

# ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO INFLUENCIADOS POR APLICAÇÕES DE BIOFERTILIZANTE<sup>1</sup>

## SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES INFLUENCED BY BIOFERTILIZER APPLICATIONS

Antônia Lara da Silva Lima<sup>2</sup>  
Gilberto Saraiva Tavares Filho<sup>3</sup>  
Maria Edenilce Peixoto Batista<sup>4</sup>

### Resumo

No setor agrícola brasileiro, predomina o cultivo convencional, marcado pelo alto custo de produção, acentuada mecanização e elevado preço de fertilizantes minerais. O intenso uso dos solos e a dificuldade de aquisição dos insumos minerais, muitas vezes inviabilizam ou comprometem a produção, principalmente para pequenos produtores. Uma alternativa sustentável que tem ganhado destaque é o uso de biofertilizantes, se mostrando uma escolha viável para os agricultores. Nesse sentido, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar o efeito de diferentes doses de biofertilizante líquido (Biogeo) na composição química de um latossolo vermelho amarelo, contribuindo para uma maior sustentabilidade ambiental. O experimento foi realizado no Município de Araripe – CE, nos meses de agosto a setembro de 2021. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos (Doses) e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos das seguintes doses de biofertilizante (Biogeo): 0, 10, 20, 30 e 40mL. Foram analisados os teores de matéria orgânica (MO), P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e pH. Os dados foram submetidos à análise de variância e os efeitos quantitativos testados por regressão. A utilização do biofertilizante Biogeo no solo influenciou significativamente os teores de matéria orgânica (MO). O tempo de incubação do solo não foi suficiente para que a mineralização dos nutrientes ocorresse de forma eficaz. Há necessidade de que mais estudos sejam realizados para evidenciar a influência de maiores teores de calcário adicionado no biofertilizante, bem como tempo e a frequência de aplicação.

**Palavras-chave:** adubação; agroecologia; fertilizantes.

### Abstract

In the context of the Brazilian agricultural sector, conventional farming has historically dominated, characterized by elevated production costs, substantial mechanization, and the considerable expense of mineral fertilizers. The intensive utilization of land and the challenges associated with acquiring mineral inputs frequently render production unfeasible or compromised, particularly for small-scale producers. A sustainable alternative that has emerged as a prominent solution is the incorporation of biofertilizers, which has been demonstrated to be a viable option for farmers. The objective of this research was to evaluate the effect of different doses of liquid biofertilizer (Biogeo) on the chemical composition of a yellow red latosol, with the aim of contributing to greater environmental sustainability. The experiment was carried out in the municipality of Araripe - CE, from August to September 2021. The experimental design used was completely randomized (DIC), with five treatments (Doses) and four replications. The treatments involved the application of varying doses of the biofertilizer (Biogeo), ranging from 0 to 40 milliliters. The levels of organic matter (OM), phosphorus (P), calcium (Ca<sup>2+</sup>), magnesium (Mg<sup>2+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>), and pH were analyzed. The collected data was subjected to analysis of variance, and the quantitative effects were tested by regression. The results indicated that the application of Biogeo biofertilizer in the soil significantly influenced the organic matter (OM) content. The duration of the soil incubation proved insufficient for the effective mineralization of nutrients. Further research is necessary to substantiate this finding.

**Keywords:** fertilizing; agroecology; fertilizers.

<sup>1</sup> Este trabalho foi realizado com o apoio da Pró-reitoria de Extensão (PROEX) da Universidade Regional do Cariri – URCA e da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP (BP5-0197-00135.01.00/22).

<sup>2</sup> Graduada em Ciências Biológicas. Universidade Regional do Cariri, Campos Sales (CE). E-mail: laralimabio3@gmail.com.

<sup>3</sup> Doutorando em Tecnologias Energéticas Nucleares, Proten-DEN. Universidade Federal de Pernambuco, Recife (PE). E-mail: gilfilho753@hotmail.com.

<sup>4</sup> Doutora em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Regional do Cariri, Campos Sales (CE). E-mail: edenilcebio@gmail.com.

## 1 Introdução

No sistema de manejo convencional, o uso intenso do solo favorece a oxidação da matéria orgânica, reduz a comunidade microbiana, além de atuar em fatores físicos, tais como a desagregação e compactação, tornando esse corpo dinâmico sujeito a alterações físico-químicas, sendo necessárias intervenções antrópicas no manejo (Primavesi, 2008). Atualmente, os impactos ambientais têm impulsionado o interesse pela sustentabilidade dos sistemas agrícolas no Brasil (Pereira; Castilho; Macedo, 2022). Segundo Primavesi (2008), produzir ecologicamente significa manejar os recursos naturais respeitando o meio ambiente e alterando o mínimo possível das condições dos agroecossistemas.

Os sistemas agroecológicos, norteados por técnicas, princípios sociais e mecanismos de natureza sustentável que visam à preservação da capacidade produtiva, utilizam fontes mais limpas e acessíveis, como os biofertilizantes, que garantem produtos nutritivos, ecologicamente corretos e economicamente viáveis (Lima *et al.*, 2021). Os biofertilizantes contribuem para minimizar os impactos ambientais causados pelos fertilizantes minerais, atuando na nutrição e desenvolvimento vegetal, proporcionando efeitos benéficos às cultivares e ao solo. Os biofertilizantes influenciam no aumento das concentrações de nutrientes (como N, P, K, Ca), podendo ser uma alternativa sustentável com potencial funcional e econômico para substituir e, assim, reduzir o uso e os gastos com fertilizantes e adubos inorgânicos nos solos (Botelho; Veloso; Rodrigues; Ferreira, 2020).

Um dos biofertilizantes muito utilizados nos cultivos agroecológicos é o Biogeo, que, dependendo da fabricação, pode ser aeróbico ou anaeróbico (Souza Costa *et al.*, 2018). O bioproduto é à base de esterco bovino fresco, pó de rocha, água e restos vegetais sob a ação de microrganismos no processo de fermentação. Trata-se de um biofertilizante natural de baixo custo, capaz de adubar o solo, nutrir as plantas, também atuando como inseticida (Silva *et al.*, 2007).

O uso do Biogeo é vasto, tendo desempenhado eficiência proveitosa em plantas medicinais, milho, feijão, tomate, pimentão, alface e em frutíferas, podendo ser aplicado via pulverização, na inoculação de sementes e no solo (Silva, 2018). Entretanto, é importante intensificar os estudos a respeito de sua efetividade enquanto aplicado no solo, tendo em vista que a forma de aplicação do biofertilizante mais estudada é a foliar. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de biofertilizante líquido (Biogeo) no aporte dos nutrientes no solo em latossolo vermelho amarelo.

## 2 Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de agosto a setembro de 2021, no município de Araripe, que pertence à região do Cariri cearense, no estado do Ceará (Figura 1). O clima da região é caracterizado, segundo a classificação de Köppen, como do tipo Bsh, semiárido quente, com a estação chuvosa de janeiro a abril, havendo predominância do domínio fitogeográfico Caatinga.

**Figura 1:** localização do município de Araripe – CE



**Fonte:** Adaptação de Ipece, (2023).

A produção do Biogeo teve início em 27 de junho de 2021 e foi feita utilizando materiais acessíveis e de baixo custo. Para preparar o biofertilizante, foi adicionado 15L de esterco bovino fresco a um tambor de 50L. Em seguida, foram adicionados 35L de água, 70g de pó de rocha calcária (calcário calcítico), 100g de cinza vegetal, 1,5L de soro de leite e, posteriormente, 1L de melado de rapadura e 300g de restos vegetais (Tabela 1).

**Tabela 1:** ingredientes utilizados na produção do biogeo

INGREDIENTES	QUANTIDADES
Esterco bovino fresco	15L
Água	35L
Pó de rocha calcária	70g
Cinza vegetal	100g
Soro de leite	1,5L
Melaço de rapadura	1L
Restos vegetais	300g

Fonte: elaborado pelos autores (s.d.)

Esses ingredientes foram misturados diariamente para garantir uma distribuição homogênea de microrganismos (Silva *et al.*, 2007). Após fermentar aerobiamente (com a presença de ar) por 30 dias, o Biogeo foi coado e ficou pronto para ser utilizado (Figura 2), conforme informações do estudo de Silva *et al.* (2007).

**Figura 2:** processo de produção do Biogeo (Fermentação Aeróbica)



Fonte: Adaptação de Kurtz, (2019); Masley, (2019); Novak *et al.* (2017).

Foi enviada uma amostra de 500 mL do Biogeo ao Laboratório de Análise de Solo e Planta do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - Campus Petrolina Zona Rural (Petrolina - PE) para realizar a análise química da fertilidade orgânica. A digestão do

material foi feita utilizando ácido sulfúrico ( $H^2SO^4$ ) e peróxido de hidrogênio ( $H^2O^2$ ), com o objetivo de determinar os nutrientes essenciais às plantas, como Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio ( $K^+$ ), Sódio ( $Na^+$ ), Cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e Magnésio ( $Mg^{2+}$ ), de acordo com o método descrito por do Carmo *et al.* (2000) (Tabela 2).

**Tabela 2:** análise química da fertilidade orgânica do Biofertilizante (Biogeo).

$K^+$	$Na^{2+}$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	N	P
..... g L <sup>-1</sup> .....					
0,66	0,49	1,17	0,37	2,6	3,5

**Fonte:** elaborado pelos autores (s.d.)

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos (doses) e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em diferentes doses de biofertilizante (Biogeo) aplicadas: 0 mL, 10 mL, 20 mL, 30 mL e 40 mL. A quantidade de biofertilizante aplicada em cada dose foi calculada com base na concentração de fósforo (P) presente no biofertilizante e no solo.

Foram utilizados vasos com capacidade de 4L para preencher com um solo coletado na área de experimentação do município de Araripe, classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, coletado a uma profundidade de 0 a 20 cm. Esses vasos passaram por um processo de incubação e adubação com Ureia e Cloreto de potássio (KCl), com o objetivo de equilibrar os níveis de nitrogênio (N) e potássio ( $K^+$ ) no solo, além de serem irrigados considerando a capacidade de campo do solo.

Após 45 dias de incubação, foram coletadas amostras de solo de cada vaso incubado, que foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em uma malha de 2 mm. As amostras foram enviadas para o Laboratório de Análise de Solo e Planta do Instituto Federal do Sertão Pernambucano - Campus Petrolina Zona Rural (Petrolina - PE), onde foram analisados os atributos químicos do solo, como Potencial Hidrogeniônico (pH), Fósforo (P), Potássio ( $K^+$ ), Cálcio ( $Ca^{2+}$ ), Matéria Orgânica (MO) e Magnésio ( $Mg^{2+}$ ), seguindo as metodologias de Teixeira *et al.* (2017).

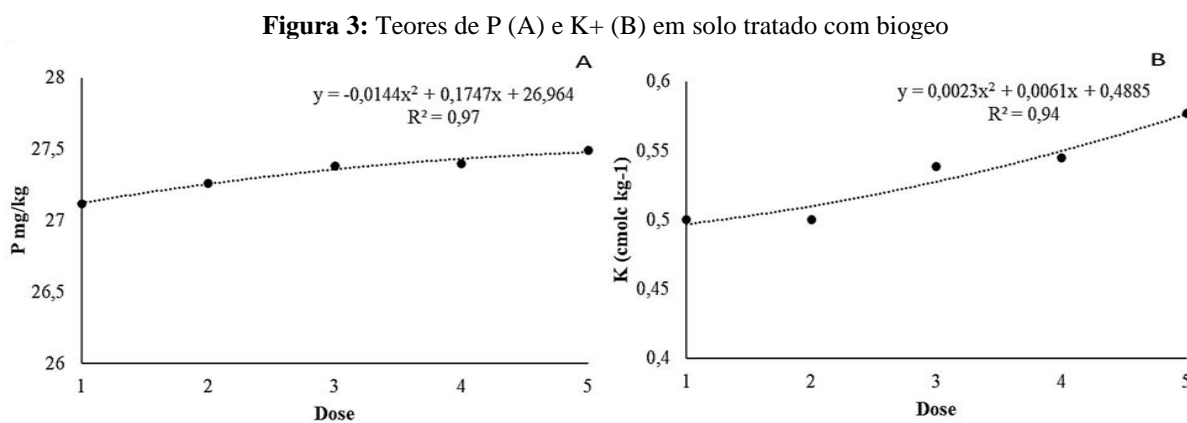
Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk para verificar sua distribuição normal. Em seguida, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para avaliar a significância dos fatores, utilizando o teste F com nível de significância de  $p \leq 0,01$  e  $p \leq 0,05$ . Os efeitos quantitativos do Biogeo foram testados por regressão pelo teste F para verificar a significância dos resultados, com um erro admitido de

até 5% de probabilidade. O modelo com o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi escolhido, utilizando o programa SISVAR (Ferreira, 2008).

### 3 Resultados e discussão

A análise de variância das variáveis estudadas, Fósforo (P), Cálcio ( $Ca^{2+}$ ), Magnésio ( $Mg^{2+}$ ), Potássio ( $K^+$ ), Matéria Orgânica (MO) e Potencial hidrogeniônico (Ph), indicou que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ), apenas para a MO, com ajuste linear e  $R^2$  de 92%. No entanto, os outros atributos avaliados apresentaram um aumento progressivo à medida que as doses de Biogeo aumentavam, com exceção do pH, que não apresentou variação significativa.

Os teores de fósforo (P) no solo variaram de 27,1 a 27,5  $mg/dm^3$ , conforme indicado na (Figura 3), e foram classificados como altos de acordo com a classificação de Sobral *et al.* (2015). O fósforo desempenha um papel fundamental nos processos metabólicos das células vegetais, como componente de enzimas e da adenosina trifosfato (ATP) (Reetz, 2017). Já os teores de potássio ( $K^+$ ) no solo variaram de 0,5 a 0,57  $cmol/dm^3$ , conforme mostrado na (Figura 3), e foram considerados baixos, abaixo do limite de 0,07  $cmol/dm^3$  estabelecido por Sobral *et al.* (2015).



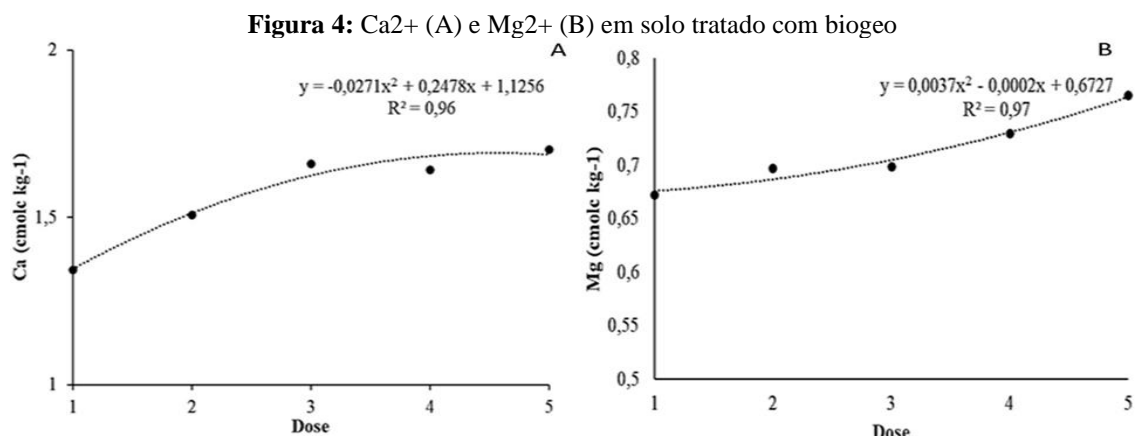
Fonte: elaborado pelos autores (s.d.)

Uma vez que é liberado na solução, o fósforo (P), proveniente dos fertilizantes, pode lixiviar-se ou ser adsorvido à superfície de partículas de argila e óxidos de  $Al^{3+}$  e Fe, passando a fazer parte de compostos de baixa solubilidade e ficando menos disponível, especialmente em solos muito intemperizados que possuem uma maior presença de óxidos (Resende; Furtini Neto, 2007). Devido à presença significativa de óxidos na fração argila, os latossolos possuem uma maior capacidade de adsorção de fósforo (P), como destacado por Vinha *et al.* (2021). Isso resulta em teores extremamente baixos de fósforo disponível nesses tipos de solos.

Por outro lado, o potássio ( $K^+$ ), quando em equilíbrio, é adsorvido na forma iônica ( $K^+$ ) nas partículas do solo, desempenhando um papel crucial no transporte de água (osmose) e de outros íons através das membranas celulares, conforme mencionado por Reetz (2017). A adsorção de P e  $K^+$  nos solos é um importante processo que influencia a disponibilidade desses nutrientes para as plantas e pode afetar a fertilidade do solo.

Uma vez que em solos tropicais predominam as argilas 1:1, é comum que, após a adubação, uma grande parte do  $K^+$  sofra reações e apenas uma pequena porção permaneça disponível no solo, podendo ser absorvido pelas plantas ou lixiviado (Tavares Filho *et al.*, 2020). Essa característica pode explicar as baixas concentrações de potássio nas amostras de solo avaliadas.

Os teores de  $Ca^{2+}$  no solo variaram de 1,3 a 1,7  $cmol_c/kg$  (Figura 4), classificados de acordo com Sobral *et al.* (2015) como baixos. Os teores de  $Mg^{2+}$  variaram de 0,67 a 0,76  $cmol_c/dm^3$  (Figura 4), sendo considerados médios de acordo com Sobral *et al.* (2015). Esses valores podem ser atribuídos aos componentes do biogeo, como o calcário e a cinza vegetal, conforme relatado por Bognola *et al.* (2019).

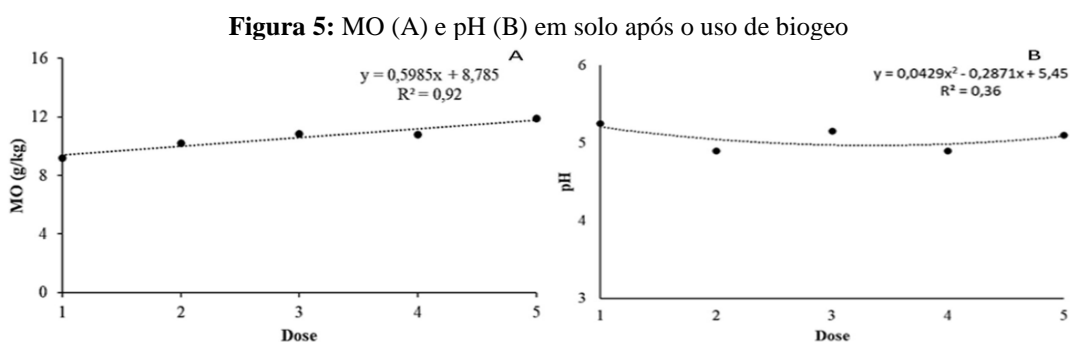


Fonte: elaborado pelos autores (s.d.)

O cálcio ( $Ca^{2+}$ ) desempenha funções cruciais na integridade da parede celular, na resistência mecânica dos tecidos vegetais e como mensageiro citoplasmático (Reetz, 2017). A carência de cálcio pode resultar na redução do crescimento radicular devido à solubilização do alumínio ( $Al^{3+}$ ), perda de íons, diminuição na absorção de nutrientes e reações de solubilização lentas em solos ácidos (Luciano Junior, 2018). Os solos tropicais são geralmente ácidos devido à composição do material de origem, processos de intemperismo ou manejo inadequado. Nessas condições, a aplicação de calcário ( $CaCO_3$ ) é indispensável, uma vez que contribui para equilibrar os teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  no solo e aumenta o pH para uma faixa ideal de disponibilidade de nutrientes (Vieira, 2021).

O  $Mg^{2+}$ , componente fundamental da molécula de clorofila, desempenha um papel essencial na realização da fotossíntese (Reetz, 2017). Nos solos tropicais, devido aos intensos processos pedogenéticos, intemperização, lixiviação e acidificação, o teor de  $Mg^{2+}$  disponível no solo na forma catiônica ( $Mg^{2+}$ ) tende a ser naturalmente baixo (Castro *et al.*, 2020). A inibição competitiva desarmônica do Mg em relação aos cátions  $K^+$  e  $Ca^{2+}$ , quando há desequilíbrio nutricional, pode levar à indisponibilidade de um ou outro elemento (Castro *et al.*, 2020). Observou-se que não houve desequilíbrio por competição entre os elementos analisados, destacando a importância do correto balanceamento, com base na análise do solo e na composição dos adubos.

Foi observado um crescimento progressivo da matéria orgânica (MO) do solo com o aumento das doses de biofertilizante (Biogeo), variando entre 9,18 e 11,87g/kg (Figura 5). A determinação da MO do solo pode ser feita pelo teor de C orgânico, que corresponde a aproximadamente 58% da MO (Damacena *et al.*, 2018). Nesse contexto, os teores de matéria orgânica foram considerados médios (10 a 20g/kg) para as doses 2, 3, 4 e 5, e baixos para a dose 1 (5 a 10g/kg) (Schroeder, 2017).



**Fonte:** elaborado pelos autores (s.d.).

Os resultados do pH do solo em função da aplicação dos tratamentos com biofertilizante (Figura 5) revelaram que o pH do solo foi considerado ácido, variando de 4,9 a 5,25 (Figura 5), o que é característico de ambientes tropicais com alto grau de intemperismo dos minerais de argila ( $Al^{3+}$ , Fe e Mn) e baixa disponibilidade de cátions básicos (Luciano Junior, 2018).

A existência de vegetação favorece o acúmulo de matéria orgânica no solo (Ferrari, 2018). Na região nordeste, especialmente em solos tropicais, a vegetação é adaptada à aridez do solo, à escassez de água e apresenta baixa taxa de matéria orgânica (Guilherme; Lopes; Siqueira, 2019). Por essa razão, os teores de matéria orgânica foram potencialmente mais baixos em comparação com solos de cobertura, refletindo a influência e resposta do composto líquido em curto prazo.

A presença de maiores teores de matéria orgânica no solo reflete na melhoria das condições do solo, especialmente em sua composição química (Amendola, 2017). A matéria orgânica fornece nutrientes através da mineralização, principalmente de N, P e S, e permite o aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, elevando sua capacidade de tamponamento (resistência às alterações de pH) (Silva *et al.*, 2023). Além disso, a matéria orgânica ajuda a evitar perdas de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  por lixiviação, atenua os efeitos tóxicos de Fe,  $Al^{3+}$ , Mn e Cu, e possibilita o aumento do pH dos solos pela liberação de bases e hidroxilas (Carvalho *et. al.*, 2021).

Conforme apontado por Pain *et al.* (2018), a aplicação de fertilizante orgânico pode elevar o pH do solo nos primeiros 40 dias de incubação, especialmente quando o pH do composto não é ácido, porém tende a diminuir após esse período, estabilizando e não apresentando mais efeito das diferentes doses. Essa variação do pH pode ter influenciado nos valores obtidos na pesquisa, considerando que o tempo de incubação das amostras de solo foi de 45 dias. Além disso, a associação do biofertilizante com a ureia, um fertilizante mineral nitrogenado, pode ter contribuído para a acidez do solo, uma vez que a ureia pode gerar reações ácidas, como relatado por Batista *et al.* (2018).

Uma observação relevante é que, de acordo com Sobral *et al.* (2015), em solos ácidos com pH superior a 5, o alumínio trocável encontra-se quase completamente insolubilizado, o que não prejudica mais o crescimento radicular, disponibilidade de nutrientes e mineralização da matéria orgânica. Além disso, é importante considerar a classe de solo utilizada no experimento, que geralmente apresenta baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e alta acidez.

Em estudos de longo prazo, resultados promissores têm sido observados com o uso de biofertilizantes. Por exemplo, Pinheiro, Lima Pereira e Rezende (2019) relataram boas produções de milho e efeitos positivos no segundo ano, incluindo aumento dos valores de  $Ca^{2+}$  e equilíbrio de  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  no solo, mesmo com a diminuição do pH devido ao efeito ácido da nitrificação do amônio proveniente da aplicação de fertilizantes sintéticos. Isso indica que o uso de biofertilizantes pode ter benefícios duradouros no solo ao longo do tempo.

#### **4 Conclusão**

Após a análise dos resultados obtidos, verificou-se que o biofertilizante (Biogeo) teve uma influência estatisticamente significativa nos teores de matéria orgânica (MO) em um solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo (LVA). No entanto, o tempo de incubação do solo

utilizado no estudo foi considerado insuficiente para uma mineralização eficaz e significativa dos nutrientes.

Dessa forma, sugere-se que sejam realizados estudos adicionais para avaliar a utilização de maiores teores de calcário no Biogeo como forma de controlar a acidez do solo, bem como o uso contínuo do biofertilizante, sua aplicação em diferentes culturas, o teste de maiores doses e a investigação do tempo e frequência ideais de uso do produto. Essas informações poderão contribuir para uma compreensão mais aprofundada dos efeitos do biofertilizante no solo e na produção agrícola.

## Referências

AMENDOLA, D. F. **Caracterização da matéria orgânica do solo e sua influência nas propriedades físico-químicas no sistema Latossolo-Gleissolo**. 2017. 102f. Dissertação (Mestrado em Geociências e meio ambiente) — Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/df928d3a-e03d-4678-978f-e41d6d7fe67c/content>. Acesso em: 24 fev. 2025.

BATISTA, M. A. *et al.* Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. *In*: BRANDÃO FILHO, J. U. T. *et al.* **Hortaliças-fruto**. Maringá: Eduem, 2018. DOI: <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0006>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/bv3jx/pdf/brandao-9786586383010-06.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.

BOGNOLA, I. A. *et al.* **Doses de cinza de madeira como fonte de K, Ca e Mg em solos sob plantio de pínus no Oeste Catarinense**. Colombo/PR: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1114031/1/CT4361703final.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.

BOTELHO, S. M. *et al.* Fertilizantes orgânicos. *In*: BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIEGAS, I. J. M. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1127241>. Acesso em: 03 mar. 2025.

CARMO, C. A. F. S. *et al.* **Métodos de Análise de Tecidos Vegetais Utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/337672>. Acesso em: 24 fev. 2025.

CARVALHO, J. C. R. *et al.* **Importância da Matéria Orgânica para a Agricultura. Pesquisas agrárias e ambientais - Volume VIII**. Belo Horizonte: Pantanal Editora, 2021. DOI: <https://doi.org/10.46420/9786581460167>. Disponível em: [https://www.editorapantanal.com.br/ebooks-capitulo.php?ebook\\_id=pesquisas-agrarias-e-ambientais-volume-viii&ebook\\_ano=2021&ebook\\_caps=1&ebook\\_org=1](https://www.editorapantanal.com.br/ebooks-capitulo.php?ebook_id=pesquisas-agrarias-e-ambientais-volume-viii&ebook_ano=2021&ebook_caps=1&ebook_org=1). Acesso em: 24 fev. 2025.

CASTRO, C. D. *et al.* **Magnésio: manejo para o equilíbrio nutricional da soja**. Londrina: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1125328/magnesio-manejo-para-o-equilibrio-nutricional-da-soja>. Acesso em: 24 fev. 2025.

DAMACENA, E. S. *et al.* Matéria orgânica do solo em sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil. **ResearchGate**, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/325999317>. Acesso em: 03 mar. 2025.

FERRARI, F. R. **Relações solo-vegetação e implicações ambientais em topossequência na Ilha Rei George, Antártica Marítima**. 2018. 106 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) — Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2018. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/bbda7321-edc4-4929-8f2f-17b0bd0f87c3/content>. Acesso em: 24 fev. 2025.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análise e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008. Disponível em: <https://des.ufla.br/~danielff/meusarquivospdf/art63.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2025.

GUILHERME, L. R. G.; LOPES, A. S.; SIQUEIRA, J. O. Recurso Solos: Manejo sustentável do solo na agricultura. In: Vilela, E. F.; CALLEGARO, G. M.; FERNANDES, G. W. **Biomass e agricultura: oportunidades e desafios**. Rio de Janeiro: Vertente Edições, 2019. Disponível em: <https://www.abc.org.br/wp-content/uploads/2019/11/Livro-Biomass-e-Agricultura-Site.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.

IPECE. Ceará em Mapas. **Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará**, 2023. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/11/156x.htm>. Acesso em: 03 mar. 2025.

KURTZ, L. Como alimentar minhocas de um minhocário. **WikiHow**, 2019. Disponível em: <https://pt.wikihow.com/Alimentar-Minhocas-de-um-Minhoc%C3%A1rio>. Acesso em: 24 fev. 2025.

LIMA, B. R. *et al.* Propriedades químicas do solo e desenvolvimento do coentro tratado com biofertilizante e cobertura de moringa. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 1-10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0001>. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2021.001.0001>. Acesso em: 24 fev. 2025.

LUCIANO JUNIOR, G. S. **Influência de relações cálcio/magnésio em calcários no rendimento de massa seca de culturas em casa-de-vegetação**. 2018. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) — Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018. Disponível em: [https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=7419283](https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7419283). Acesso em: 25 fev. 2025.

MASLEY, S. Como usar cinzas de madeira como fertilizante. **WikiHow**, 2019. Disponível em: <https://pt.wikihow.com/Usar-Cinzas-de-Madeira-Como-Fertilizante>. Acesso em: 25 fev. 2025.

NOVAK, B. J. M., *et al.* Como fazer adubo líquido com esterco de vaca. **WikiHow**, 2017. Disponível em: <https://pt.wikihow.com/Fazer-Adubo-L%C3%ADquido-com-Esterco-de-Vaca>. Acesso em: 25 fev. 2025.

PAIN, C. *et al.* Comportamento do ph do solo após o uso de fertilizante orgânico. **Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão (SIEPE)**, [s. l.], 2018. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/siepe/article/view/18583>. Acesso em: 25 fev. 2025.

PEREIRA, F. S.; CASTILHO, T. P.; MACEDO, L. O. Um marco institucional para os bioinsumos na agricultura brasileira baseado na economia ecológica. **Sustainability in Debate**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 266-285, 2022 DOI: 10.18472/SustDeb.v13n1.2022.40820. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/download/40820/33088/128841>. Acesso em: 24 fev. 2025.

PINHEIRO, R. C.; LIMA PEREIRA, J.; REZENDE, C. F. A. Adubação biológica associada à adubação química nos parâmetros de solo, nutricional e produtivo do milho. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [s. l.], v. 9, n. 04, p. 9-20, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v9i04.8459>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/8459>. Acesso em: 25 fev. 2025.

PRIMAVESI, A. M. Agroecologia e manejo do solo. **Revista Agriculturas**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 7-10, 2008. Disponível em: <https://aspta.org.br/files/2014/10/Artigo-1-Agroecologia-e-manejo-do-solo.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2025.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. São Paulo: ANDA, 2017. Disponível em: <https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2025.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E. **Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/572251/1/doc195.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.

SCHROEDER, D. **Solos: fatos e conceitos**. São Paulo: ANDA, 2017. Disponível em: <https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Solos-Fatos-e-Conceitos-final-final-1-1.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2025.

SILVA, A. F. *et al.* **Preparo e uso de biofertilizantes líquidos**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/153383/1/COT130.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2025.

SILVA, C. A. *et al.* **Matéria orgânica do solo: ciclo, compartimentos e funções**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1153147/entendendo-a-materia-organica-do-solo-em-ambientes-tropical-e-subtropical>. Acesso em: 25 fev. 2025.

SILVA, C. D. F. **Adubação mineral e orgânica associada à inoculação na produção e qualidade nutricional do feijão macassar (*Vigna unguiculata L. Walp.*)**. 2018. 51f.

Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) — Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2018. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/8004/2/Charlley%20de%20Freitas%20Silva.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2025.

SOBRAL, L. F. *et al.* **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042994/1/Doc206.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2025.

SOUZA COSTA, L. A.; *et al.* Utilização de biofertilizante líquido no cultivo de alface crespa orgânica, sob cultivo protegido. **Anais do Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica-SEPIT**, [s. l.], v. 2, n. 1, 2018. Disponível em: <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/sepit/article/view/581>. Acesso em: 24 fev. 2025.

TAVARES FILHO, G. S. *et al.* Qualidade do solo em áreas nativas e cultivadas na Chapada do Araripe no semiárido do nordeste brasileiro. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 9, n. 10, p. e8809108975, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8975>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8975>. Acesso em: 25 fev. 2025.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1085209>. Acesso em: 25 fev. 2025.

VIEIRA, I. G. **Calagem para o cultivo da pitaia vermelha em região tropical**. 2021. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/56847>. Acesso em: 25 fev. 2025.

VINHA, A. P. C. *et al.* Adsorção de fósforo em solos de regiões tropicais. **Nativa**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 30-35, 2023. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i1.10973>. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/10973>. Acesso em: 25 fev. 2025.

**Data de submissão:** 5 de setembro de 2024

**Data de aceite:** 2 de outubro de 2024