



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

EVELYN CRISTINA DE OLIVEIRA

Fertilizante organomineral associado a *Bacillus* na cultura da soja

Uberlândia  
2024

EVELYN CRISTINA DE OLIVEIRA

Fertilizante organomineral associado a *Bacillus* na cultura da soja

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Área de concentração: Gestão Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

Uberlândia  
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

O48f  
2024 Oliveira, Evelyn Cristina de, 1988-  
Fertilizante organomineral associado a *Bacillus* na cultura da soja  
[recurso eletrônico] / Evelyn Cristina de Oliveira. - 2024.

Orientador: Reginaldo de Camargo.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.5073>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Camargo, Reginaldo de, 1972-, (Orient.). II.  
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em  
Agronomia. III. Título.

CDU: 631

---

André Carlos Francisco  
Bibliotecário Documentalista - CRB-6/3408

EVELYN CRISTINA DE OLIVEIRA

Fertilizante organomineral associado a *Bacillus* na cultura da soja

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Área de concentração: Gestão Ambiental

Aprovada em: 26 de abril de 2024.

---

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo – Prof. Dr. (UFU) (Orientador)

---

Prof. Dra. Araújo Hulmann Batista – Prof. Dra. (UFU)

---

Prof. Dr. Lucas Carvalho Basilio de Azevedo - Prof. Dr. (UFU)

---

Prof. Dr. Carlos André Gonçalves – Prof. Dr. (ULBRA)



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

### Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória,  
Uberlândia-MG, CEP 38400-902



Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppgagro.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br

## ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 007/2024, PPGAGRO				
Data:	Vinte e seis de abril de dois mil e vinte e quatro	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	16:30
Matrícula do Discente:	12212AGR003				
Nome do Discente:	Evelyn Cristina de Oliveira				
Título do Trabalho:	FERTILIZANTE ORGANOMINERAL ASSOCIADO A BACILLUS NA CULTURA DA SOJA.				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Araína Hulmann Batista - UFU; Lucas Carvalho Basílio de Azevedo - UFU; Carlos André Gonçalves - CEULS/ULBRA); Reginaldo de Camargo - UFU orientador do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Reginaldo de Camargo, apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao(à) discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos

regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

---



Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo de Camargo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/04/2024, às 16:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº](#)

[8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lucas Carvalho Basílio de Azevedo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/04/2024, às 16:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Araína Hulmann Batista, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/04/2024, às 16:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do

[Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos André Gonçalves, Usuário Externo**, em 30/04/2024, às 12:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5372191** e o código CRC **06ADD278**.

---

**Referência:** Processo nº 23117.029432/2024-76

SEI nº 5372191

*Ao Bráulio, meu marido, amigo e maior  
incentivador,  
A Ísis, a alegria dos meus dias,  
A todos os amigos e familiares que estiveram  
comigo durante mais esse desafio,  
Com amor,  
Dedico.*



## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado;

A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Reginaldo de Camargo, pela orientação, confiança e paciência;

Aos professores do Instituto de Ciências Agrárias, pelos ensinamentos ao longo do curso e por contribuírem com minha formação profissional e desenvolvimento pessoal;

À banca examinadora pelas contribuições à minha formação e enriquecimento desse trabalho;

Ao grupo de Pesquisa em Fertilizantes Especiais e aos alunos do grupo que contribuíram na condução dessa pesquisa;

Aos colegas de curso, especialmente Jennifer e Jéssyca, por tornarem essa jornada mais leve e acolhedora.

“São nossas escolhas, mais do que as nossas capacidades, que mostram quem realmente somos”.

**(ROWLING, 2000, p.301)**

## RESUMO

OLIVEIRA, Evelyn Cristina de. **Fertilizante organomineral associado a *Bacillus* na cultura da soja**. 2024. 41 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024.

O aumento da procura mundial por fertilizantes minerais está estimulando a exploração de alternativas mais eficazes. Os fertilizantes organominerais associados a organismos biológicos são opções promissoras em substituição aos fertilizantes convencionais, oferecendo produtividade satisfatória, mas também maior sustentabilidade. Portanto, este trabalho teve o objetivo de avaliar a eficiência de um fertilizante organomineral com adição de *Bacillus* sp. na cultura da soja. Foi utilizado um esquema fatorial 3X3+1 com quatro repetições, sendo três fontes de fertilizantes (organomineral associado a *Bacillus* sp., mineral convencional e mineral com polímero), três dosagens de fertilizantes (25, 37,5 e 50 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 200, 300 e 400 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) e uma testemunha absoluta sem a aplicação de fertilizantes. Foram avaliados a produtividade (sacas.ha<sup>-1</sup>), a massa de grãos em 10 plantas (g), peso de mil grãos (PMG), número total de grãos, número de grãos por vagem e foi realizado o teste de retenção de peneira (TRP). Não foram observados efeito significativo ( $P > 0,05$ ) para o teste de retenção em peneiras, peso de mil grãos, vagens chochas e vagens com 1, 2 e 3 grãos. A aplicação do fertilizante organomineral associado à *Bacillus* sp. apresentou maiores produtividades e massa de grãos em relação aos demais tratamentos ( $P < 0,05$ ). A aplicação dos fertilizantes organomineral associado à *Bacillus* sp. e mineral com polímero apresentaram número total de grão estatisticamente iguais entre si e superiores à aplicação do fertilizante mineral convencional. Foi observado que o aumento das doses de fertilizantes resultou em um incremento significativo na produtividade, massa de grãos, total de grãos e número médio de vagens, conforme o aumento das doses houve um melhor ajuste ao modelo linear de regressão. Para vagens contendo quatro grãos os tratamentos que receberam fertilizante organomineral associado à *Bacillus* sp. e mineral com polímero apresentaram desempenho semelhante e superior ao mineral convencional. Dessa forma, o fertilizante organomineral associado a cepas de *Bacillus* é um alternativo promissor para os fertilizantes convencionais.

**Palavra-chave:** fertilidade do solo; nutrição vegetal; fertilizantes alternativos.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, EVELYN CRISTINA DE. **Organomineral Fertilizer Associated With Bacillus In Soybeans**: 2024. 41 f. Completion of course work. Undergraduate Course in Agronomy in Uberlândia. Institute of Agricultural Sciences. Federal University of Uberlândia – MG, 2024.

The escalating global need for mineral fertilizers is spurring the exploration for highly effective alternatives. Organomineral fertilizers are emerging as promising options to replace conventional fertilizers, offering not only satisfactory productive results but also high sustainability. Therefore, this study aimed to verify the efficiency of organomineral fertilizer with the addition of *Bacillus* sp. in soybean cultivation. A factorial scheme of 3X3+1 with four repetitions was used, with the first factor composed of three fertilizer sources (organomineral associated with *Bacillus* sp., conventional mineral, and mineral with polymer), the second factor three fertilizer dosages (25, 37.5, and 50 kg.ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 200, 300, and 400 kg.ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O), and an additional absolute control without fertilizer application. Grain Yield (bags.ha<sup>-1</sup>), grain weight in 10 plants (g), thousand grain weight (TGW), total grain number, grains per pod, and sieve retention test (SRT) were evaluated. No significant effect ( $P > 0.05$ ) was observed for the sieve retention test, thousand grain weight, empty pods, and pods with 1, 2, and 3 grains. However, the organomineral fertilizer associated with *Bacillus* sp. demonstrated superior results compared to other treatments ( $P < 0.05$ ) for productivity and grain weight. In the case of the total grain variable, both the organomineral fertilizer associated with *Bacillus* sp. and the mineral with polymer performed similarly to each other and outperformed the conventional mineral fertilizer. It was observed that increasing fertilizer doses led to a significant increase in grain yield, grain weight, total grain number, and average number of pods. Furthermore, as the doses increased, there was a better fit to the linear regression model. Regarding pods containing four grains, the treatments receiving organomineral fertilizer associated with *Bacillus* sp. and the mineral with polymer exhibited similar and superior performance to conventional mineral fertilizer, respectively. Thus, the organomineral fertilizer associated with *Bacillus* strains presents a promising alternative to conventional fertilizers.

**Keyword:** soil fertility; plant nutrition; alternative fertilizers.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Soja (<i>Glycine max</i>)</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.</b>	<b>Fertilizantes organominerais</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3.</b>	<b>Microrganismos associados à fertilizantes</b> .....	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A intersecção entre a agricultura e a tecnologia vem transformando o cenário agrícola mundial, trazendo à tona a agricultura de precisão (Oliveira; Volante, 2019). Novas tecnologias têm surgido também quando se trata de fertilizantes, como por exemplo através dos fertilizantes especiais, os quais visam fornecer nutrientes de maneira mais direcionada (Alves *et al.*, 2023).

A demanda por fertilizantes pode variar em função de fatores como o ano safra, mudanças nas práticas agrícolas, condições climáticas, alterações na economia e devido a exigências do mercado consumidor. E esta demanda está ligada intrinsecamente a produção de alimentos (Nicollela *et al.*, 2005).

Atualmente o Brasil é um dos maiores produtores de alimentos do mundo e a agricultura desempenha um papel fundamental na economia do país. No entanto, o setor agrícola do país depende fortemente do uso fertilizantes para manter a produtividade e a competitividade no mercado global, sendo que a maior parte dos fertilizantes utilizados nas lavouras brasileiras são importados. Apenas 15% dos alimentos produzidos Brasil são produzidos com fertilizantes nacionais (Bueno *et al.*, 2023).

Os fertilizantes desempenham um papel fundamental na agricultura moderna e contribuem diretamente para a produção de alimentos em alta escala por adicionar nutrientes no sistema. O fornecimento adequado de nutrientes para as plantas resulta em maiores produtividades, melhoria da qualidade do solo, gera melhores respostas das plantas às condições adversas, promovem aumento da resistência à pragas e doenças e permitem que a produção seja eficiente e sustentável (Lacerda *et al.*, 2015).

Os fertilizantes organomineirais (FOMs) são uma alternativa ao fertilizante mineral, comumente empregado na produção agrícola. Os fertilizantes organominerais são resultantes da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos, e possuem como características melhorar as condições de solo, liberação gradual dos nutrientes no solo, reduzem o impacto ambiental pelo aproveitamento de resíduos orgânicos e contribuem para uma produção agrícola mais sustentável.

O setor agropecuário contribui substancialmente para o Produto Interno Bruto (PIB), sendo que esse setor representou 24% do PIB do país em 2023 (CEPEA, 2023). A soja é um dos principais produtos de importância econômica e em 2022 gerou um valor de 345 bilhões de reais (IBGE, 2022). A relação entre a soja e os fertilizantes é fundamental para atender a

demanda do mercado, especialmente quando se considera a produção em larga escala, que ocorre em muitas regiões do Brasil.

O desenvolvimento de fertilizantes mais eficientes permite a disponibilização precisa e personalizada de nutrientes de acordo com as necessidades das plantas e do solo. Assim como os fertilizantes minerais, os fertilizantes organominerais são passíveis de novas tecnologias que melhoram seu desempenho, como protetores de volatilização, fixadores de nutrientes, microrganismos benéficos e fito reguladores. Essas tecnologias de fertilizantes podem atender às necessidades específicas das culturas e condições de cultivo. Além de uma melhor eficiência há também a redução dos impactos ambientais associados ao uso excessivo de fertilizantes, com riscos de lixiviação ou volatilização de seus componentes.

Além disso, a associação entre microrganismos e fertilizantes tem o potencial de proporcionar benefícios às plantas. As rizobactérias, localizadas na rizosfera das plantas, exercem efeitos benéficos diretos ou indiretos sobre o crescimento e a produtividade das plantas por meio de vários mecanismos (Danish *et al.*, 2020). Microrganismos como bactérias e fungos desempenham papéis essenciais na promoção da nutrição das plantas, facilitando a absorção de nutrientes do solo, como nitrogênio e fósforo. Além disso, muitos microrganismos estabelecem relações simbióticas com as raízes das plantas, ajudando no fornecimento de compostos orgânicos e na proteção contra patógenos.

Assim, o objetivo neste trabalho foi avaliar a produtividade de plantas de soja submetidas a diferentes doses de fertilizante organomineral com adição de *Bacillus sp.*

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Soja (*Glycine max*)

A cultura da soja (*Glycine max*) é uma das principais culturas agrícolas do mundo e desempenha um papel fundamental na segurança alimentar global e na economia agrícola, já que é um elemento central na cadeia alimentar e na produção de diversos produtos industriais.

O Brasil é o maior produtor mundial de soja, com produção para safra 2023/2024 de 161 milhões de toneladas (USDA, 2023). O país tem uma produção expressiva e é uma potência na exportação de soja, contribuindo significativamente para o mercado global dessa cultura.

As altas produções brasileiras de soja são propiciadas por fatores como as condições de clima e solo, a tecnologia agrícola adotada, expansão das fronteiras agrícolas, surgimentos de novas cultivares, entre outros fatores. Apesar do sucesso da produção de soja, há também algumas adversidades, como as variações climáticas, surgimento de novas pragas e doenças, riscos de mercado, resistência a agroquímicos (Francisco; Câmara, 2013) e a alta dependência da importação de fertilizantes minerais.

A adubação para a cultura da soja é feita baseada em uma análise cuidadosa do solo e nas necessidades específicas da cultura, essas recomendações podem variar dependendo da região, tipo de solo e práticas agrícolas adotadas. Segundo Kaiser *et al.* (2023), um bom manejo nutricional pode maximizar a produtividade da soja e, conseqüentemente, garantir lucratividade.

Porém, para garantir a lucratividade não basta apenas calcular a adubação em função de um possível rendimento da cultura, sendo necessário considerar a cotação da saca da soja (60 kg) e o custo referente a esta adubação (Popp *et al.*, 2020).

Considerando que o Brasil é altamente dependente do mercado externo para a compra de fertilizantes e que nos últimos anos o preço aumentou cerca de 150% (CEPEA, 2023), estratégias que reduzem a aplicação de fertilizantes, quando comparado ao até então recomendado para a cultura, podem ser uma forma de aumentar a lucratividade da lavoura (Popp *et al.*, 2020). Além disso, iniciativas para incrementar a produção de soja através do avanço na intensificação e manejo integrado das plantações, maximização da utilização do solo, ampliação da área de cultivo, melhoramento genético, sementes de alto padrão e desenvolvimento de novas tecnologias são constantes no cenário agrícola (Liana *et al.*, 2021).



O cultivo de grãos, principalmente de soja e milho, é o setor que demanda maior quantidade de fertilizantes. Assim, pesquisas com fertilizantes organominerais (FOMs) estão ganhando cada vez mais espaço, para substituição parcial ou total do uso de fertilizantes minerais. O uso FOMs pode contribuir para redução da pendência da produção brasileira das exportações de fertilizantes e tornar o produto ainda mais competitivo no mercado internacional.

## **2.2. Fertilizantes organominerais**

A utilização exclusiva de fertilizantes orgânicos na nutrição das plantas frequentemente se torna impraticável devido à inconsistência na concentração de nutrientes, variações na disponibilidade desses nutrientes e no tempo necessário para a mineralização (Favarin *et al.*, 2010). Assim, os fertilizantes organominerais são uma alternativa interessante para agregar os benefícios da matéria orgânica à fertilização.

Os organominerais são materiais resultantes da combinação de componentes orgânicos, os quais podem ser de origem vegetal ou animal, com fontes minerais (Cânfora *et al.*, 2024). Na agricultura, os organominerais são frequentemente utilizados como fertilizantes ou condicionadores de solo. Eles combinam os benefícios dos materiais orgânicos, como matéria orgânica decomposta, com os minerais, como rochas moídas ou minerais sintetizados. A associação entre componentes orgânicos e minerais permite a produção de fórmulas específicas para cada cultura, com maior disponibilidade de nutrientes e uniformidade nas concentrações (Zonta *et al.*, 2021).

No Brasil, a Instrução Normativa N°61 de 8 de julho de 2020, estabelece alguns parâmetros de qualidade e especificações para fertilizantes organominerais. Segundo essa instrução normativa os FOMs sólidos devem apresentar ao menos 8% (oito por cento) de carbono orgânico, umidade máxima de 20% e capacidade de troca catiônica de 80 mmolc/kg. Há ainda parâmetros mínimos para a fração mineral, sendo que os nutrientes N, P e K devem representar ao menos 5% do fertilizante organomineral. Para fertilizantes fluídos a diferença refere-se quando ao teor de carbono orgânico que deve ser de ao menos 3% (MAPA, 2020). Esses requisitos são considerados mínimos para que haja o registro do produto e para que esse possa ser comercializado.

Dentre as vantagens atribuídas aos organominerais estão a aprimoração da biodiversidade microbiana do solo, suprir as necessidades nutricionais das plantas, a melhora

na retenção da umidade do solo, melhora nos atributos químicos e físicos do solo. Adicionalmente, sua aplicação pode ser vista como pioneira, já que tem potencial para diminuir custos de produção e promover eficiência econômica (Silva *et al.*, 2006).

A intensa exploração do solo e o uso excessivo de fertilizantes minerais ao longo das últimas décadas podem provocar modificações nas propriedades originais do solo, como mencionado por Grohskopf *et al.* (2019). Essas mudanças podem influenciar a eficácia de diferentes fertilizantes, resultando em desempenhos variados entre eles.

O uso de fertilizantes organominerais tem sido amplamente estudado visando a redução de custos com fertilizantes, buscando autonomia frente ao mercado externo e como uma forma de resolver o problema ambiental relacionado aos resíduos urbanos e rurais (Crusciol *et al.*, 2020).

Para algumas culturas os fertilizantes organominerais tem apresentado desempenho superior quando comparados à fertilizante mineral convencional. Ao avaliarem o emprego de fertilizantes organominerais com altas dosagens de fósforo na cultura do milho, Grohskopf *et al.* (2019) obtiveram índice de eficiência agrônômica 20% superior ao do fertilizante mineral nos tratamentos em que utilizaram o fertilizante organomineral.

Um dos principais motivos que tornam os fertilizantes organominerais mais atrativos em comparação aos fertilizantes minerais é a diminuição das perdas por lixiviação. A presença de matéria orgânica está ligada a um maior aproveitamento de nutrientes, devido a isso plantas que recebem fertilizantes organominerais apresentam melhor desempenho quando comparados com fertilizantes minerais. A maior parte do nitrogênio contido nos fertilizantes é perdida por volatilização e lixiviação, ao passo que o potássio é perdido principalmente por lixiviação e o fósforo por fixação (Laforet, 2013), sendo que apenas 50% do nitrogênio e 60% do potássio de fertilizantes minerais são aproveitados enquanto para fertilizantes organominerais é de 70% para o nitrogênio e 80% para potássio. Para o fósforo o aproveitamento em fertilizantes minerais pode chegar próximo a 20% do seu total, sendo que em fertilizantes organominerais esses valores podem ser superiores a 50% (Zonta; Stafanato; Pereira, 2021).

A maximização da absorção de nutrientes ao usar fertilizantes organominerais pode levar a um potencial de diminuição das doses de fertilizantes aplicadas. Em estudos realizados por De Aguiar *et al.* (2023), esses autores sugerem que, para a cultura do milho, foi observado um potencial para reduzir em até 60kg.ha<sup>-1</sup> a aplicação de NPK quando utilizado fertilizantes organominerais associados às bactérias promotoras de crescimento, comparável àquela observada quando se emprega fertilizante mineral revestidos com polímero.

Ferreira *et al.* (2022) destacaram que os fertilizantes organominerais têm o potencial não apenas de aumentar a produtividade, mas também de melhorar significativamente a qualidade dos produtos agrícolas, como foi observado na cultura da batata. Estudos realizados com o uso de fertilizantes organominerais na cultura do tomate indicaram não apenas melhorias na produtividade, mas também uma melhoria na qualidade dos frutos pós-colheita, resultando em um aumento do tempo de armazenamento e comercialização (Oliveira *et al.*, 2023).

Estudos realizados por Mota (2023) destacaram a relação entre diferentes tipos de fertilizantes, suas dosagens e épocas de aplicação com a qualidade de bebida do café, sendo que aplicações sucessivas em duas ou três épocas de aplicação resultaram em melhor qualidade de bebida quando utilizado o fertilizante organomineral com torta de filtro.

Além de todos os benefícios agrônômicos, a produção e o uso de fertilizantes organominerais é promissor como uma forma de reduzir resíduos sólidos urbanos e rurais, como por exemplo o lodo de esgoto, Biochar, torta de filtro, cama de frango, dejetos de suínos e resíduos de cana de açúcar, o que pode contribuir para a recuperação de áreas degradadas e melhorar as condições de áreas de florestas (Matveeva *et al.*, 2021; Brasmax *et al.*, 2013; Gurgel *et al.*, 2012).

Hu *et al.* (2023) destacam que dependendo das condições iniciais do solo, os benefícios decorrentes da utilização de fertilizantes organominerais só seriam evidentes após sua aplicação repetida ao longo de alguns anos.

Os fertilizantes organominerais podem diferir em sua forma física de comercialização, estando disponíveis em forma de farelo, pellets e grânulos (EMBRAPA, 2018). O fertilizante organomineral granulado se destaca por proporcionar maior uniformidade de aplicação (Fazullin *et al.*, 2021), sendo que alguns aditivos podem ser adicionados para propiciar maior resistência ao grânulo. A configuração granular possibilita a aplicação deste produto através de uma plantadeira, de forma semelhante ao que é realizado com o fertilizante mineral convencional. Outras apresentações físicas frequentemente encontradas para fertilizantes organominerais incluem pó, líquido ou farelado.

São inúmeras matérias primas de origem orgânica que podem ser utilizadas na fabricação de fertilizantes organominerais, dentre as mais comuns se destacam resíduos agrícolas (bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz etc.), dejetos de animais, vinhaça e subprodutos da indústria de celulose (Oliveira *et al.*, 2016).

Embora os benefícios do uso de fertilizantes organominerais na agricultura sejam reconhecidos, o principal consumo desse tipo de fertilizante no Brasil é observado nos

segmentos de olericultura, fruticultura, floricultura e culturas perenes, com apenas uma fração destinada à produção de grãos.

### 2.3. Microrganismos associados à fertilizantes

Os microrganismos desempenham um papel crucial no crescimento vegetal, influenciando a saúde das plantas de várias maneiras, como através da fixação de nitrogênio, da associação simbiótica com as raízes das plantas, liberação de nutrientes, produção de hormônios do crescimento, proteção contra patógenos e por melhorar as condições de estrutura do solo.

As rizobactérias são encontradas na rizosfera das plantas e têm efeitos benéficos diretos ou indiretos no crescimento das plantas e na produtividade através de vários mecanismos (Danish *et al.*, 2020).

A inoculação com *Bacillus* é uma das mais comuns, sendo que ela se refere a produtos que contêm cepas específicas de bactérias do gênero *Bacillus*, como *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus*, entre outras. Os fertilizantes associados ao *Bacillus* são aplicados no solo, na semente ou diretamente nas plantas, e seu objetivo é melhorar a saúde do solo e aumentar a produtividade das culturas de forma sustentável, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos e outros agroquímicos.

Alguns estudos têm mostrado que em situações de estresse hídrico pode ter seu crescimento beneficiado pela presença de bactérias benéficas, como *Bacillus* spp., já que nessas situações as bactérias podem melhorar a eficiência de uso da água em até 46% (Akhtar *et al.*, 2020).

A inoculação com *Bacillus paralicheniformis* é capaz de melhorar a eficiência do uso da água, o crescimento das raízes, melhorando a taxa fotossintética, a relação entre carbono e nitrogênio, melhora absorção de nutrientes e relações planta-água em plantas de soja. A melhora no uso da água pode ocorrer tanto em plantas bem irrigadas como naquelas que passam por um período de estresse hídrico (Liu *et al.*, 2023)

O uso de fertilizantes associado à *Bacillus* tem sido amplamente estudado em diversas culturas, principalmente visando controle de doenças (Li *et al.*, 2020; Yuan *et al.*, 2013; Wei *et al.*, 2011), melhorias no microbioma e qualidade do solo (Ortiz-Liébana *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2022; Otaiku *et al.*, 2019), o efeito como promotor de crescimento (Shang *et al.*, 2023; LIU *et al.*, 2022; Venancio *et al.*, 2019; Yuan *et al.*, 2013) e o efeito das bactérias sobre o

aproveitamento e solubilização do fósforo mineral (Maçik *et al.*, 2020; Tahir *et al.*, 2018; Rolewicz *et al.*, 2018).

As bactérias endófitas, como *Bacillus subtilis* e *Lysinibacillus* sp., que dentro do tecido das plantas sem causar doenças evidente, podem agir por antibiose, produzindo substâncias químicas que inibem o crescimento ou sobrevivência de outros microorganismos. Quando associadas à biofertilizantes, essa interação entre esses microrganismos e os fertilizantes resultam positivamente no cultivo de plantas (Sodiq *et al.*, 2022).

A *Bacillus subtilis* tem sido alvo de interesse devido à sua capacidade de produzir metabólitos secundários e formar biofilmes, os quais favorecem uma colonização benéfica nas raízes, resultando na proteção contra vários agentes patogênicos que afetam as plantas (Monnerat *et al.*, 2020). Segundo Monnerat *et al.* (2020), a associação entre *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* tem se mostrado eficiente para aumentar a produção de grãos na cultura da soja.

Liu *et al.* (2022) relatam que em estudos realizados com a cultura do morango, onde foram aplicados biofertilizantes associados à *Bacillus subtilis* as cepas de *Bacillus* se multiplicaram na rizosfera, afetaram a comunidade microbiana do local e promoveram maior crescimento das plantas de morango.

O efeito benéfico da inoculação com *Bacillus* pode ser potencializado pela presença de matéria orgânica, criando um sinergismo que promove ainda mais o crescimento e a saúde das plantas. Devido a esse efeito sinérgico a necessidade de adubação pode ser menor quando os solos são ricos em matéria orgânica ou devido a matéria orgânica presente no próprio biofertilizante (Pishchik *et al.*, 2016).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento à campo, na estação experimental Físio-plant, município de Uberlândia – MG (latitude -18.995758530834422 e longitude-48.18916924641882).

Figura 1 - Imagem via satélite da área experimental



Fonte: Google Earth

O período experimental foi de 05 de novembro de 2022 a 07 de março de 2023 e, de acordo com o sistema de classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como clima tropical, com inverno seco (Aw), apresentando dois períodos distintos: inverno seco, ameno, com baixa intensidade de chuvas e verão quente e chuvoso (Mendes, 2001). O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, com textura média.

Para caracterização inicial do solo, foram feitas coletas de amostras simples a uma profundidade de 0 a 20 cm, sendo que a partir destas amostras foi retirado uma amostra composta (CFSEMG, 1999) e enviada para o laboratório para realização de análise física e química (Tabela 1).

Tabela 1 - Propriedades químicas iniciais do solo.

Características químicas									
pH									
pH	P					SB			
(H <sub>2</sub> O)	(CaCl <sub>2</sub> )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	disp.	K <sup>+</sup>	H+Al	CTC	SB
01:02,5		---- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---			-- mg dm <sup>-3</sup> --			---- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---	
5,0	4,6	2,02	0,4	0,2	3,0	38,0	2,77	5,29	2,52
t	M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	m
cmol <sub>c</sub>	---	dag kg <sup>-1</sup>	---						
dm <sup>-3</sup>					----- mg dm <sup>-3</sup> -----			----- % -----	
2,72	-	-	-	-	-	-	-	48,0	7,0

pH em H<sub>2</sub>O; Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) P disponível (extrator Mehlich-1); S em fosfato de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>; H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L<sup>-1</sup> + TEA 0,1 mol L<sup>-1</sup> + CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> a pH 7.3) cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> x 10 = mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> / mg dm<sup>-3</sup> = ppm / dag kg<sup>-1</sup> = %; CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; M.O. = Método Colorimétrico; Metodologias baseadas em EMBRAPA (2009). Análise Textual pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 2009).

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

O delineamento experimental adotado foi em blocos em acaso, com esquema fatorial 3x3+1 com quatro repetições (Figura 2). O primeiro fator foi composto por três fontes de fertilizantes: organomineral 05-26-00 + 00-00-32) associado a *Bacillus* sp., mineral convencional 10-52-00 + 00-00-60 e mineral com polímero 10-52-00 + 00-00-60. O segundo fator foi composto por diferentes doses dos fertilizantes (25, 37,5 e 50 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 200, 300 e 400 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Por final foi realizado a adição de uma testemunha absoluta adicional sem aplicação de fertilizantes. A descrição dos tratamentos está demonstrada na tabela 2.

Tabela 2 - Descrição dos fertilizantes utilizados em adubação de plantio

Tratamento	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Dose em relação ao mineral
	---Kg.ha <sup>-1</sup> ---		(%)
T1- Testemunha	-	-	-
T2- Fertilizante Mineral	25,0	200	50
T3- Fertilizante Mineral	37,5	300	75
T4- Fertilizante Mineral	50,0	400	100
T5- Organomineral + <i>Bacillus</i> sp.	25,0	200	50
T6- Organomineral + <i>Bacillus</i> sp.	37,5	300	75
T7- Organomineral + <i>Bacillus</i> sp.	50,0	400	100
T8- Fertilizante mineral com polímero	25,0	200	50
T9- Fertilizante mineral com polímero	37,5	300	75
T10- Fertilizante mineral com polímero	50,0	400	100

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Para produção das formulações presentes nos fertilizantes organominerais foi utilizado como base orgânica um resíduo de celulose acrescido de fosfato monoamônico (MAP) e cloreto de potássio (KCl) que estão presentes no fertilizante mineral com polímero e mineral convencional. As cepas de bactérias utilizadas para a obtenção do tratamento de fertilizante organomineral com *Bacillus* foram das espécies *Bacillus subtilis* e *Bacillus liqueniformes*. As cepas foram misturadas aos fertilizantes organominerais considerando a proporção de 700 ml de bioinoculante para cada tonelada de fertilizantes. Obtendo uma população de  $1 \times 10^{11}$  UFC/ton de fertilizante organomineral produzido.

A aplicação de fertilizantes fosfatados foi realizada no sulco de semeadura e os potássicos a lanço sobre as parcelas.

O cultivo da soja foi realizado com plantio em linhas, com 15 plantas por metro linear e população ajustada em aproximadamente 300 mil plantas por hectare. A cultivar utilizada foi a Brasmax Desafio, 8473RSF e as unidades experimentais foram compostas por 30 m<sup>2</sup> (3 m x 10 m), com espaçamento de 1 m entre blocos. O manejo de micronutrientes foliares, plantas daninhas, pragas e doenças foram feitos de forma igualitária para toda área experimental.

Após a senescência das plantas, no final do ciclo da cultura, foram realizadas as avaliações de produtividade. Para tanto, foram retiradas as plantas correspondentes as 3 linhas centrais de cada parcela em 5 metros de comprimento, obtendo-se sub-parcelas de 7,5 m<sup>2</sup>. Após a colheita das plantas presentes nas sub-parcela foi mensurado:

Para a avaliação de produtividade (sacas.ha<sup>-1</sup>) foi mensurado a massa de grãos, obtidas por trilha mecânica das plantas da área útil de cada parcela e correção para 13% de grau de umidade. Os dados obtidos foram convertidos para sacas.ha<sup>-1</sup> após a correção da umidade.

$$MF = \frac{MI \times (100 - UI)}{(100 - UF)}$$

Sendo:

MF: massa final da amostra;

MI: massa inicial da amostra;

UI: umidade inicial da amostra;

UF: umidade final da amostra (13%)

Foram pesados os grãos produzidos em dez plantas, obtendo-se a massa de grãos em 10 plantas (g). Para determinação do peso de mil grãos (PMG), utilizou-se 8 repetições de 100 sementes, as quais foram pesadas em balança de precisão (0.001g), seguindo os critérios



estabelecidos pela RAS (Brasil, 2009). Posteriormente, também realizou a correção da umidade para 13%.

O teste de retenção de peneira (TRP) foi realizado a partir de uma amostra de 100 g de grãos, distribuídos sobre um conjunto de peneiras de 13 a 18 mesh, seguindo os critérios estabelecidos pela RAS (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Foram selecionadas 10 plantas de forma aleatória na parcela para a realização da contagem do número total de vagens presentes nas plantas, classificando as vagens entre 0 (chocha), 1, 2, 3 e 4 grãos. Também foi contabilizado o número de grãos totais presentes a partir das 10 plantas selecionadas aleatoriamente na parcela.

Por fim, foi coletada uma amostra de solo em cada parcela e essas encaminhadas ao laboratório para determinação das análises químicas do solo segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (2009).

Os dados obtidos foram inicialmente testados quanto às pressuposições de normalidade de resíduos (teste de Shapiro-Wilk), homogeneidade das variâncias (teste de Levene) e aditividade de bloco (Teste de Tukey para aditividade), utilizando o programa R Program. Todos os dados foram submetidos a 0,01 de significância. Após, os dados foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico R Program, para as variáveis qualitativas as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (0,05 de significância) e para as dosagens de fertilizantes foi realizado a análise de regressão.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estão apresentados na tabela 3 o resultado da análise química do solo realizada ao final da condução do experimento em toda a área experimental.

Tabela 3 - Análise de solo para áreas dos diferentes tratamentos.

	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH CaCl <sub>2</sub>	P me <sup>h</sup> mg dm <sup>-3</sup>	K mg dm <sup>-3</sup>	Ca cmolc dm <sup>-3</sup>	Mg cmolc dm <sup>-3</sup>	Al cmolc dm <sup>-3</sup>	H + Al cmolc dm <sup>-3</sup>	MO dag kg <sup>-1</sup>	SB cmolc dm <sup>-3</sup>	T cmolc dm <sup>-3</sup>
Controle (sem fertilizante)	5,50	4,86	4,53	35,25	1,63	0,37	0,10	3,14	2,13	2,09	5,23
Mineral convencional 50%	5,12	4,73	8,83	48,75	1,55	0,32	0,13	3,61	1,85	2,00	5,60
Mineral convencional 75%	5,03	4,60	17,95	53,50	1,53	0,30	0,25	3,31	1,25	1,96	5,27
Mineral convencional 100%	4,95	4,58	14,20	49,00	1,75	0,36	0,13	3,51	1,53	2,23	5,74
OMAGROCP + <i>Bacillus</i> 50%	5,08	4,65	12,23	39,50	1,77	0,36	0,15	3,61	1,90	2,24	5,84
OMAGROCP + <i>Bacillus</i> 75%	4,90	4,50	12,20	40,75	1,56	0,35	0,10	3,51	1,20	2,02	5,53
OMAGROCP + <i>Bacillus</i> 100%	4,85	4,48	20,13	45,00	1,41	0,29	0,15	3,51	1,23	1,81	5,32
Mineral com polímero 50%	5,00	4,54	11,40	50,00	1,89	0,40	0,18	3,51	1,38	2,42	5,93
Mineral com polímero 75%	5,05	4,68	8,93	43,50	1,70	0,35	0,20	3,61	2,15	2,16	5,77
Mineral com polímero 100%	5,14	4,68	16,53	43,25	1,77	0,34	0,18	3,34	1,93	2,22	5,55

	V(%)	m (%)	Ca/Mg	Ca/K	Mg/k	Ca+Mg/K	Ca/T (%)	Mg/T (%)	K/T (%)	H + Al/T (%)	Ca + Mg/T (%)
Controle (sem fertilizante)	40,50	5,00	4,55	19,60	4,30	23,93	31,76	7,15	1,73	59,37	38,90
Mineral convencional 50%	35,50	5,75	4,83	12,60	2,63	15,20	27,61	5,75	2,24	64,41	33,36
Mineral convencional 75%	37,50	11,75	5,60	11,15	2,10	13,30	29,31	5,65	2,64	62,41	34,96
Mineral convencional 100%	38,75	5,00	4,90	15,18	3,18	18,35	30,40	6,23	2,13	61,24	36,62
OMAGROCP + <i>Bacillus</i> 50%	38,50	6,25	4,93	17,88	3,65	21,50	30,38	6,20	1,71	61,72	36,57
OMAGROCP + <i>Bacillus</i> 75%	36,25	4,50	4,45	15,48	3,50	19,00	28,17	6,35	1,85	63,62	34,52
OMAGROCP + <i>Bacillus</i> 100%	33,75	8,25	5,00	12,45	2,50	14,93	26,19	5,30	2,18	66,34	31,49
Mineral com polímero 50%	40,00	7,25	4,75	14,53	3,08	17,60	31,52	6,64	2,21	59,64	38,16
Mineral com polímero 75%	36,75	9,75	5,10	15,10	3,05	18,15	29,01	5,86	2,02	63,11	34,87
Mineral com polímero 100%	39,50	7,50	5,38	15,88	3,03	18,90	31,80	6,00	2,03	60,17	37,80

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Não foram observados efeitos significativos ( $P>0,05$ ) para o teste de retenção em peneiras, peso de mil grãos, vagens chochas e vagens com 1, 2 e 3 grãos.

Já para os valores de produtividade, número total de grãos e massa de grãos em 10 plantas (Tabela 4), foram influenciados tanto pelo tipo de fertilizante utilizado ( $P<0,05$ ) quanto pela dosagem de fertilizante aplicada (Figuras 2,3 e 4), porém não houve interação significativa entre as duas variáveis estudadas.

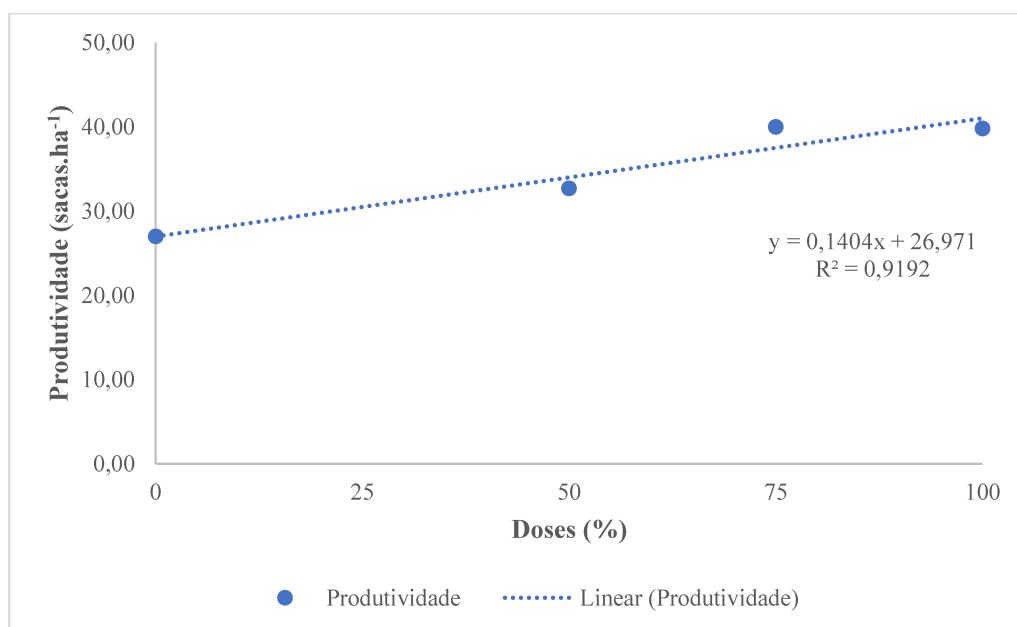
Tabela 4 - Produtividade média(sacas.ha<sup>-1</sup>), número total de grãos e massa de grãos de 10 plantas(g) de soja em função da aplicação de três tipos de adubos

Tratamento	Produtividade (sacas/ha <sup>-1</sup> )	Total de grãos (unidade)	Massa de grãos em 10 plantas (g)
Mineral	34,87 b	256,91 b	123,21 b
OM + <i>Bacillus</i> sp.	40,77 a	281,75 a	146,88 a
Mineral com polímero	36,83 b	277,83 a	134,64 b

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

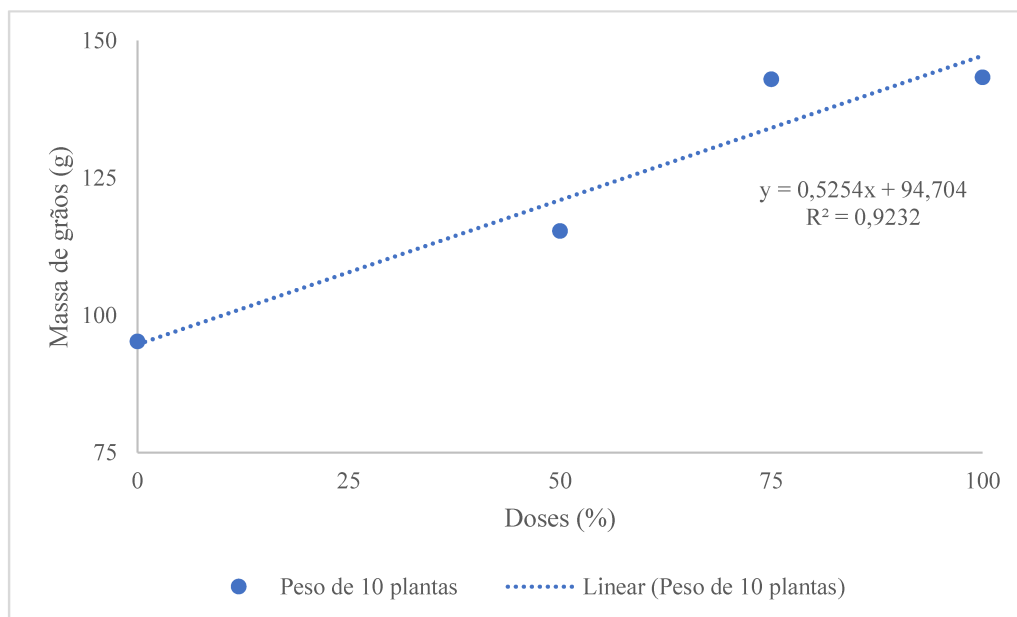
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Figura 2 - Regressão polinomial para produtividade (sacas.ha<sup>-1</sup>) de soja em função das doses (%) de fertilizantes aplicados



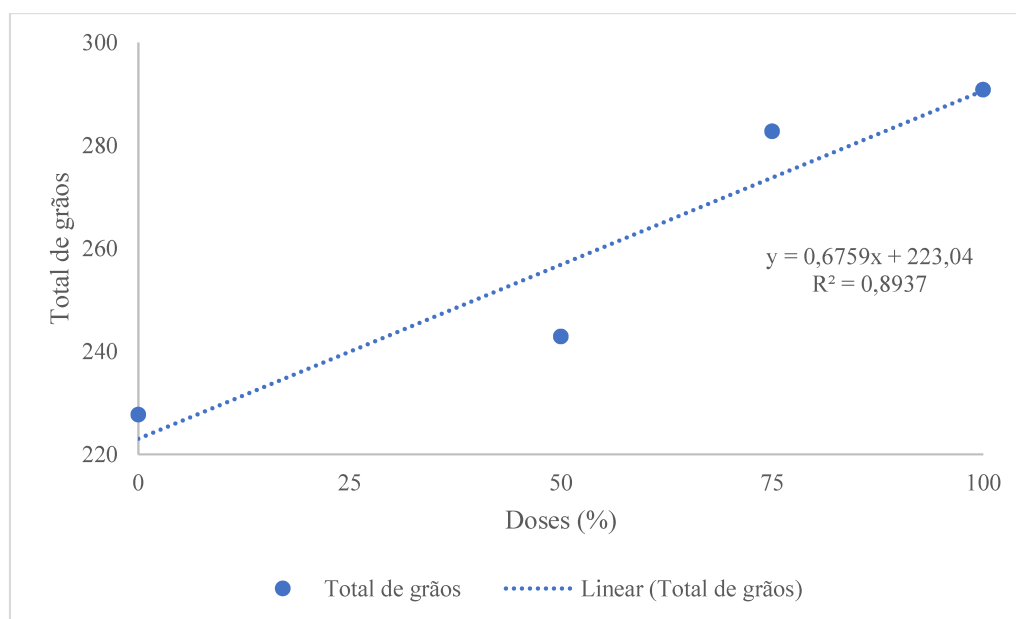
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Figura 3 - Regressão polinomial para massa de grãos de soja em função das doses (%) de fertilizantes aplicados.



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Figura 4 - Regressão polinomial para número total de grãos de soja em função das doses (%) de fertilizantes aplicados.



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Para a produtividade observou-se que o tratamento com fertilizante organomineral associado à *Bacillus* foi o que apresentou maior média, de 40,77 sacas.ha<sup>-1</sup>, quando comparado aos demais tratamentos. O mesmo comportamento foi observado para a variável massa de grãos, sendo que o tratamento com organomineral associado à *Bacillus*

apresentou média de 146,88 g, valor superior em 12,9% em relação à média dos demais tratamentos.

Esses resultados podem estar associados ao efeito conjunto do fertilizante organomineral, que é composto por uma combinação entre uma fonte de matéria orgânica e uma fonte mineral, e bactérias benéficas, como o *Bacillus*. A matéria orgânica presente no organomineral contribui com essa melhora por fornecer nutrientes essenciais para as plantas, melhorar a estrutura do solo, aumentar a retenção de água e promover a atividade biológica do solo (Lin *et al.*, 2019).

Enquanto isso, as bactérias do gênero *Bacillus* atuam melhorando a fixação de nitrogênio, promovendo o crescimento das plantas, levando a uma maior resistência a doenças e beneficiando a absorção de nutrientes (Venancio *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2022). A relação entre plantas e seus microbiomas é complexa (Kumar *et al.*, 2016), pois depende da interação entre planta, microbioma e solo, sendo essa interdependência crucial para a resistência a doenças e a absorção de nutrientes (Xun *et al.*, 2021).

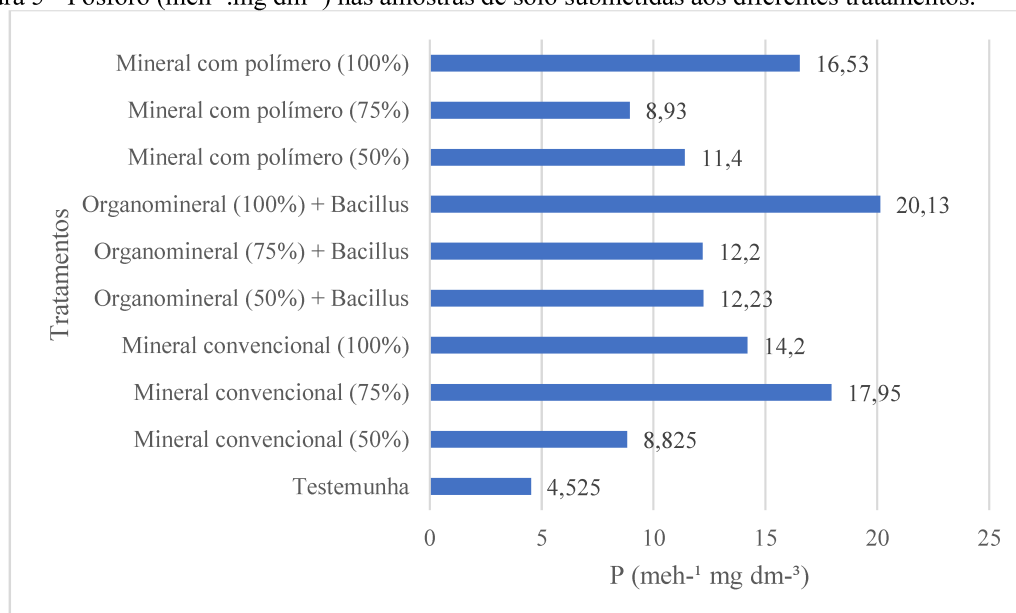
Deve-se considerar ainda o resultado obtido no presente estudo pode diferir daqueles em que se utilizam outra cultivar de soja, já que o efeito benéfico de bactérias, como as *Bacillus*, pode variar em função do material genético das plantas (Zhang *et al.*, 2019). Segundo Porter e Sachs (2020) o melhoramento genético das culturas pode resultar em uma redução da diversidade microbioma associada a elas e perda da capacidade de interagir com microrganismos benéficos específicos. Ou seja, variedades de soja podem reagir de forma distinta à associação com bactérias específicas.

Outro fator a ser considerado é que algumas bactérias benéficas, como a *Bacillus*, possuem capacidade de solubilizar fósforo inorgânico (Maçik *et al.*, 2020). Essa solubilização permite que o fosfato insolúvel seja convertido a formas que poderão ser absorvidos e aproveitados pelas plantas (Tian *et al.*, 2023).

Nas plantas o fósforo desempenha um papel crucial no florescimento e na produção de sementes de soja, é constituinte da molécula de adenosina trifosfato (ATP), de fosfolípídeos e compõem as fitinas presentes nos vegetais (Ventimiglia *et al.*, 1999). Segundo Ventimiglia *et al.* (1999) a absorção do fósforo pelas plantas é constante, no entanto para que se atinja a acumulação média de 0,4kg/ha/dia desejada de fósforo é necessário que esse mineral esteja disponível na solução de solo para ser absorvido. No presente estudo, o teor de fósforo ( $P\text{ meq}^{-1}\cdot\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) para o tratamento com fertilizante organomineral na dosagem de 100% em relação ao fertilizante mineral e associado a

*Bacillus* foi numericamente superior aos demais tratamentos de acordo com a análise química do solo (Tabela 2; Figura 5).

Figura 5 - Fósforo ( $\text{me}^{-1} \cdot \text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) nas amostras de solo submetidas aos diferentes tratamentos.



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Outro ponto a ser considerado refere-se aos valores de pH do solo. Estudos realizados por Arruda *et al.* (2015) demonstraram que há uma interação entre os valores de pH e de disponibilidade de fósforo. Solos mais ácidos reduzem a disponibilidade de fósforo para as plantas, já que o fósforo pode se ligar a minerais insolúveis, tornando-se menos disponível para as plantas. Solos com pH básico ( $\text{pH} > 7,0$ ) também podem levar a redução de disponibilidade já que o fósforo nessas condições se liga a íons de cálcio e sofrem precipitação.

No presente estudo, e acordo com a análise química do solo, verifica-se que o pH se encontra ligeiramente ácido ( $\text{pH} \sim 5,0$ ), o qual favorece a disponibilidade de fósforo. Em contrapartida, as bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformes* são conhecidas por terem sua máxima eficiência em solos com pH na faixa de 6-7, porém são capazes de se adaptar tanto a solos mais ácidos quanto a alterações de temperatura (Calvo; Zúñiga, 2010). Assim, a ação conjunta entre pH ácido e presença de bactérias podem resultar nos valores de fósforo obtidos nas amostras de solo.

O solo acidificado pode influenciar também a decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos do solo (Kunito *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2022) e, conseqüentemente, a alteração dessa interação afetaria a associação entre matéria orgânica e os óxidos de

ferro e alumínio (Wu *et al.*, 2016). Assim, no longo prazo há influência da matéria orgânica sob a disponibilidade de fósforo seria afetada (Hu *et al.*, 2023).

Para a variável total de grãos, os fertilizantes organomineral associado à *Bacillus* e o fertilizante mineral com polímero apresentaram desempenho semelhante entre si e ambos foram superiores ao fertilizante mineral convencional. Esse resultado pode estar associado ao período de liberação dos nutrientes, principalmente quando consideramos a liberação de fósforo e potássio.

É crucial aplicar fosfato no momento apropriado quando se visa a produção de grãos (Kaiser *et al.*, 2012), especialmente em solos tropicais onde a maior parte do fósforo está retido por adsorção (Cruz, 2015). Nessas condições, a liberação lenta dos nutrientes pode ser adotada como estratégia para garantir a disponibilidade de nutrientes para serem absorvidos pela planta durante o ciclo produtivo. Os fertilizantes organominerais por serem compostos por uma fonte orgânica associada ao mineral, apresentam maior eficácia no aproveitamento de fontes de fósforo (Sá *et al.*, 2017), uma vez que os compostos orgânicos reduzem a imobilização do fósforo. Nesse contexto, a associação com *Bacillus* pode ter contribuído para potencializar a disponibilidade desse nutriente.

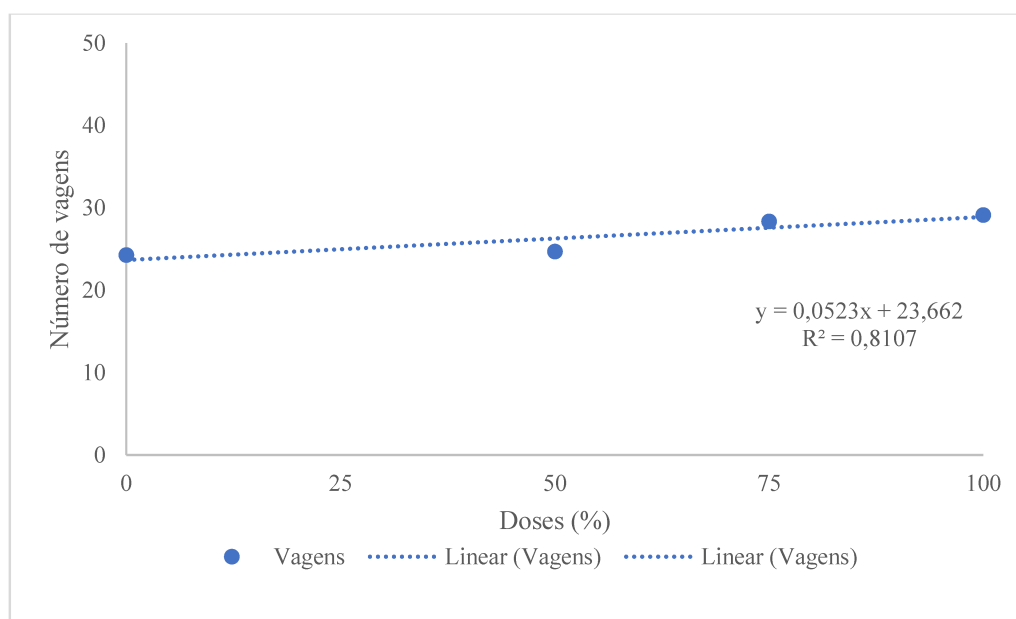
Observou-se condições comparáveis para o fertilizante mineral contendo polímeros, visto que este é reconhecido pela sua liberação gradual de nutrientes, tornando-os disponíveis de maneira que as plantas possam utilizá-los de forma mais eficiente (Nash; Nelson; Motavalli, 2013).

É importante ressaltar que o nitrogênio e sua disponibilidade também afetam diretamente variáveis relacionadas com a produção de grãos, como a produtividade, total de grãos e massa de grãos avaliados no presente estudo. Esse nutriente é altamente demandado no período de enchimento de grãos, sendo que sua deficiência nesse período afeta produção de grãos (Santana; Ghulamahdi; Lubis, 2021). O nitrogênio (N) é um nutriente requerido em grandes quantidades, macronutriente, sendo absorvido nas formas de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Um dos grandes entraves encontrados por diversos pesquisadores é que devido aos processos de lixiviação, desnitrificação, volatilização, entre outros, cerca de 50% do nitrogênio não é aproveitado pela planta (Ribeiro *et al.*, 2020). A liberação lenta de nutrientes que ocorre nos fertilizantes minerais polimerizados, são extremamente desejáveis para a cultura da soja pois possibilita o aproveitamento dos nutrientes. Outro fator é a associação de minerais com matéria orgânica nos fertilizantes organominerais, a liberação progressiva de nutrientes nos resíduos orgânicos também ocorre nesse caso à medida que se decompõem e é uma das principais vantagens dos

fertilizantes orgânicos, pois impede a lixiviação dos nutrientes contidos neles (Kiehl, 1985).

Para a variável número de vagens por planta apenas as dosagens apresentaram efeito significativo ( $P < 0,05$ ; figuras 6).

Figura 6 - Regressão polinomial para número de vagens por planta de soja em função das doses (%) de fertilizantes aplicados.



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Para a produtividade, massa de grãos, total de grãos e número médio de vagens constatou-se que as doses de fertilizantes proporcionaram um incremento significativo de acordo a sua elevação das doses apresentando significância de 5% ( $p < 0,05$ ) se ajustando melhor ao modelo de regressão linear (Figuras 4, 5, 7 e 10). Essas quatro variáveis apresentaram correlação positiva com a dosagem de fertilizantes, ou seja, o aumento das dosagens gerou incremento de produtividade, massa grãos, número total de grãos e número de vagens. Pode-se observar que o ajuste dos dados ao modelo pode ser considerado alto, apresentando  $R^2$  de 91,92%, 92,32%, 89,37% e 81,07%, respectivamente.

No entanto, considerando que os valores obtidos para essas variáveis são considerados baixos relativos aos esperados pela cultivar adotada (Brasmax, 2024) e que estudos com dosagens de fertilizantes alternativos geralmente adotam doses abaixo e acima da recomendada para fertilizante mineral convencional (Ribeiro *et al.*, 2020) pode-se inferir que talvez se fossem adotados dosagens acima do recomendado para mineral



convencional o comportamento dos dados em relação ao modelo de regressão poderia se apresentar diferente e mais acurado.

Em estudos realizados por Zonta, Stafanato e Pereira, (2021) demonstraram que o aproveitamento de nutrientes quando se utilizado fertilizantes organominerais é 20% superior em comparação com o uso exclusivo de minerais para fornecer os nutrientes nitrogênio e potássio, e 30% superior para o fósforo. Além disso, para a cultura do milho foi demonstrado que ao se associar bactérias do gênero *Bacillus* a fertilizantes organominerais houve um potencial para reduzir em 60kg.ha<sup>-1</sup> a adubação de NPK quando comparado a fertilizantes minerais com polímero (De Agriar *et al.*, 2023).

Já para o número médio de grãos por vagem de soja (Tabela 5) em função da aplicação de diferentes de adubos, apenas a variável 4 grãos por vagem apresentaram significância de 5% ( $p < 0,05$ ) em função do fertilizante aplicado.

Tabela 5 - Número médio de grãos por vagem de soja em função da aplicação de três tipos de adubos.

Tratamento	Chocha	1 grão/vagem	2 grãos/vagem	3 grãos/vagem	4 grãos/vagem
Mineral	4,41	33,50	106,83	106,67	5,50 b
OM + <i>Bacillus</i> sp.	2,92	33,41	103,25	132,42	9,75 a
Mineral com polímero	4,50	33,08	111,33	120,67	8,25 a

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Esse resultado está coerente aos obtidos para outras variáveis, já que o número de grãos por vagem influencia diretamente o resultado obtidos para produtividade, massa de grãos e número total de grãos. É possível observar que o fertilizante organomineral com *Bacillus* produtividade, massa de grãos e número total de grãos obteve bom desempenho em todas as três variáveis estudadas citadas acima.

Santos *et al.* (2024) ao avaliarem o número de grãos por vagem em plantas de soja em condições de alta salinidade observaram que fertilizantes organominerais associado à *Bacillus* sp. contribuíram para um maior equilíbrio nutricional das plantas resultando positivamente no número de grãos por vagem de soja. O efeito positivo dessa associação em processos fisiológicos e bioquímicos podem ter afetado positivamente os resultados obtidos no presente estudo mesmo na ausência de situação de estresse (Silva *et al.*, 2019).

Considerando que os solos do cerrado são conhecidos por possuírem teor de matéria orgânica, o uso de fertilizantes organominerais pode ser uma alternativa viável

pois além de proporcionar resultados agronômicos positivos, também contribui para a melhoria da qualidade física e química do solo a longo prazo.

## 5 CONCLUSÕES

O fertilizante organomineral com *Bacillus* é superior aos fertilizantes convencionais e com polímero para a produtividade da soja.

Os fertilizantes organomineral associado às cepas de *Bacillus* pode ser promissor como alternativo à fertilizantes convencionais e apresentar desempenho superior à fertilizantes especiais para a cultura da soja.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROANALYSIS (ed.). Alavancagem da soja e do milho no mercado internacional. **AgroANALYSIS**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 36-39, 2023. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/issue/view/5041/2764>. Acesso em: 30 jul. 2024.

AKHTAR, S. S.; AMBY, D. B.; HEGELUND, J. N.; FIMOGNARI, L.; GROBKINSKY, D. K.; WESTERGAARD, J. C.; MÜLLER, R.; MOELBAK, L.; LIU, F.; ROITSCH, T. *Bacillus licheniformis* FMCH001 increases water use efficiency via growth stimulation in both normal and drought conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00297>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2020.00297/full>. Acesso em: 30 jul. 2024.

ALVES, J. V. M.; FALEIRO, L. M.; REZENDE, C. F. A. Fertilizantes de liberação controlada e seus efeitos no milho. **Agrarian**, v. 16, n. 56, p. e16772, 2023. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v16i56.16772>. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/16772/9687>. Acesso em: 30 jul. 2024.

BENITES, V. D. M.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 29.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 13.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 11.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 8., 2010, Guarapari. **Anais [...]**. Viçosa: SBCS, 2010. p. 1-5. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/98406/1/Producao-de-fertilizantespdf.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº61, 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. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, p. 5, 15 julhos 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2024.

BRASMAX. Genética, Descrição das cultivares do cerrado Brasmax Desafio, Disponível em: <https://www.brasmaxgenetica.com.br/cultivar-regiao-cerrado/>. Acesso em: 14 mar. 2024.

BUENO, M. P.; DE ANDRADE, J. R. E.; DEMARCHI, P. H.; GONÇALVES, P. B.; MACEDO, K. G. Impasses da produção de fertilizantes no Brasil. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 7, p. 11077-11091, 2023. DOI: <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i7.1818>. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/1818/1324>. Acesso em: 30 jul. 2024.

CALVO, P.; ZÚÑIGA, D. Caracterización fisiológica de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de la rizósfera de papa (*Solanum tuberosum*). **Ecologia aplicada**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 31-39, 2010. DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v9i1-2.393>. Disponível em: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/393/385>. Acesso em: 30 jul. 2024.

CÂNFORA, S. M. T.; DE LIMA, A. D.; FERNANDES, A. L. T.; FINZER, J. R. D. Formulação de fertilizante organomineral constituído por subprodutos de processos industriais. **Journal Of Humanities And Social Science**, [s. l.], v. 29, n. 1, 49-55, 2024. DOI: 10.9790/0837-2901064955. Disponível em: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jhss/papers/Vol.29-Issue1/Ser-6/J2901064955.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2024.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA) E CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (CNA). PIB do agronegócio cai no terceiro trimestre e acumula baixa de 0,91% em 2023. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/CNA-PIB-DO-AGRO-21DEZ2023.pdf>

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001200010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/SYdBpthzsK556RRYhsjStGc/?lang=pt>. Acesso em: 30 jul. 2024.

CRUSCIOL, C. A. C.; CAMPOS, M. D.; MARTELLO, J. M.; ALVES, C. J.; NASCIMENTO, C. A. C.; PEREIRA, J. C. D. R.; CANTARELLA, H. Organomineral fertilizer as source of P and K for sugarcane. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 10, n. 5398. p. 1- 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62315-1>.

CRUZ, C. V. **Efeito residual de fontes de fósforo e adubação fosfatada no crescimento do milho**. 2015. 43f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/22715f70-e3b3-4edc-bdd6-88ab1c17fd6c/content>. Acesso em: 30 jul. 2024.

DANISH, S.; ZAFAR-UL-HYE, M.; MOHSIN, F.; HUSSAIN, M. ACC-deaminase producing plant growth promoting rhizobacteria and biochar mitigate adverse effects of drought stress on maize growth. **PLoS One**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. e0230615, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230615>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0230615>. Acesso em: 30 jul. 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa suínos e aves – Rede biogásfert, **Fertilizante organomineral farelado e granulado**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/biogasfert/fertilizantes/fertilizante-organomineral/farelado-e-ou->

granulado#:~:text=O%20fertilizante%20organomineral%20na%20forma,com%20sais%20sol%C3%BAveis%20de%20micronutrientes%2C/ . Acesso em: 14/03/2024.

ESTADOS UNIDOS. United States Department of Agriculture. **Table 07: Soybeans: world supply and distribution.** 2023. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/reporhandler.ashx?reportId=706&templateId=8&format=html&fileName=Table%2007:%20Soybeans:%20World%20Supply%20and%20Distribution>. Acesso em: 30 jul. 2024.

FAVARIN, J. L.; TEZOTTO, T.; NETO, A. P.; PEDROSA, A.W.Cafeeiro. *In*: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes.** Piracicaba: IPNI –Brasil, 2010. cap. 10, p. 411-467.

FAZULLIN, R. K.; FAZULLINA, A. A.; KHALITOV, R. A.; KHUZIAKHMETOV, R. K. Obtaining sapropel-based organomineral fertilizers from the mixed acids spent in producing nitrocellulose. **IOP Conference Series: Earth and Environmental**, [s. l.], p. 1-8, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/815/1/012027>. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/815/1/012027/pdf>. Acesso em: 30 jul. 2024.

FRANCISCO, E. A. B.; CÂMARA, G. M. S. Desafios atuais para o aumento da produtividade da soja. **Informações Agrônomicas**, [s. l.], v. 1, n. 143, p. 11-16, 2013.

FERREIRA, D. M.; REBOUÇAS, T. N.; FERRAZ-ALMEIDA, R.; PORTO, J. S.; OLIVEIRA, R. C.; LUZ, J. M. Organomineral fertilizer as an alternative for increasing potato yield and quality. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 306-312, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n4p306-312>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/G7Yk9Kn36wyDxcZCv4Zhng/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 30 jul. 2024.

GROHSCOPF, M. A.; CORRÊA, J. C.; FERNANDES, D. M.; BENITES, V. D. M.; TEIXEIRA, P. C.; CRUZ, C. V. Phosphate fertilization with organomineral fertilizer on corn crops on a Rhodic Khandiudox with a high phosphorus content. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, p. e00434, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00434>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/y9qqrjJhDWcrftM6HkwBwFH/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 30 jul. 2024.

GURGEL, M. N.; Correa, S. T.; Dourado Neto, D. U. R. V. A. L.; JÚNIOR, P. Technology for sugarcane agroindustry waste reuse as granulated organomineral fertilizer. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 63-75, 2015.

HU, Y.; CHEN, J.; HUI, D., LI, J.; YAO, X.; ZHANG, D.; DENG, Q. Soil acidification suppresses phosphorus supply through enhancing organomineral association. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 905, p. 167105, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167105>.

KAISER, D. E.; FERNANDEZ, F.; WILSON, M.; PIOTROWSKI, K. **Fertilizing soybean in Minnesota**. AG-FO-03813-C (REVISED 2023) University of Minnesota Extension, St. Paul, 2012.

KIEHL, E J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres. 1985.

KUNITO, T.; ISOMURA, I.; SUMI, H.; PARK, H.; TODA, H.; OTSUKA, S.; NAGAOKA, K.; SAEKI, K.; SENOO, K. Aluminum and acidity suppress microbial activity and biomass in acidic forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 97, p. 23-30, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.02.019>.

LACERDA, J. J. D. J.; RESENDE, Á. V. D.; FURTINI NETO, A. E.; HICKMANN, C.; CONCEIÇÃO, O. P. D. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 9, p. 769-778, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000900005>.

LI, Y., QIN, L.; ROBERTS, D. P.; HU, X.; XIE, L.; GU, C.; XIANGSHENG, L.; HAN, P.; LIAO, X. Biological fertilizer containing *Bacillus subtilis* BY-2 for control of *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape. **Crop Protection**, [s. l.], v. 138, e105340, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105340>.

LIN, W.; LIN, M.; ZHOU, H.; WU, H.; LI, Z.; LIN, W. The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. **PloS one**, [s. l.], v. 14, n. 5, e0217018, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217018>.

LIANA, T.; IRWANDY, D.; BHERMANA, A. The Effect of Basic Fertilizer Doses On Soybean Growth And Production. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, [s. l.], p. 1-6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/715/1/012038>. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/715/1/012038/pdf>. Acesso em: 30 jul. 2024.

LIU, L.; LI, X.; LI, T.; XIE, Y.; CAO, Z.; FANG, P. Bio-organic fertilizer with *Bacillus subtilis* F2 promotes strawberry plant growth and changes rhizosphere microbial community. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 3045-3055, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-022-00866-0>.

LIU, Z.; SHI, Z.; WEI, H.; ZHANG, J. Acid rain reduces soil CO<sub>2</sub> emission and promotes soil organic carbon accumulation in association with decreasing the biomass and biological activity of ecosystems: A meta-analysis. **Catena**, v. 208, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105714>.

MAÇIK, M.; GRZYTA, A.; SAS-PASZT, L.; FRĄC, M. The status of soil microbiome as affected by the application of phosphorus biofertilizer: Fertilizer enriched with beneficial bacterial strains. **International Journal of Molecular Sciences**, [s. l.], v. 21, n. 21, p. 1-35, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21218003>. Disponível em: [https://ijpp.gau.ac.ir/article\\_1110.html](https://ijpp.gau.ac.ir/article_1110.html). Acesso em: 02 dez. 2022.

MATVEEVA V.A.; SMIRNOV Y.D.; SUCHKOV D.V. Industrial processing of phosphogypsum into organomineral fertilizer. **Environmental Geochemistry and**

**Health**, [s. l.], v. 44, n. 5, p. 1605-1618, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10653-021-00988-x>.

MONNERAT, R.; MONTALVÃO, S. C. L.; MARTINS, E. S.; QUEIROZ, P. R. M.; SILVA, E.Y.Y.; GARCIA, A. R. M.; CASTRO, M. T.; ROCHA, G. T.; FERREIRA, A. D. C. L.; GOMESS, A. C. M. M. **Produção e controle de qualidade de produtos biológicos à base de bactérias do gênero Bacillus para uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020.

MOTA, Raquel Pinheiro da. **Fertilizantes especiais na cultura do cafeeiro (Coffea arábica L.)**. 2023. 100 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.8044>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/38545/1/FertilizantesEspeciaisCultura.pdf> f. Acesso em: 30 jul. 2024.

NICOLELLA, A. C.; DRAGONE, D. S.; BACHA, C. J. C. Determinantes da demanda de fertilizantes no Brasil no período de 1970 a 2002. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 43, p. 81-100, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032005000100005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/ssmQ7BW4yLPjwStfg9YtDsC/?lang=pt>. Acesso em: 30 jul. 2024.

OLIVEIRA, J. V. de.; FREIRE, E.; POLIDORO, J. C. Fontes de matéria prima de origem orgânica para produção de fertilizantes organominerais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 32.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 16.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 14.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 11., 2016, Goiânia. **Resumos [...]**. Goiânia: FERTBIO, 2016. p. 343. Disponível em: <https://sbc.org.br/fertbio2016/anais/pdfs/plenary/BCQR.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2024.

OLIVEIRA, J. W.; VOLANTE, C. R. Os benefícios da tecnologia embarcada em implementos agrícolas para a agricultura de precisão: estudo de caso de produção de uma indústria de implementos agrícolas. **Revista Interface Tecnológica**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 264-273, 2019. DOI: <https://doi.org/10.31510/infa.v16i2.633>.

OLIVEIRA, L. L. de; CARDOSO, G. dos S.; FARNEZI, P. K. B.; DE AZEVEDO, L. A. L.; FRANÇA, A. C. Resposta do tomate cereja à adubação organomineral para incremento na produtividade. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 54-61, 2023. DOI: <https://doi.org/10.24221/jeap.8.2.2023.4966.054-061>. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/4966/482484907>. Acesso em: 30 jul. 2024.

ORTIZ-LIÉBANA, N.; ZOTTI, M.; BARQUERO, M.; GONZÁLEZ-ANDRÉS, F. An organic fertilizer ‘Doped’ with a Bacillus strain improves melon and pepper yield, modifying the rhizosphere microbiome with negligible changes in the bulk soil microbiome. **Agronomy**, [s. l.], v. 12, n. 11, p. 2620, 2022. DOI:



<https://doi.org/10.3390/agronomy12112620>. Disponível em:  
<https://www.mdpi.com/2073-4395/12/11/2620>. Acesso em: 30 jul. 2024.

OTAIKU, A. A.; MMOM, P. C.; ANO, A. O. Biofertilizer Impacts on Cassava (Manihot Esculenta Crantz) Rhizosphere: Crop Yield and Growth Components, Igbariam, Nigeria. **World Journal of Agriculture and Soil Science**, [s. l.], v. 3, n. 5, 2019. DOI: <https://doi.org/10.33552/WJASS.2019.03.000575>. Disponível em: <https://irispublishers.com/wjass/fulltext/biofertilizer-impacts-on-cassava-manihot-esculenta-crantz-rhizosphere-crop-yield.ID.000575.php>. Acesso em: 30 jul. 2024.

PISHCHIK, V. N.; VOROBYOV, N. I.; WALSH, O. S.; SURIN, V. G.; KHOMYAKOV, Y. V. Estimation of synergistic effect of humic fertilizer and Bacillus subtilis on lettuce plants by reflectance measurements. **Journal of Plant Nutrition**, [s. l.], v. 39, n. 8, p. 1074-1086, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1061551>.

POPP, M. P.; SLATON, N. A.; ROBERTS, T. L. Profit-maximizing potassium fertilizer recommendations for soybean. **Agronomy journal**, [s. l.], v. 112, n. 6, p. 5081-5095, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.20424>.

PORTER, Stephanie S.; SACHS, Joel L. Agriculture and the disruption of plant–microbial symbiosis. **Trends in Ecology & Evolution**, [s. l.], v. 35, n. 5, p. 426-439, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.01.006>.

RIBEIRO, M. E. G.; PEREIRA, C. S.; FIORINI, I. V. A.; RESENDE, F. R.; SILVA, A. A.; PEREIRA, H. D. Doses of organomineral fertilizer in soybean. **Scientific Electronic Archives**, [s. l.], v. 13, n. 6, p. 31-35, 2020. DOI: 10.36560/13620201072.

ROLEWICZ, M.; RUSEK, P.; BOROWIK, K. Obtaining of granular fertilizers based on ashes from combustion of waste residues and ground bones using phosphorous solubilization by bacteria Bacillus megaterium. **Journal of environmental management**, [s. l.], v. 216, p. 128-132, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.004>.

SÁ, J. M. e. **Avaliação de fertilizante organomineral fosfatado produzido com cama de frango e das perdas de fósforo em solo do Oeste da Bahia**. 2017. 84 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2017. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/bitstream/20.500.14407/9092/3/2017%20-%20Jerusa%20Maia%20e%20S%20c3%a1.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2024.

SAMAD, M. A.; SIKDER, R. K.; KARIM, M. T.; IQBAL, M.; SUMON, M. M.; IMTIAZ, A. A.; SHIL, S.K.; TOUHIDUJJAMAN, M. Integrated nutrient management strategies: unraveling the impact of bio-fertilizers and traditional fertilizers on soybean (glycine max) productivity. **European Journal of Nutrition & Food Safety**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 60-65, 2024. DOI: <https://doi.org/10.9734/ejnfs/2024/v16i11378>.

SANTANA, F. P.; GHULAMAHD, M.; LUBIS, I. Respons pertumbuhan, fisiologi, dan produksi kedelai terhadap pemberian pupuk nitrogen dengan dosis dan waktu yang

berbeda. **Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 24-31, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18343/jipi.26.1.24>.

SANTOS, S. D. O.; SOUSA, G. G. D.; VIANA, T. V. D. A.; OLIVEIRA, G. D. S.; GOES, G. F.; SILVA, A. O. D.; SILVA, A. R.A.; GOMES, K. R.; MUENGO, J.M.K.; NOGUEIRA, R. D. S. Bacillus sp., fertilization forms, and salt stress on soybean production. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Goiânia, v. 28, p. e279072, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4954822>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/Jd6MQJ63HBhSnBtCbr9fV4s/?lang=en>. Acesso em: 30 jul. 2024.

SILVA, S. S. da; LIMA, G. S. De; LIMA, V. L. A. de; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; LUCENA, R. C. M. Gas exchanges and production of watermelon plant under salinity management and nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, p.1-10, e54822, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4954822>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/Jd6MQJ63HBhSnBtCbr9fV4s/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 30 jul. 2024.

SILVA, A. J. **Efeito residual das adubações orgânica e mineral na cultura do gergelim (Sesamum indicum, l) em segundo ano de cultivo**. 2006. 48f. Dissertação (Mestrado em Manejo de solo e água) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

SHANG, X.; FU, S.; GUO, X.; SUN, Z.; LIU, F.; CHEN, Q.; TU, T.; GAO, Y.; ZHANG, L.; YANG, L.; HOU, X. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Microbial Fertilizer Changes Soils' Microbial Structure and Promotes Healthy Growth of Cigar Tobacco Plants. **Agronomy**, [s. l.], v. 13, n. 12, p. 2 - 19, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13122895>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/12/2895>. Acesso em: 30 jul. 2024.

TAHIR, M.; KHALID, U.; IJAZ, M.; SHAH, G. M.; NAEEM, M. A.; SHAHID, M.; AHMA, N.; KAREEM, F. Combined application of bio-organic phosphate and phosphorus solubilizing bacteria (Bacillus strain MWT 14) improve the performance of bread wheat with low fertilizer input under an arid climate. **Brazilian Journal of Microbiology**, [s. l.], v. 49, p. 15-24, 2018. Supl. 1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.11.005>

TIAN, D.; FENG, Y.; MENDES, G. de O.; CHEN, H. (ed.). **Biotechnology of phosphate solubilizing microorganisms for metabolites regulation: present and future**. Lausanne, Suíça: Frontiers Media SA, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/978-2-8325-3255-3>.

VENANCIO, W. S.; GOMES, J. M.; NAKATANI, A. S.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. Lettuce Production under Reduced Levels of N-fertilizer in the Presence of Plant Growth-promoting Bacillus spp. Bacteria. **Journal of Pure & Applied Microbiology**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 1941 – 1952, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22207/JPAM.13.4.06>. Disponível em: <https://microbiologyjournal.org/lettuce-production-under-reduced-levels-of-n-fertilizer-in-the-presence-of-plant-growth-promoting-bacillus-spp-bacteria/>. Acesso em: 30 jul. 2024.

VENTIMIGLIA, L. A.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; PIRES, J. L. F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 195-199, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000200007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/FR6nNMLwPtYDwFcfnhQ9Tgs/?lang=pt>. Acesso em: 30 jul. 2024.

XUN, W. XUN; W.; SHAO, J.; SHEN, Q.; ZHANG, R. Rhizosphere microbiome: Functional compensatory assembly for plant fitness. **Computational and Structural Biotechnology Journal**, Suécia, v. 19, p. 5487-5493, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.09.035>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2001037021004207>. Acesso em: 24 mar. 2024.

YUAN, J.; RUAN, Y.; WANG, B.; ZHANG, J.; WASEEM, R.; HUANG, Q.; SHEN, Q. Plant growth-promoting rhizobacteria strain *Bacillus amyloliquefaciens* NJN-6-enriched bio-organic fertilizer suppressed *Fusarium* wilt and promoted the growth of banana plants. **Journal of agricultural and food chemistry**, [s. l.], v. 61, n. 16, p. 3774-3780, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf400038z>.

WEI, Z.; YANG, X.; YIN, S.; SHEN, Q.; RAN, W.; XU, Y. Efficacy of *Bacillus*-fortified organic fertiliser in controlling bacterial wilt of tomato in the field. **Applied soil ecology**, [s. l.], v. 48, n. 2, p. 152-159, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.03.013>.

WU, J.; LIANG, G.; HUI, D.; DENG, Q.; XIONG, X.; QIU, Q.; LIU, J.; CHU, G.; ZHOU, G.; ZHANG, D. Prolonged acid rain facilitates soil organic carbon accumulation in a mature forest in Southern China. **Science of the total environment**, [s. l.], v. 544, n. 15 p. 94-102, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.025>.

ZONTA, E.; STAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. In: BORGES, Ana Lúcia (ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 14, p. 263-303. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/226951/1/livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2024.