescência, onde as chuvas no momento só acarretavam em mais problemas, como o início da germinação dos grãos dentro das vagens, podridão, debulha, reduzindo ainda mais a produtividade da cultura.

Figura 10 - Perda de produtividade da soja em função do déficit hídrico no solo. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.



Fonte: Dados retirados do Sisdagro, 2022

Os períodos de desenvolvimento da cultura que apresentaram déficit hídrico no solo, resultaram em déficit de evapotranspiração relativa, provocando redução na produtividade da

soja, com queda de produtividade da ordem de 85,93% no final do ciclo. Sem sistema de irrigação disponível para repor o déficit de água no solo, a variação do déficit de evapotranspiração se torna grande, as temperaturas se mantiveram altas aumentando ainda mais as perdas de produtividade. Esses resultados confirmaram as observações realizadas por Doorenbos e Kassam (1979), de que o efeito do déficit hídrico sobre a produção das diversas culturas é um dos principais fatores na queda de produção.

Assim, o estresse hídrico gerou um efeito diferencial sobre o crescimento e produção de biomassa na cultura da soja, reduzindo o diâmetro do caule e a altura da planta. Os dados observados corroboram com o exposto das variáveis analisadas onde déficit hídrico segundo Fioreze et al (2011) provoca a redução na área foliar total, senescência das folhas, redução na produção de flores, abortamento floral, redução no número de vagens, decréscimo na produtividade e na qualidade de grãos.

5.4 Análise Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

A análise de imagens aéreas por sensores remotos foi utilizada para verificar a condição da vegetação, sendo indicativo da intensidade de atividade fotossintética, podendo acompanhar durante períodos distintos.

Observa-se aos 10 DAS que as plantas ainda não apresentaram área foliar suficiente, apresentando leitura da banda -1 a 0,1, tonalidade avermelhada e solo sem vegetação, as plantas encontravam-se em VC (vegetativo cotiledonar) onde os cotilédones estavam totalmente desenvolvidos e abertos, curvados para baixo e as bordas das folhas unifolioladas não se tocavam mais. As plantas não apresentavam diferenças significativas entre os tratamentos através das imagens de NDVI (Figura 11A).

Aos 25 DAS observar-se o início da modificação da coloração -1 a 0.1 para a de 0.3 a 0.4 e até 0.4 a 0.5 dependendo da região da imagem, esses locais são onde a soja começa a intensificar a área foliar. as plantas se encontravam em V5, ou seja, estavam com a quarta folha trifoliolada completamente desenvolvida. É possível observar maior concentração de banda 0.4 a 0.5 no tratamento com fertilizante organomineral bioativado, ou seja ele está apresentando maior área foliar quando comparado ao fertilizante mineral (Figura 11B).

Aos 40 DAS modifica-se a coloração 0.3 a 0.4 e até 0.4 a 0.5 para a de 0.5 a 0.6 e até 0.6 a 0.7 dependendo da região da imagem, correspondendo ao estágio R1-R2 do desenvolvimento vegetal, quando a planta já se encontra em floração plena. É possível

observar que a maior concentração de banda 0,7 a 0,8 está no tratamento com fertilizante organomineral bioativado, ou seja ele está apresentando maior área foliar quando comparado ao fertilizante mineral (Figura 11C).

Aos 55 DAS observa-se o retardamento da coloração de 0.6 a 0.7 para 0.5 a 0.6 para dependendo da região da imagem, devido ao fechamento dos estômatos, reduzindo a atividade fotossintética. Correspondendo ao estágio R3-R4 com início da formação de vagens. Apesar de muito semelhante entre os tratamentos, é possível observar maior número de bandas 0.6 a 0.7 no tratamento com organomineral bioativado (Figura 11D).

O aumento dos índices de NDVI de acordo com o desenvolvimento da planta está diretamente relacionado ao aumento de sua biomassa devido à maior área foliar, resultando em aumento da taxa fotossintética e, conseqüentemente, absorvendo maior CO₂ atmosférico (BELTRÃO et al., 2007).

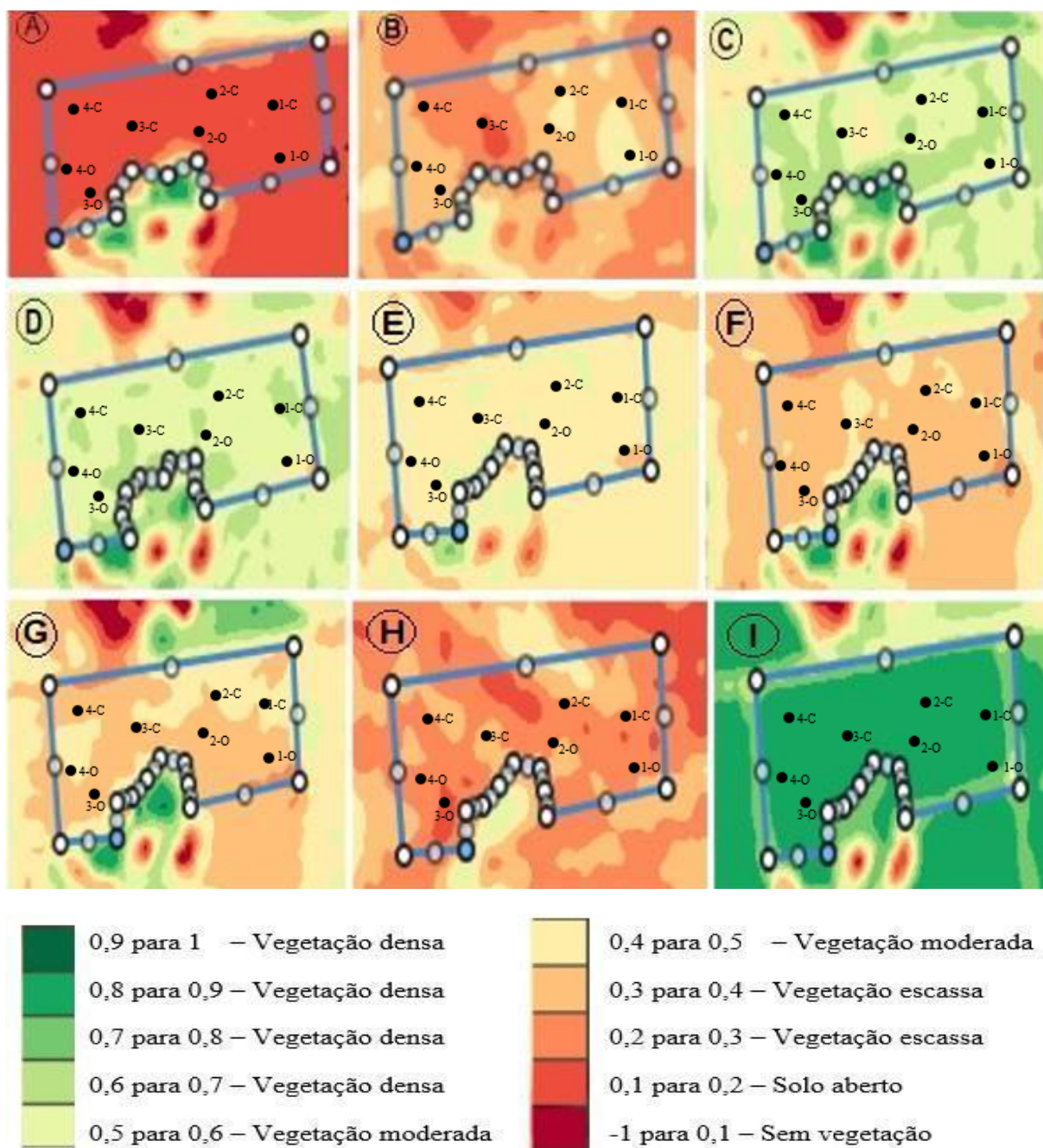
Verifica-se um constante aumento na média de NDVI até atingir o estágio R4-R5, correspondente aos 70 DAS, no qual se atingiu o ponto máximo, passando a decrescer a partir deste ponto. A redução nos índices de NDVI, no estágio R6 (85 DAS), ocorreu devido ao amarelamento das folhas e redução da área fotossinteticamente ativa. Considera-se o início do estágio quando pelo menos uma vagem normal no caule apresenta coloração de madura (EMBRAPA, 2010).

Dos 70 aos 100 DAS ocorre o retardamento da coloração da banda passando de 0.7 para um 0.4, isso se deve devido ao déficit hídrico enfrentado pela cultura, quando na fase de formação de vagens e enchimento de grãos ela passou por forte estiagem, ocasionando a senescência antes do tempo, sendo possível observar maior uniformidade na senescência no tratamento com organomineral bioativado (Figura 11E, 11F e 11G). Período correspondente dos estádios R4 até R7, desde vagens completamente desenvolvidas até início da maturação onde se encontra pelo menos uma vagem madura na haste principal.

Aos 115 DAS as plantas estão em completa senescência, completando o estágio R8, sendo realizado a colheita no dia 05 de fevereiro de 2022, a coloração da banda 0.4 a 0.1 dependendo da região da imagem, também sendo possível observar maior uniformidade na senescência no tratamento com organomineral bioativado (Figura 11H).

Com 60 DAS após o plantio do milho como cultura de sucessão a soja, observa-se coloração da banda 0.8 a 0.9 com vegetação densa, mostrando que a área do experimento não apresentava manchas de solo, o que poderia impactar nos resultados do trabalho (Figura 11I).

Figura 11 - Imagens de NDVI realizadas no programa Land Viewer com 10, 25, 40, 55, 70, 85, 100 e 115 DAS da cultura da soja e 60 DAS do milho como cultura sucessora na área do experimento, representados respectivamente por A, B, C, D, E, F, G, H e I. Formosa do Oeste, Paraná, safra 2021/2022.



Fonte: LAND VIEWER (2022)

Desta forma, observa-se relação entre os dados de NDVI e desenvolvimento da soja, onde o índice vegetativo confirma o estágio de desenvolvimento da planta. Subindo os índices na fase vegetativa e início da fase reprodutiva, decrescendo no final do ciclo, onde há redução da área fotossintética ativa na planta.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fertilizante organomineral com formulação granulada apresenta viabilidade agronômica para o cultivo da soja, sendo uma opção para agricultor utilizar em substituição ao fertilizante mineral. Possui NPK e matéria orgânica estabilizada no mesmo grânulo, viabilizando a aplicação da matéria orgânica em 100% da área plantada.

Com a utilização do fertilizante organomineral foram observadas diferenças significativa nas variáveis altura de plantas (cm) e diâmetro de caule (mm), com incrementos de 8,38% e 9,40%, respectivamente, em relação ao fertilizante mineral, trazendo benefícios para o produtor desde o primeiro ciclo de aplicação.

A massa de 1000 grãos e produtividade de grãos em kg ha^{-1} diferiram estatisticamente entre os tratamentos, apresentando um incremento de 7,74% e 10,8%, respectivamente, em relação ao tratamento com fertilizante mineral. Em termos práticos, foi obtido um aumento de 0,54 sacos por hectare com a utilização do fertilizante organomineral. No fertilizante organomineral bioativado, houve elevação do pH do solo e nos teores de Ca e P, com diferença de 11,30%, 11,86% e 26,95%, respectivamente.

A penalização hídrica enfrentada durante o ciclo de cultivo, afetou diretamente os resultados, provocando queda de produtividade de 85,93% no final do ciclo em relação aos anos de pluviosidade normais. Ainda assim, a área com organomineral bioativado foi estatisticamente superior à fonte mineral, indicando o potencial uso de outras fontes de fertilizantes.

Os resultados obtidos sugerem vantagens na utilização de fertilizantes organominerais bioativados, como uma alternativa economicamente viável e sustentável, minimizando os efeitos da dependência do mercado externo que se reflete na elevação dos valores de matérias primas e no risco da falta de fertilizantes.

REFERÊNCIAS

- ABISOLO. **7º Anuário Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal**. Ribeirão Preto, 2021. Disponível em: <https://abisolo.com.br/anuario/>. Acesso em: 19 nov. 2021.
- ABREU Jr., C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre em solos tratados com composto de lixo urbano. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p.769-780, 2002.
- ALCÂNTARA NETO, F.; et al. Adubação fosfatada na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 266-271, 2010.
- ALMEIDA, M. J. **Reposição deficitária de água e adubação com organomineral no crescimento e produção de tomateiro industrial**. 2017. Dissertação (Mestrado Tecnologia de Irrigação) - Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado, Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Ceres, 2017.
- ALVAREZ, V. V. H.; et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.
- ANDERLE, G. A; HANAUER, T. V; HERMES, E. Desenvolvimento de plantas de soja sob o uso de adubação mineral e biofertilizante obtido da manipueira. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 3, p. 1129-1143, 2020. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n3p1129-1143>.
- ANDRADE, A.; et al. Produtividade de milho em função da redução do nitrogênio e da utilização de Azospirillum brasilense. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 2, p. 229-239, 2016.
- ANDREOTTI, M.; et al. Avaliação da eficiência agronômica do inoculante Rizofos contendo Pseudomonas fluorescens em cultivo de milho safrinha. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28, 2010, Londrina. **Anais [...]** Londrina: SBCS, 2008. CD Rom.
- ANTILLE, D. L.; et al. Characterisation of organomineral fertilisers derived from nutrient-enriched biosolids granules. **Applied and Environmental Soil Science**, New York, v. 2013, p. 11, 2013..DOI.: 10.1155/2013/694597.
- ARAÚJO, F. F.; HENNING, A.; HUNGRIA, M. Phytohormones and antibiotics produced by Bacillus subtilis and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Dordrecht, v. 21, p. 1639-1645, 2005.
- BAILEY-SERRES, J.; et al. Estratégias genéticas para melhorar a produtividade das culturas. **Nature** **575**, p. 109-118. 2019. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1679-0>.

BALIZA, L. M. **Efeito da adição de fertilizante mineral e organomineral no desempenho da cultura da soja**. Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

BARCELOS, M. N.; et al. Use of organo-mineral fertilizers in grain sorghum as reverse logistics of organic residues. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 435-444, 2019.

BASF. **BS 2606 IPRO**. 2021. Disponível em: <https://agriculture.basf.com/br/pt/protecao-de-cultivos-e-sementes/produtos/soytech/SoyTech/BS-2606-IPRO.html> Acesso em: 28 ago. 2021.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. Azospirillum–plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, p. 103–121, 1997.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L. E. de. Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, p. 521-577, 2004.

BASHAN, Y.; MORENO, M.; TROYO, E. Growth promotion of the seawaterirrigated oil seed halophyte *Salicornia bigelovii* inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and halotolerant *Azospirillum* spp. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 32, p. 265-272, 2004.

BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. Balanço energético e “sequestro” de carbono em culturas oleaginosas. (Embrapa Algodão. Documentos, 167). **Campina Grande: Embrapa Algodão**, p. 1-20, 2007.

BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação de tanque "classe A" e radiação solar global. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 251-259, 1986.

BOWDEN, C.L.; et al. Soil carbon and physiological responses of corn and soybean to organic amendments. **Compost Science and Utilization**, Emmaus, v. 18, p. 162-173, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 61, de 8 de Julho de 2020**. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. Brasília, 15 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT: sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. 2009. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 07 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, p. 398, 2009.

BREVILIERI, R. C. **Adubação fosfatada na cultura da soja em Latossolo vermelho cultivado há 16 anos sob diferentes sistemas de manejo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul. Aquidauana, 2012.

BRUMMER, E. C. Diversity, stability and sustainable american agriculture. **Agronomy Journal**, v. 90, n. 1, p. 1-2, 1998.

CAMARGO, L. M.; et al. Teor relativo de água em cultivares de soja sob três níveis de disponibilidade hídrica no solo. **V Jornada Acadêmica da Embrapa Soja**, Londrina, p. 102-104, 2010.

CAMARGO, M. S. de. A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v. 9, n. 2, 2012. Disponível em: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2012/julho-dezembro-2/1317-a-importancia-do-uso-de-fertilizantes-para-o-meioambiente/file.html>. Acesso em 26 abr. 2019.

CANELLAS, L. P.; et al. Bioatividade de substâncias húmicas: ação sobre desenvolvimento e metabolismo das plantas. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. (Ed.). **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes: CCTA, UENF, 2005.

CARVALHO, E. R.; et al. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agrônomicas da soja e nutrientes no solo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 930-939, 2011.

CASTANHEIRA, D. T.; ALECRIM, de O. A.; BELUTTIVOLTOLINI, G. Organominerais: sustentabilidade e nutrição para o solo. **Revista Campo & Negócios Grãos**, Uberlândia, jun. 2015. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/organominerais-sustentabilidade-e-nutricao-para-o-solo/>. Acesso em 24 fev. 2022.

CEREZINI, P.; et al. Water restriction and physiological traits in soybean genotypes contrasting for nitrogen fixation drought tolerance. **Scientia Agricola**, Londrina, v. 74, n. 2, p. 110-117, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0462>.

CHABOT R.; ANTOUN H.; CESCAS M. P. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar. phaseoli. **Plant and Soil**, Québec, v. 184, n. 2, p. 311-321, 1996.

CHACON, D. P.; et al. Biomass remobilization in two common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under water restriction. **South African Journal of Botany**, México, v. 112, p. 79-88, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.05.015>.

CHAE, H.; et al. Efficiency and effectiveness of vitamin C-substrate organo-mineral straight fertilizer in lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, Coreia, v. 5, n. 4, p. 1-8, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0115-7>.

COMPANT, S.; et al. A. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: Principles, mechanisms of action, and future prospects. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 71, p. 4951-4959, 2005.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra agrícola – grãos** – safra 2020/2021, v. 7, n. 9, 2021.

COOPER J.; et al. The future distribution and production of global phosphate rock reserves. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 57, p. 78–86, 2011.

COSTA, F. K. D. **Desempenho agrônômico da soja convencional cultivada com fertilizantes organomineral e mineral**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de pós graduação em Produção Vegetal. Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2017.

COSTA, F. K. D.; et al. Agronomic performance of conventional soybean cultivated with organomineral and mineral fertilizers. **Nucleus**, Rio Verde, v. 15, n. 2, p. 301-309, out. 2018.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. S.; FIGUEIREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio avaliação do potencial econômico brasileiro. **Indústria Química – BNDES Setorial**, BNDES, Rio de Janeiro, v. 45, p. 137-187, 2017.

DIAS, G. H. O.; et al. Desenvolvimento de cultivares de soja de crescimento indeterminado após a poda apical. **Research, Society and Development**, Andradina, v. 10, n. 5, p. 1-9. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.13688>.

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. Fertilizantes: uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro n. 24, p. 97-138, 2006.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. **Irrigation and Drainage**, Roma, v. 33, p. 179, 1979.

DU, Y.; et al. Effect of drought stress on sugar metabolism in leaves and roots of soybean seedlings. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 146, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.11.003>.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, v. 2, p. 1-212, 1997.

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011. **Embrapa Soja**, Londrina, p. 1-255, 2010.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, p. 353, 2013.

EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja - Paraná - 2007. Embrapa Soja, Londrina, 2006. Disponível em: http://www.cnpso.embrapa.br/download/tpsoja_2007_pr.pdf . Acesso em: 16 fev. 2022.

ENGELS, C.; et al. Drought Effects on Soybean Cultivation - A Review. **Annual Research & Review in Biology**, v. 16, n. 1, p. 1-13, 2017. DOI: 10.9734/ARRB/2017/35232.

ERNANI, P. R.; et al. Decréscimo da retenção de fósforo no solo pelo aumento do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, p. 159-162, 1996.

ERTANI, A.; et al. Effect of comercial lignosulfate-humate on Zea mays L. metabolismo. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 59, n. 22, p. 11940-11948, 2011.

FARIAS, J. R. B. Climatic requeriments. In: EMBRAPA SOJA. Tropical soybean: improviment and production. **Rome: FAO Plant Production and Protection Series**, Londrina, v. 27, p. 13-17. 1994.

FARIAS, J. R. B.; et al. Caracterização do risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 415-421, 2001.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. **Embrapa Soja**, Londrina, v. 48, p 1-9, 2007.

FENG, Z.; et al. Applications of metabolomics in the research of soybean plant under abiotic stress. **Food Chemistry**, v. 310, p. 1-9, 2020.

FERNANDES, P. H. Uso de fertilizantes organominerais fosfatados no cultivo da alface e de milho em sucessão. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 37907-37922, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n6-365.

FERREIRA, N. R. **Eficiência agrônômica de fertilizantes organominerais sólidos e fluidos em relação à disponibilidade de fósforo**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista , Botucatu, 2014.

FINATTO, J.; et al. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Destaque Acadêmicos**, v. 5, p. 85-93, 2013.

FINK, J. R.; et al. Iron oxides and organic matter on soil phosphorus availability. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 40, n. 4, p. 369-379, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542016404023016>

FIOREZE, S. L.; et al. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 342-349, 2011.

FUNDAÇÃO CARGILL. **A soja no Brasil Central**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 444p, 1982.

GALBIATTI, J. A. **Efeito do uso contínuo de efluente de biodigestos sobre algumas características físicas do solo e o comportamento do milho (Zea Mays L.)**. 1992. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1992.

GAZIRE, S. **Avaliação técnica e econômica das tecnologias para produção de fertilizantes organominerais**. 2016. Dissertação (Mestrado em Processos Industriais) - Programa de Pós-Graduação em Processos Industriais, Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo, São Paulo, 2016.

GODOY, C. V.; HENNING, A. A. Tratamento de semente e aplicação foliar de fungicidas para o controle da ferrugem da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 10, p. 1297-1302, 2008.

GOLDSTEIN, A. H. Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. **Am. J. Altern. Agric.**, v. 1, p. 51-57, 1986.

GONÇALVES Jr, A. C.; et al. Produtividade e componentes de produção do milho adubado com Cu e NPK em um argissolo. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 9, p. 35-40, 2008.

GUIMARÃES, M. M. B.; et al. Organomineral fertilization in growth, physiology and phytomass production of castor oil plant BRS Energia. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n.13, p. 596-606, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13031>.

HERINGER. **Processo Produtivo**. Fertilizantes Heringer, 2017. Disponível em: http://www.heringer.com.br/conteudo_pti.asp?idioma=0&tipo=29514&conta=45&img=2307. Acesso em: 05 nov. 2018.

HIGASHIKAWA, F. S.; MENEZES JÚNIOR, F. O. G. Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, produtividade, pós-colheita da cebola e na fertilidade do solo. **Revista Scientia Agraria**, v. 18. n. 2, p. 01-10. 2017.

HIRAKURI, M.H; et al. Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola. **Embrapa Soja**, Londrina, v. 4, n.412. p. 9-119, 2019.

HOLBEN, B. N. Characterization of maximum value composites from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 11, p. 1417-1434, 1986.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. **Embrapa Soja**, Londrina, n. 13, p. 11-48, 2001.

INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION. **Ifadata**. 2020. Disponível em: <http://ifadata.fertilizer.org/ucResult.aspx?temp=20160502093015>>. Acesso em: 01 jul. 2022.

KHIEL, E. J. **Fertilizantes Organominerais**. 5. ed. Piracicaba: E.J.Khiel, 2013.

- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1985.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais**. 4. ed. Piracicaba. 148p. 2008.
- KIM, K.Y.; JORDAN, D.; McDONALD, G.A. Effect of phosphate solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. **Biol. Fertil. Soils**, v. 26, p. 79-87, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1007/s003740050347>.
- LANA, M. C.; et al. Disponibilidade de fósforo para plantas de milho cultivadas com fertilizante organomineral e fosfato monoamômico. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 3, p. 198- 209, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18188/sap.v13i3.7659>.
- LIU, F.; JENSEN, C. R.; ANDERSEN, M. N. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set, **Field Crops Research**, Dinamarca, v. 86, p. 1-13, 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00165-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00165-5).
- MALAQUIAS, C. A. A.; SANTOS, A. J. M. Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (Zeamays L.). **PUBVET**, Goiás, v. 11, n. 5, p. 501-512, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n5>.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de planta. **São Paulo: Editora Agronômica Ceres**. 638p. 2006.
- MANTOVANI, J. R.; et al. Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 817-824, 2005.
- MARIN, F. R.; et al. Intensificação sustentável da agricultura brasileira: cenários para 2050. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 108-124, 2016.
- MARTINS, B. H. S.; et al. Uso de Biossólido na Agricultura. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Palotina, v. 4, p. 64-72, 2015.
- MAZUR, N.; SANTOS, G. A.; VELLOSO, A. C. X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Jaboticabal, v. 7, p. 153-156, 1983a. DOI: 10.1590/S0100-06832005000500017.
- MENDES, G. O.; et al. Mechanisms of phosphate solubilization by fungal isolates when exposed to different P sources. **Ann Microbiol**, Viçosa, v. 64, p. 239-49, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13213-013-0656-3>.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. AGROSTAT – **Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. 2021. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 20 out. 2021.

- MISRA, V.; ANSARI M. I. **Role of Trichoderma in Agriculture and Disease Management**. In: Mohamed H.I., El-Beltagi H.ED.S., Abd-Elsalam K.A. (eds) *Plant Growth-Promoting Microbes for Sustainable Biotic and Abiotic Stress Management*. Springer, Cham. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-66587-6_15.
- MOLIN, J. P.; et al. Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 12, p. 1345-1349, 2010.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626 p.
- MOTOMIYA, A. V. A.; MOLIN, J. P.; CHIAVEGATO, E. J. Utilização de sensor óptico ativo para detectar deficiência foliar de nitrogênio em algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 137-145, 2009.
- NAKAYAMA, F. T.; PINHEIRO, G. A. S.; ZERBINI, E. F. Eficiência do fertilizante organomineral na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema de semeadura direta. **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**. Periódico Eletrônico, v. 9, n. 7, p. 122-138, 2013. DOI: 10.17271/19800827.
- NITSCHKE, P. R.; et al. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. 2019. Disponível em: <<http://www.iapar.br/pagina-677.html>>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- NOLLA, A. **Critérios para a calagem no sistema plantio direto**. 2003. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Programa de pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- OGINO, C.M.; et al. Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o centro-oeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.59, n. 1, p. 1-19, 2020.
- OLIVEIRA, C. A.; et al. **Viabilidade Técnica e Econômica do Biomaphos (Bacillus subtilis CNPMS B2084 e Bacillus megaterium CNPMS B119) nas culturas de Milho e Soja**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas – MG, 2020.
- OLIVEIRA, J. G.; SILVA, V. S. G.; COSTA. J. P. V. Comportamento de soja submetida a materiais fertilizantes e inoculação com bradyrhizobium. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 15, n. 1, p. 66-72, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v15i1.3016>.
- OLIVEIRA, M. A.; et al.- Desempenho agrônômico do milho sob adubação mineral e inoculação das sementes com rizobactérias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol. 16, n. 10, p. 1040-1046, 2012.
- ORLANDO JÚNIOR, A.; et al. Componentes de producción y del cultivo de soja con fertilización mineral, orgánica y organomineral. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 27-36, 2016.

- OURIVES, O.E.A.; et al. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 126-132, 2010.
- OVIEDO, A. F. P.; RUDORFF, B. F. T. Índice de área foliar e resposta espectral da cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) submetida ao estresse hídrico. **Revista de biociências**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 39-47, 2000.
- PARDO, G.; MARTÍNEZ, Y. Conservation agriculture in trouble? Estimating the economic impact of an eventual glyphosate in Spain. **Planta Daninha**, Espanha, v. 37, p. 1-11, 2019.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633-1644, 2007.
- PERKINS, E. G. Composition of soybeans and soybeans products. In: ERICKSON, David R. (Ed.). Practical handbook of soybean processing and utilization. **Champaign: AOCS Press**, v. 1, p. 9-28, 1995.
- PICCOLO, A. Humus e conservação do solo. In: A. Piccolo, Editor. Humic Substances in Terrestrial Ecosystems, **Elsevier**, Amsterdam, v. 1, p. 225-264. 1996.
- PICOLI, M. C. A.; et al. Índice de vegetação do sensor MODIS na estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 789-795, 2009.
- POLIDORO, J. C. Fertilizantes organominerais: aspectos mercadológicos e Tecnológicos. **ABISOLO: V Fórum Abisolo**. Ribeirão Preto. 2013.
- POLSAPALLI, S. **Development of software to process aerial images for agricultural purposes**. 2005. 151 p. Thesis, Master of Science in Biological and Agricultural Engineering, Graduate Faculty of the Louisiana State University, Louisiana, 2005.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. 1 ed. São José dos Campos: Parêntese, 2007.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. 286p. Brasília: Abrates, 1985.
- PRADO, M. R. V.; et al. Liquid organomineral fertilizer containing humic substances on soybean grown under water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 20, n. 5, p. 408-414. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p408-414>.
- QUINTELA, E. D.; et al. Manejo fitossanitário do feijoeiro. **Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de Goiás, 2005.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 25 fev. 2022.

RABELO, K. C. C. **Fertilizantes organomineral e mineral: aspectos fitotécnicos na cultura do tomate industrial**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos (EAEA) da Universidade Federal de Goiânia. Goiânia, 2015.

RAMÍREZ, L. M.; et al. Molecular identification of phosphatesolubilizing native bacteria isolated from the rhizosphere of *Prosopis glandulosa* in Mexicali valley. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 1, p. 2793-2798, 2015.

REZENDE, P. M. **Fertilidade do solo, correção e manutenção**. UFLA Universidade Federal de Lavras - Lavras MG, 2011.

RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistemas plantio direto. **Ci. Rural**, v. 38, n.2, p.576-586, 2008.

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. Imagens do sensor MODIS associadas a um modelo agrônomo para estimar a produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 1, p. 73-80, 2007.

RODRIGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, New York, v. 17, p. 319-339, 1999.

ROZENO, A. P.; et al. **As dificuldades do uso da adubação orgânica pelo agricultor: vantagens e desvantagens de sua utilização**. 2011. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Agronegócio) – ETEC Prof. Mário Antônio Verza, Palmital, 2011.

RYAN, R. P.; et al. Bacterial endophytes: Recent developments and applications. **FEMS Microbiology Letters**, v. 278, p. 1-9, 2008.

SANTOS, D. M. S; et al. Manejo da adubação nitrogenada para o algodoeiro no sistema de Integração Lavoura – Pecuária. **Agricultura 4.0**, – Nova Xavantina, v. 1, p. 6-25. 2020 DOI: <https://doi.org/10.46420/9786599064159>.

SANTOYO, G.; OROZCO-MOSQUEDA, M. D. C.; M. GOVINDAPPA, M. Mechanisms of biocontrol and plant growth-promoting activity in soil bacterial species of *Bacillus* and *Pseudomonas*: a review. **Biocontrol Science and Technology**, Abingdon, v. 22, n. 8, p. 855-872, 2012.

SCHROEDER, J. I.; et al. Using membrane transporters to improve crops for sustainable food production. **Nature** **497**, v. 497, p. 60–66, 2013.

SENTELHAS, P. C.; et al. The soybean yield gap in Brazil - magnitude, causes and possible solutions for a sustainable production. **Journal of Agricultural Science**, v. 153, n. 8, p. 1394–1411, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859615000313>.

SHAFI, J.; TIAN, H.; MINGSHAN, J. **Bacillus species as versatile weapons for plant pathogens: a review**, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, v. 31, n. 3, p. 446-459, 2017. DOI: 10.1080/13102818.2017.1286950.

SHAH, S. T.; et al. **Microorganism: A Potent Biological Tool to Combat Insects and Herbivores**. In: Mohamed H.I., El-Beltagi H.ED.S., Abd-Elsalam K.A. (eds) *Plant Growth-Promoting Microbes for Sustainable Biotic and Abiotic Stress Management*. Springer, Cham. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-66587-6_19.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; De-POLLI, H. **Determinação da respiração basal e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Embrapa Agroecologia, Seropédica, Comunicado Técnico 99, 2007.

SILVA, L. A.; FERNANDES, N. M. A cadeia produtiva de adubos e fertilizantes, *ENCIGESP*, Praia Grande, p. 1-15, 2017.

SISDAGRO. Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária. **Balanco Hídrico de Cultivo e Perda de Produtividade**. 2022. Disponível em: <http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/monitoramento/bhc>. Acesso em: 20 fev. 2022.

SOUZA, R. T. X; et al. Uso de fertilizante organomineral de liberação gradual de nutrientes na cultura de soja. **Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**. Uberlândia, 2019.

STOCHERO, E. C.; et al. Fenologia de cultivares de soja em diferentes datas de semeadura em terras baixas. **ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS**, v. 7, n. 2, p. 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35819/scientiatec.v7i2.3787>.

TAIZ, L.; et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. 858 p. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ULSENHEIMER, A. M; et al. Formulação de Fertilizantes Organominerais e Ensaio de Produtividade. **Unesc & Ciência - ACET**. Joaçaba, v. 7, n. 2, p. 195-202, 2016.

USDA, **Oilseeds and products update** – Foreign Agricultural Service – Brasília, Brazil, 2021. Disponível em: https://usdabrazil.org.br/wpcontent/uploads/2021/11/Oil-seeds-and-ProductsUpdate_Brasilia_Brazil_10-01-2021.pdf. Acesso em: 28 abr. 2021.

VILLEN, R. A. **Biotechnologia - Histórico e Tendências**. 2002 Disponível em: <http://www.hottopos.com/regeq10/rafael.htm>. Acesso em 28 abr. 2019.

WEN, Y.; et al. Impact of agricultural fertilization practices on organo-mineral associations in four long-term field experiments: Implications for soil C sequestration. **Science of The Total Environment**, v. 651, n. 1, p. 591-600, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.233>.

ZAMBIAZZI, E.V.; et al. Desempenho agronômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta à adubação potássica. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 3, p. 543-553. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA16055>.

ZANON, A. J.; et al. **Ecofisiologia da Soja Visando Altas Produtividades**. 1. ed. Santa Maria: Santa Maria: Palloti/SM, v. 1, p. 136, 2018.