

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Aeração de bioinsumos para uso na cultura do feijoeiro

Leandro Viana Vidal
Magister Scientiae

VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024

LEANDRO VIANA VIDAL

Aeração de bioinsumos para uso na cultura do feijoeiro

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Raphael B. Alves Fernandes

Coorientador: Mauricio Dutra Costa

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

V648a Vidal, Leandro Viana, 1993-
2024 Aeração de bioinsumos para uso na cultura do feijoeiro /
 Leandro Viana Vidal. – Viçosa, MG, 2024.
 1 dissertação eletrônica (55 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Raphael Bragança Alves Fernandes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Solos, 2024.

Referências bibliográficas: f. 32-36.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.083>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Feijão - Adubos e fertilizantes. 2. Adubos e fertilizantes
orgânicos. I. Fernandes, Raphael Bragança Alves, 1969-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia. III. Título.

CDD 22. ed. 633.372896

LEANDRO VIANA VIDAL

Aeração de bioinsumos para uso na cultura do feijoeiro

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de novembro de 2024.

Assentimento:

Leandro Viana Vidal
Autor

Raphael Braganca Alves Fernandes
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 21/02/2025 às 13:43:04 e pelo orientador em 25/02/2025 às 18:30:59. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **CIAM.V1ET.HVMA** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus pelo dom da vida e pela oportunidade de concluir esta etapa tão sonhada.

Aos meus pais, José Maria Vidal e Maria da Consolação Viana Vidal, e aos meus irmãos, José Henrique Vidal, Luciano André Vidal e Ana Gabriella Viana dos Santos, assim como a toda a minha família, por todo o apoio e incentivo incondicional durante esta caminhada. Amo muito vocês!

Aos meus mestres, Raphael Bragança Alves Fernandes e Maurício Dutra Costa, pela paciência, pelo constante incentivo e por me proporcionarem tanto aprendizado. Inspiro-me e sempre me inspirarei em vocês ao longo da minha vida acadêmica.

Aos meus amigos, tanto os de longa data quanto os novos que fiz durante esta jornada, sem precisar citar nomes, pois quem é amigo sabe a quem me refiro: obrigado também pelo apoio de sempre.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

VIDAL, Leandro Viana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2024. **Aeração de bioinsumos para uso na cultura do feijoeiro**. Orientador: Raphael Braganca Alves Fernandes. Coorientador: Mauricio Dutra Costa.

Os bioinsumos podem ser grandes aliados na produção vegetal em bases mais sustentáveis e contribuir para a redução da dependência brasileira de fertilizantes importados. A busca pelo aumento da eficiência desses bioinsumos é uma demanda atual, e o uso de técnicas como a aeração pode auxiliar neste processo, uma vez que se espera que possa aumentar a atividade biológica desses produtos. Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar o efeito da aeração artificial dos biofertilizantes Microrganismos Eficientes (EMs) e Supermagro na produção e absorção de nutrientes de plantas de feijoeiro. Um experimento de casa de vegetação foi realizado no qual foram avaliadas duas condições de aeração (aerado e não aerado) juntamente com cinco doses dos bioinsumos (0, 5, 10, 20, e 40 mL/planta) aplicados na concentração de 5% (v/v). As plantas de feijoeiro foram cultivadas por 32 dias e, ao final deste período, as plantas foram colhidas e avaliadas quanto a massa seca de parte aérea e raízes, bem como obtido após digestão da parte aérea os conteúdos acumulados dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg. Os resultados obtidos indicaram que a aeração desfavoreceu a microbiota total presente no EM e no Supermagro, mas favoreceu os solubilizadores de fosfato. A aeração também não proporcionou os benefícios esperados para a produção e absorção de nutrientes no feijoeiro. Em contrapartida, quando não aerados, os bioinsumos avaliados podem aumentar a biomassa da parte aérea da planta, mas em doses maiores de EM e menores de Supermagro. A absorção e acúmulo de macronutrientes no feijoeiro foram também obtidas com doses mais elevadas de EM para N e P, e de doses menores de Supermagro para P, Ca e Mg. Mais pesquisas são recomendadas para avaliar a eficácia de diferentes doses e formas de aplicação desses bioinsumos, especialmente em solos de menor fertilidade.

Palavras-chave: *phaseolus vulgaris* L.; biofertilizantes; supermagro; microrganismos eficientes; agroecologia

ABSTRACT

VIDAL, Leandro Viana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2024. **Aeration of bioinputs for use in bean crops.** Adviser: Raphael Braganca Alves Fernandes. Co-adviser: Mauricio Dutra Costa.

Bioinputs can be significant allies in sustainable crop production and contribute to reducing Brazil's dependency on imported fertilizers. Enhancing the efficiency of these bioinputs is a current priority, and using techniques such as aeration may aid this process, as it is expected to increase the biological activity of these products. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of artificial aeration of the biofertilizers Effective Microorganisms (EMs) and Supermagro on bean plants' production and nutrient uptake. A greenhouse experiment was conducted to assess two aeration conditions (aerated and non-aerated) along with five doses of bioinputs (0, 5, 10, 20, and 40 mL/plant) applied at a 5% (v/v) concentration. Bean plants were grown for 32 days, after which they were harvested and evaluated for shoot and root dry mass. Additionally, accumulated contents of the macronutrients N, P, K, Ca, and Mg were determined from the digested shoot tissue. The results showed that aeration reduced the total microbiota present in EM and Supermagro but favored phosphate-solubilizing microorganisms. Aeration did not yield the expected benefits for plant growth or nutrient uptake in bean plants. Conversely, the non-aerated bioinputs increased shoot biomass, requiring higher doses of EM and lower doses of Supermagro. The uptake and accumulation of macronutrients in bean plants were achieved with higher doses of EM for N and P and with lower doses of Supermagro for P, Ca, and Mg. Further research is recommended to assess the efficacy of different doses and application methods for these bioinputs, particularly in soils with lower base fertility.

Keywords: *phaseolus vulgaris* L.; biofertilizers; superlean; efficient microorganisms; agroecology

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1 A cultura do feijoeiro.....	9
2.2 Bioinsumos.....	10
2.3. Bioinsumos para fertilização na adubação orgânica	10
2.3.1 Microrganismos eficientes	11
2.3.2 Supermagro.....	13
2.4 Potencial de uso da aeração em biofertilizantes	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Análises da natureza microbiológica dos biofertilizantes.....	22
4.2. Variáveis respostas das plantas do feijoeiro.....	23
4.2.1 Uso dos microrganismos eficientes (EM)	23
4.2.2 Uso do Supermagro (SM).....	27
5. CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS.....	32
APÊNDICES	37

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com os hábitos alimentares atualmente tem sido crescente na sociedade. Isto ocorre uma vez que bons hábitos desempenham importante papel na saúde e no bem-estar. Neste cenário, muitos têm procurado se preocupar cada vez mais com a origem e a forma de produção dos alimentos consumidos, bem como com o sistema de manejo e os produtos e insumos utilizados durante a produção.

Nesse contexto, a demanda por alimentos saudáveis e de qualidade nutricional que contribuam com a saúde tem se tornado uma prioridade bem comum, com impacto na demanda dos consumidores. Além disso, verifica-se uma busca também crescente por alimentos que, em seu ciclo de vida e produção, causem o mínimo de impacto ao meio ambiente. Todas essas preocupações são conectadas com a busca por alcançar a sustentabilidade na produção alimentar, levando em consideração não apenas o benefício pessoal, mas também o impacto ambiental.

Os consumidores cada vez mais demandam alimentos livres de substâncias indesejáveis, como os agrotóxicos. Esses compostos podem comprometer a saúde a curto, médio e longo prazo. Da mesma forma, nota-se uma crescente preocupação com a forma como são utilizados os recursos naturais e a alta demanda energética necessária para a produção dos insumos utilizados na agricultura convencional. Diante de todo este contexto, a agricultura orgânica desponta-se como uma alternativa de produção em base mais harmônica com o meio ambiente.

O feijão é um alimento quase que onipresente na mesa do brasileiro. Esta espécie é tradicionalmente cultivada em diversas e expressivas áreas no país, sendo importante em especial para pequenos agricultores, muitos dos quais direcionam sua produção para o consumo próprio e, quando disponível, para comercialização. Na pequena propriedade, o cultivo orgânico do feijoeiro é uma prática agrícola comum, tem em vista a não utilização de agrotóxicos e, muitas das vezes, também de fertilizantes químicos sintéticos, além do uso de adubação orgânica e da prática do consórcio e, ou, rotação de culturas.

A agricultura orgânica procura utilizar métodos agrícolas mais sustentáveis para produção de alimentos, que promovam a conservação do solo, a preservação da biodiversidade e a redução do uso de recursos naturais não renováveis (Souza, 2015). Além disso, trata-se de uma forma de manejo que visa manter as culturas bem nutridas e orientadas para atender a realidade do pequeno produtor rural. No entanto, é importante que tais práticas sejam associadas a um manejo adequado, por exemplo

na escolha de insumos e suas doses, bem como dos momentos de aplicação. Tudo isto visa alcançar uma boa produtividade das culturas e uma forma que alie eficiência e sustentabilidade. Dentre os insumos que mais recentemente têm se despontado na agricultura orgânica, está o uso dos bioinsumos.

Os bioinsumos são produtos de origem biológica ou obtidos a partir de sua atividade, utilizados na agricultura e produção de alimentos, no manejo e fertilização do solo, promoção de crescimento das plantas, atuação contra pragas e doenças, dentre outros. Esses produtos podem se constituir em grandes aliados para se alcançar uma produção em bases mais sustentáveis, incorporando ainda quesitos como baixo custo de produção e eficiência, além de reduzir a dependência de produtos químicos sintéticos.

A dependência brasileira de fertilizantes importados é notória. Em janeiro de 2024, o país atingiu o recorde de importação de fertilizantes, com um total de 2,77 milhões de toneladas, valor 15 % superior ao verificado no mesmo mês do ano anterior (SUMAC, 2024). Neste cenário o uso de fertilizantes alternativos torna-se bastante interessante e o uso de bioinsumos na agricultura têm experimentado grande expansão, inclusive com marcas comerciais já se despontando no mercado. Por outro lado, a Agroecologia valoriza muito a independência dos agricultores de insumos externos, e a produção *on farm*, especialmente com o uso de produtos da própria propriedade e em pequena escala, tornam-se uma opção mais adequada. Isto reduz os custos de produção, pode ser facilmente replicado por outros agricultores, elimina insumos externos e empodera os agricultores como agentes que são capazes de criar condições de melhoria dos solos em que trabalham.

Na produção de bioinsumos algumas técnicas podem ser utilizadas para melhorar a qualidade final do produto. Um exemplo é o uso da aeração, que visa favorecer a atividade dos organismos vivos ou os produtos produzidos a partir dessa biota. Entretanto, pouco se estuda sobre tais condições, em especial quando se foca no pequeno agricultor familiar. Uma vez que os custos de aeração podem ser proibitivos se em maior escala, o uso de pequenos reatores de aeração pode, por outro lado, favorecer a qualidade do produto final.

Diante de todo o exposto, o objetivo do presente projeto foi avaliar o efeito do uso da aeração como forma de aumentar a eficiência de bioinsumos na produção orgânica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do feijoeiro

O cultivo do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) ocorre em praticamente todas as regiões do Brasil, abrangendo diferentes períodos de plantio. Além disso, apresenta grande variabilidade morfológica e alta adaptação a diversas condições edafoclimáticas (Guimarães; Stone; Brunini, 2006). É uma leguminosa herbácea e possui uma ampla diversidade morfológica, que abrange o hábito de crescimento, o tamanho das folhas, flores e vagens, além da cor e do porte das sementes. O feijão, ao longo do tempo, consolidou-se como um dos principais alimentos consumidos no Brasil (Pelegriani; Bezerra; Hasparyk, 2017). No último censo em 2023, o Brasil produziu 2.899.043 t colhidas em 2.465.222 ha (IBGE, 2023).

O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor nacional de feijão comum. O cultivo do feijoeiro desempenha papel fundamental, tanto social quanto economicamente. Em 2023 a quantidade produzida no território mineiro foi de 578.804 t em uma área colhida de 304.923 ha. A introdução dos plantios de terceira safra (chamada safra de inverno) ajudou a manter Minas Gerais na segunda posição entre os maiores produtores de feijão do país (IBGE, 2023).

Tradicionalmente, o feijoeiro tem sido cultivado em sistemas agroecológicos de consórcio ou policultivo, em especial com as culturas do milho e café (Kappes *et al.*, 2008; Pelegriani; Bezerra; Hasparyk, 2017). Na Zona da Mata mineira algumas variedades de feijão como o vermelho, manteigão, branco e roxinho, dentre outras, são tradicionalmente cultivadas por pequenos agricultores e são voltadas para subsistência e venda local do excedente. Por sua vez, o feijão preto é cultivado na Zona da Mata mineira, e também nas regiões Central, Rio Doce e Sul do estado (Silva, 2018).

Durante a década de 1980, adotou-se no país um modelo baseado na monocultura tecnificada em larga escala para mitigar a crise no abastecimento de feijão. No entanto, esse sistema revelou-se instável no mercado, insustentável para o meio ambiente e socialmente desigual. Diante desse cenário, é fundamental que programas de pesquisa e desenvolvimento busquem alternativas de produção e incentivem maior participação dos agricultores familiares na produção do feijão (Pelegriani; Bezerra; Hasparyk, 2017).

2.2 Bioinsumos

A agricultura orgânica representa uma produção de alimentos que prioriza a saúde dos consumidores e a responsabilidade social, com o objetivo de contribuir para a preservação da vida e do meio ambiente. Esse sistema combina práticas agrícolas tradicionais com inovações ecológicas modernas sempre em busca do uso dos recursos naturais de forma sustentável (Penteado, 2001). O crescimento e a busca de uma produção animal e vegetal de forma sustentável, principalmente de forma orgânica e agroecológica ajudou na criação e desenvolvimento de tecnologias que antes não eram tão conhecidas e principalmente atreladas à agricultura alternativa (Silva *et al.*, 2022).

Com a necessidade de criação e uso de novos produtos e tecnologias, em 2020 o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) criou o Programa Nacional de Bioinsumos (Brasil, 2020). Este programa busca solucionar a necessidade crescente do setor produtivo e da sociedade por insumos que promovam um desenvolvimento cada vez mais sustentável no setor agropecuário, além de propor a padronização de termos e conceitos e definir exigências e condições para o uso desses produtos. De acordo com decreto nº 10.375/2020, bioinsumo pode ser definido como:

O produto, o processo ou a tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos. São utilizados para fertilização do solo, nutrição e crescimento de plantas, armazenamento de produtos agropecuários e controle de doenças em vegetais e animais (Brasil, 2020).

De acordo com a definição de bioinsumos, esses produtos podem ser de diferentes naturezas, a saber produtos fitossanitários; promotores de crescimento; bioestimulantes; biofertilizantes; condicionadores do solo; inoculantes, dentre outros.

2.3. Bioinsumos para fertilização na adubação orgânica

Dentro dos bioinsumos existe o grupo dos biofertilizantes, que são produtos ou substâncias orgânicas derivadas da ação dos microrganismos em materiais de origem vegetal ou animal, gerando componentes ativos que irão atuar na promoção do aumento da produtividade das plantas cultivadas (Brasil, 2020). Além disso, para fertilização do solo na produção agrícola podem ser utilizados diversos excrementos

de animais, que devem passar por processos biológicos de compostagem ou vermicompostagem para sua utilização, processo que permitirá o produto ser considerado um bioinsumo (Silva *et al.*, 2022).

Os biofertilizantes promovem a agregação do solo e disponibilizam nutrientes para a cultura de interesse com consequente aumento de produtividade. Eles podem ser produzidos a partir de restos vegetais, excrementos animais, resíduos provenientes da indústria, dentre outros. A forma de utilização será diferente de acordo com o processo utilizado nessa matéria orgânica, podendo ser principalmente compostos ou vermicompostos e biofertilizantes os produtos obtidos (Souza e Alcântara, 2008; Souza, 2015). O uso desses produtos tem sido cada vez maior para fertilização, o que têm gerado grande interesse pela indústria na fabricação e comercialização dos biofertilizantes (Vidal *et al.*, 2020).

Embora o termo bioinsumo tenha ganhado maior repercussão recentemente, produtos de origem biológica têm sido usados há muito tempo na agricultura orgânica ou na agricultura de base agroecológica. Exemplo de produtos que podem ser enquadrados como bioinsumo são os microrganismos eficientes e o supermagro.

2.3.1 Microrganismos eficientes

De acordo com o Programa Nacional de Bioinsumos (Brasil, 2020), inoculante é um “produto, processo ou tecnologia que contém microrganismos com atuação favorável ao desenvolvimento de plantas”. A partir disso, e resgatando o conceito de biofertilizantes do mesmo Programa: “... produtos que contém componentes ativos ou substâncias orgânicas, obtidos de microrganismos ou a partir da atividade destes ...”, os microrganismos podem atuar tanto como um inóculo como biofertilizantes. Este é o caso dos chamados Microrganismos Eficientes (do inglês *Effective Microorganisms* - EMs), que são utilizados como inóculo visando contribuir positivamente com a biodiversidade do solo, mineralização da matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, com a produção das culturas.

Os EMs normalmente incluem actinobactérias, tricotermas, bactérias facultativas ou exclusivamente anaeróbias, dentre outras espécies. Eles são organismos capazes de decompor resíduos orgânicos, fazer associações simbióticas com as plantas, atuar contra patógenos do solo e doenças de plantas, produzir compostos e enzimas que estimulam o crescimento da planta (Higa e Parr, 1994).

A utilização de microrganismos eficientes começou como uma técnica para facilitar a decomposição da matéria orgânica. O seu uso teve início no Japão na década de 1970 com o pesquisador Dr. Teruo Higa visando aproveitar melhor a utilização da matéria orgânica na produção agrícola (Olle e Williams, 2013). Cinco grupos principais são normalmente encontrados nos EMs: bactérias ácido-láticas (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* e *Streptococcus lactis*), bactérias fotossintéticas (*Rhodopseudomonas palustris* e *Rhodobacter spaeroides*), actinobactérias (*Streptomyces albus*, *S. griseus*), leveduras (*Saccharomyces cerevisiae* e *Candida utilis*) e fungos fermentadores (*Aspergillus oryzae*, *Penicillium sp.* e *Mucor hiemalis*) (Mayer *et al.*, 2010). Por outro lado, alguns trabalhos indicam que bactérias ácido láticas predominam em relação aos demais grupos, mostrando que há variação da composição de cada EM que é produzido (Shin *et al.*, 2017).

Os microrganismos eficientes podem ser chamados de regenerativos, pois a partir do seu metabolismo produzem substâncias que podem favorecer o crescimento e desenvolvimento de plantas (Olle & Williams, 2013). Esses compostos apresentam potencial para promover a melhoria principalmente das características físicas e químicas do solo (Tupy *et al.*, 2022).

A produção dos EMs pode ser considerada simples, e o seu uso de fácil manuseio. Não é requerida muita matéria prima para a sua produção e o processo de obtenção pode ser facilmente executado por agricultores (Sousa *et al.*, 2023).

Resultados positivos com a utilização dos microrganismos eficientes na fertilização estão disponíveis na literatura. A aplicação de EM proporcionou aumento do tamanho das raízes e da biomassa de plantas de alface (Tupy *et al.*, 2022). Neste estudo, os dois tratamentos com EMs (inoculação realizada um mês antes e no momento do plantio) superaram no desempenho final dessas variáveis de crescimento das plantas em relação ao controle. Adicionalmente, os autores verificaram um grande aumento da densidade e diversidade da microbiota no solo nos tratamentos com a inoculação dos microrganismos.

Aumento do número de folhas comerciais de alface em todos os tratamentos com EM comparação ao controle foram verificadas por Liriano González *et al.*, (2019). Os tratamentos consistiram na aplicação de 8 e 15 mL/m² de EM duas oportunidades, no momento e 15 dias após o transplante.

A utilização do EM é uma realidade para muitos agricultores agroecológicos e outros quando ainda não utilizam o EM estão abertos para sua utilização em seus

cultivos (Tupy *et al.*, 2022; Oliveira, 2014). Essa alternativa de produção *on farm* é interessante, devido a realidade financeira dos pequenos agricultores. Por sua vez, estudos que visem utilizar e aperfeiçoar o uso e o desempenho dos EMs produzidos na propriedade são de grande importância. Esses estudos devem considerar o uso do produto diretamente no solo ou mesmo na planta, pois essas práticas têm sido observadas em muitas áreas agrícolas (Tupy *et al.*, 2022).

De acordo com algumas metodologias, a obtenção dos microrganismos eficientes pode ser feita na mata, normalmente utilizando-se cerca de 700 g de arroz cozido, que é deixado sobre o solo por um período de 10 dias e, na sequência, por seleção visual das cores formadas das colônias de microrganismos, descarta-se aquelas de coloração cinza preta ou marrom (Santos *et al.*, 2020). Após essa captura, faz-se a ativação desses microrganismos, processo que consiste em colocar os microrganismos em garrafas com capacidade de 2L contendo 250 mL de caldo de cana-de-açúcar, preenchendo o restante do recipiente com água e mantido em temperatura ambiente. Regularmente se abre a garrafa para se eliminar o excesso de gás produzido. Com 25 dias ou um pouco mais, alcança-se o término da fermentação, que coincide com a não mais produção de gases, momento em que o inóculo já pode ser usado (Moura *et al.*, 2020).

2.3.2 Supermagro

O biofertilizante Supermagro é um biofertilizante produzido somente com matéria orgânica e água, podendo ser enriquecido com nutrientes. O material orgânico, de origem vegetal ou animal, passa por um processo de fermentação anaeróbica em meio líquido. O produto pode ser empregado na proteção contra algumas doenças e como adubo foliar, sendo considerado um importante fertilizante orgânico para complementar o fornecimento de micronutrientes essenciais ao crescimento das plantas em sistemas de manejo de agricultura orgânica (Oliveira; Schneider; Marques, 2017). O Supermagro foi originalmente desenvolvido pelo Centro de Agricultura Ecológica (CAE), pelo projeto Vacaria, no município de Ipê - RS, visando sua utilização em diversas culturas como de frutíferas como maçã, uva, pêsego, além de hortaliças como tomate, batata, dentre outras (Mazaro *et al.*, 2013).

A ideia inicial dos criadores desta tecnologia era adicionar fertilizantes no composto orgânico em meio líquido, com a finalidade de se obter uma estabilidade na fermentação, que foi baseada em observações feitas pelo engenheiro agrônomo José

Lutzenberguer, durante o processo de decomposição de resíduos de celulose oriundos do processo de fabricação de papel (Oliveira; Schneider; Marques, 2017).

O empenho no uso e nas pesquisas pelo técnico e agricultor Delvino Magro, a partir das observações e testes cotidianos em pomares, foi fundamental para o desenvolvimento e alterações na formulação inicial do produto. O nome Supermagro deriva da combinação do prefixo “Super”, uma referência aos minerais adicionados, com “Magro”, o sufixo que faz homenagem ao empenho do referido agricultor (Oliveira; Schneider; Marques, 2017).

O Supermagro é um biofertilizante foliar indicado para pulverizar plantas e obter um melhor crescimento e maior produção da cultura, sendo muito utilizado na produção agroecológica do Brasil (Leite e Meira, 2023). Os insumos utilizados em sua produção se dividem em partes, contendo na primeira os componentes minerais de origem natural como sulfato de zinco, sulfato de magnésio, sulfato de manganês, dentre outros, na segunda parte, os componentes proteicos, como leite ou soro de leite, sangue, dentre outros e por fim, os componentes energéticos como caldo de cana, melaço ou rapadura (UNESP, 2023).

2.4 Potencial de uso da aeração em biofertilizantes

A aeração pode ser uma técnica que beneficia e ativa os microrganismos aeróbios presentes em determinado ambiente, proporcionando condições propícias à sua multiplicação.

A aeração forçada pode ser obtida com uma fonte externa e complementar de oxigênio, com foco total em favorecer microrganismos aeróbicos. Em compostagem esta é uma técnica que, além de proporcionar aumento da eliminação de patógenos, promove a aceleração da decomposição da matéria orgânica (Leitão, 2008), o que é associado à maior atividade dos microrganismos. Tendo em vista isso, os efeitos observados da aeração na compostagem podem ser esperados também em biofertilizantes.

Podem ser benefícios desta prática na respiração microbiana influenciando de maneira direta a atividade biológica e a estabilidade do material (Mejias *et al.*, 2017, Almeira *et al.*, 2015).

Embora a aeração artificial possa ser interessante, há de se considerar que essa prática pode representar aumento e impacto no custo de produção de qualquer

biofertilizante. De todos os modos, são poucos os estudos que avaliam essa prática na produção de bioinsumos visando favorecer a atividade biológica.

A expectativa é que incremento de fornecimento no sistema possa favorecer o aumento da atividade biológica, proporcionando um produto final com maior diversidade e quantidade de microrganismos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Solos (DPS) na Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada em Viçosa (MG), nas coordenadas geográficas 20° 45' 14"S e 42° 52' 53" W e altitude de 648,74 m.

Neste estudo foram avaliados dois bioinsumos (Microrganismos Eficientes e Supermagro) em experimentos individuais com vasos preenchidos com solo e cultivados com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Os dois experimentos foram conduzidos em Delineamento em Blocos Casualizados, em esquema fatorial 2 x 5 considerando duas condições de aeração (aerado e não aerado) e cinco doses semanais de bioinsumo (0, 5, 10, 20, e 40 mL/vaso). Os experimentos foram conduzidos com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais por cada bioinsumo e 80 vasos no total (Figura 1).

Figura 1 – Vista geral do experimento em casa de vegetação.



Fonte: próprio autor.

Para a consecução do tratamento aerado promoveu-se a aplicação de ar na solução bruta de cada bioinsumo utilizando um compressor de ar do tipo “bombinha de oxigenação de aquário”, operado por 24 h na tensão de 110 V, potência de 5W e vazão de 3,5 L/min (especificação constante no manual do oxigenador). A aeração era iniciada sempre no dia anterior à aplicação nos vasos. Cada oxigenador foi utilizado para aproximadamente 100 mL de bioinsumo bruto disposto em erlenmeyers (Figura 2).

Figura 2 – Registro do procedimento de aeração dos bioinsumos.



Fonte: próprio autor.

Os bioinsumos utilizados foram adquiridos de um agricultor familiar, no Sítio Agroecológico Recanto da Serra, localizado no município de Espera Feliz - MG. Enquanto não foram usados, os bioinsumos foram mantidos à temperatura ambiente. Ambos os bioinsumos foram analisados quanto aos teores parciais de nutrientes (Quadro 1).

O solo utilizado nos vasos do experimento foi coletado em uma propriedade localizada na comunidade do Palmital, no município de Viçosa-MG, sendo classificado com um Latossolo Vermelho Amarelo. Para fins de caracterização, amostras desse solo foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante do DPS-UFV (Quadro 2). O solo coletado foi seco e, posteriormente, peneirado em malha de 4 mm, seguido de sua completa homogeneização.

Os vasos utilizados, de 2 dm³ de capacidade, já tinham furos no fundo para se permitir a drenagem. No fundo dos mesmos foi disposta uma pequena camada de cerca de 2 cm de brita nº 1, sobre a qual colocou-se uma manta de drenagem do tipo bidim. Os vasos foram preenchidos com 1,45 kg de solo homogeneizado.

Quadro 1 – Composição química parcial (mg/L) dos bioinsumos utilizados no experimento após digestão total (5% da solução bruta).

	EM		Supermagro	
	Aerado	Não Aerado	Aerado	Não Aerado
	----- mg/L -----		----- mg/L -----	
P	0,2482	0,1343	1,6565	1,0805
K	3,3355	1,8646	20,8112	13,4210
Ca	0,9047	0,5427	16,8323	11,8482
Mg	0,7553	0,4284	17,4329	11,4567
S	1,2022	0,7177	29,6742	19,6732
Cu	0,0115	0,0056	3,0712	2,1371
Fe	0,7121	0,3933	2,6223	1,8648
Zn	0,0381	0,0101	26,7344	18,3273
Mn	0,0137	0,0074	10,2201	6,8123

Fonte: elaboração própria.

Para o plantio, o solo foi previamente umedecido no dia anterior. O plantio foi realizado com quatro sementes de feijão (cultivar BRS - Marte) por vaso, dispostas na profundidade de 3 cm. No momento em que as plantas apresentavam três folhas definitivas, foi promovido o desbaste, deixando-se duas plantas por unidade experimental até o final do experimento, concluído com 32 dias de cultivo.

A irrigação dos vasos foi efetuada de acordo com a necessidade observada. Inicialmente foi requerido duas irrigações por dia, mas a partir do 20º dia de cultivo, uma terceira irrigação foi necessária.

As aplicações dos biofertilizantes aerados e não aerados começaram três dias após o desbaste, por via foliar. As aplicações foram efetuadas semanalmente totalizando três aplicações. Na aplicação foi utilizado um pulverizador lateral com dispositivo manual para pressurização.

Quadro 2 – Caracterização química e física do solo utilizado no experimento.

Parâmetros	Valores
pH (H ₂ O)	6,41
P (mg/dm ³)	153,8
K(mg/dm ³)	433
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	7,26
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	3,18
H + Al (cmol _c /dm ³)	2,4
SB (cmol _c /dm ³)	11,55
t (cmol _c /dm ³)	11,55
T (cmol _c /dm ³)	13,95
V (%)	82,8
MO (dag/kg)	6,07
P-Rem (mg/L)	44,3
Areia grossa (kg/kg)	0,414
Areia fina (kg/kg)	0,103
Silte (kg/kg)	0,135
Argila (kg/kg)	0,348

Fonte: elaboração própria.

As soluções de bioinsumos aplicadas de 5, 10, 20, e 40 mL/vaso foram obtidas a partir de prévia diluição da solução bruta para se alcançar a concentração de 5% (v/v). A aplicação do bioinsumo iniciou-se aos 11 dias após o semeio e foi efetuada separando-se os vasos que receberiam a mesma dose em cada bloco. Desta forma as quatro repetições de cada bloco foram removidas para uma bancada próxima, onde receberam de forma conjunta 160 mL de solução bioinsumo e água. Todo esse volume era uniformemente aplicado nos quatro vasos até o esvaziamento completo do pulverizador. Os 160 mL eram formados pela dose do bioinsumo que se desejava aplicar para os quatro vasos mais um volume de água deionizada para compensar a água adicionada na maior dose (40 mL). Por exemplo, para a dose de 10 mL foram adicionados 40 mL do bioinsumo (5%) mais 120 mL de água deionizada, de forma que o volume final de 160 mL fosse distribuído para os quatro vasos de cada bloco. No caso da dose zero, todos os 160 mL foram formados por água deionizada, enquanto

no caso da dose de 40 mL do bioinsumo (5%), todos os 160 mL foram formados apenas pelo bioinsumo.

Durante o cultivo dos feijoeiros, foi feita uma medição de altura das plantas, efetuadas aos 23 dias após o semeio (12 dias após a primeira aplicação dos biofertilizantes), com o auxílio de uma fita métrica. Finalizado o cultivo aos 32 d, as plantas foram colhidas com uma tesoura de poda. Esse material vegetal foi então acondicionado em sacos de papel e levado para estufa de secagem a 60°C até que atingisse peso constante, com posterior avaliação da massa seca. As raízes foram retiradas do solo com cuidado e lavadas previamente em água corrente e depois imergidas por três vezes em solução HCl 1% (v/v) por 5 segundos e, por fim, lavadas novamente em água deionizada corrente. Na sequência as raízes foram deixadas em um papel para retirar excesso de umidade e posteriormente foram levadas para estufa de secagem a 60°C até o peso constante para a obtenção da massa seca.

O material vegetal da parte aérea seco foi triturado em um moinho tipo Willey e encaminhado ao Laboratório de Rotina de Fertilidade do Solo e Análise de Plantas do DPS-UFV para realização de digestão nitroperclórica visando a determinação dos teores dos macronutrientes: N pelo método Kjeldahl (1883) e P, K, Ca e Mg por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

O estudo da absorção dos macronutrientes avaliados foi conduzido usando a eficiência de utilização (EU) segundo Siddiqi e Glass (1981), usando a equação $EU = \text{massa seca}^2 / \text{conteúdo do nutriente}$, ambos avaliados na parte aérea. Também foi estimada a razão MSR/MSPA para ver o investimento das plantas na formação da parte aérea.

As soluções bruta aerada e não aerada de microrganismos eficientes e de Supermagro foram submetidas à análise de natureza microbiológica visando a determinação da microbiota total, número de microrganismos solubilizadores de fosfato e número mais provável de fixadores de nitrogênio. Essas análises foram conduzidas no Laboratório de Ecologia Microbiana do Departamento de Microbiologia da UFV.

A avaliação da microbiota total foi feita utilizando o meio Tryptic Soy Agar (TSA), composto por 15 g de Triptose; 5 g de Soja peptona; 5 g de NaCl e 15 g de Ágar, disposta em erlenmeyer e levada para autoclave.

Para a determinação do número mais provável de fixadores de N foi utilizado o meio NFb (Döbereiner; Baldani; Baldani, 1995). No preparo de 1 L do referido meio

de cultura foram utilizados: 5 g de D-málico; 5 mL de K_2HPO_4 (solução 10 %, v/v); 2 mL de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (solução 10 %, v/v); 1 mL de NaCl (solução 10 %, v/v); 2 mL de $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (solução 1 %, v/v); 2 mL de solução de micronutrientes (0,2 g de $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$; 0,235 g de $MnSO_4$; 0,280 g de H_3BO_3 ; 0,008 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ e 0,024 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, diluídos em 200 mL de água destilada); 4 mL de Fe-EDTA (solução 1,64 %, v/v); 4,5 g de KOH e 15 g de ágar. A solução foi disposta em erlenmeyer e levada para autoclave.

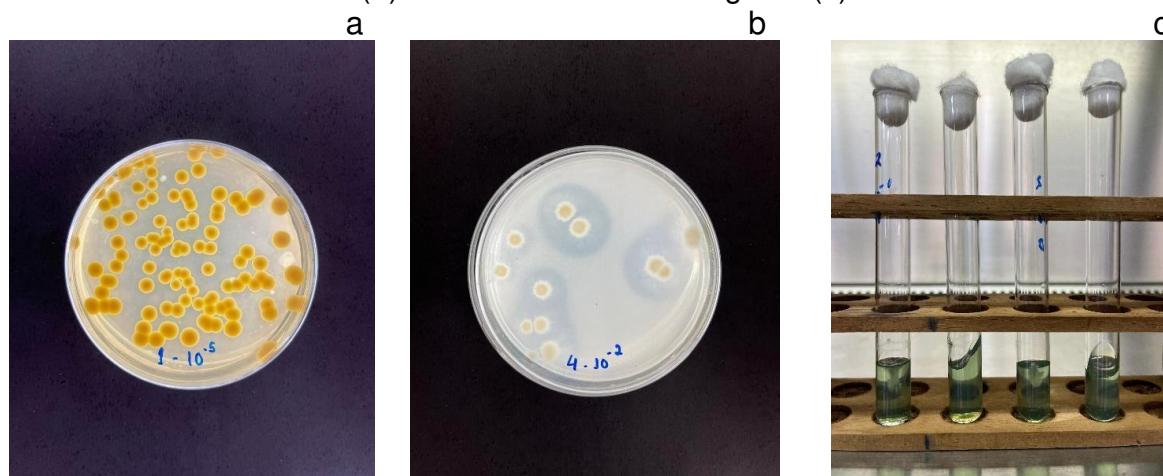
O meio de cultura para a contagem do número de solubilizadores de fosfatos foi o NBRIP (Nautiyal, 1999). Para o preparo de 1 L do referido meio foram utilizados: 10 g de glucose; 5 g de $Ca_3(PO_4)_2$; 5 g de $MgCl_2 \cdot 6H_2O$; 0,25 g de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 0,2 g de KCl; 0,1 g de $(NH_4)_2SO_4$ e 15 g de ágar bacteriológico, sendo o pH ajustado para 7 antes da autoclavagem.

Para a autoclavagem de todos os meios, os erlenmeyers foram tampados com algodão, gaze e papel kraft, e submetidos à temperatura de 121°C durante 15 min. Uma vez finalizada a autoclavagem e o esfriamento, os meios foram levados para uma câmara de fluxo laminar e dispostos em placas de petri estéreis.

Para a determinação e quantificação das variáveis microbiológicas foi utilizado o método da diluição seriada. Para isto, diluições sucessivas das amostras foram efetuadas iniciando de 10^{-1} até 10^{-6} , o que tem sido sugerido mais adequado para permitir a contagem mais precisa de colônias viáveis em placas/tubos com os microrganismos em crescimento. Ao todo, foram inoculadas três placas/tubos para cada diluição para os três meios de cultura com três repetições, que foram então levadas para uma incubadora DBO e mantidas a 28°C por 5 d, momento em que se processou a contagem do crescimento dos microrganismos (Figura 3).

A inoculação dos biofertilizantes foi feita um bioinsumo de cada vez, porém procedida o mesmo, aerado e não aerado no mesmo dia. A contagem das placas foi feita nas diluições que continham no mínimo 30 até 300 colônias segundo método de Martins *et al.* (2014), após isso foi feita a média aritmética das placas de cada diluição e assim foi definido a microbiota total, número de solubilizadores de fosfato. Para o número mais provável de fixadores de nitrogênio foi utilizado a ferramenta Most Probable Number Calculator (USEPA, 2024).

Figura 3 – Registro das análises de microbiota total (a), microrganismos solubilizadores de fosfato (b) e de fixadores de nitrogênio (c).



Fonte: próprio autor.

Para chegar ao resultado do número de unidades formadoras de colônias (UFC), foram avaliadas previamente as diluições que possivelmente estariam entre 30 e 300. Em seguida, as colônias eram contadas nessas diluições, e, caso ultrapassassem o limite ou não fosse possível a contagem, passava-se para a próxima diluição. A fórmula utilizada para a contagem foi a seguinte:

$$\text{UFC/mL} = (\text{NC} * \text{FD}) / \text{Val},$$

onde:

UFC/mL = Número de unidades formadoras de colônia por mL do biofertilizante

NC = Número de colônia contada por placa (30 a 300)

FD = Fator de diluição (inverso da diluição que foi plaqueada)

Val = volume da alíquota plaqueada.

Os resultados de cada experimento foram previamente submetidos ao teste de normalidade (Shapiro e Wilk, 1965) a 5% e, quando necessário, os dados foram submetidos à transformação. Em seguida, utilizou-se a Análise de Variância (ANOVA) com o pacote estatístico ExpDes, considerando $p < 0,10$ para avaliar o efeito das doses do biofertilizante e da condição de aeração. Quando o efeito da dose ou da interação entre dose e condição foi significativo, foi realizada a análise de regressão.

Todas as análises foram executadas com linguagem de programação R (Core Team, versão 4.3.1, 2023).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises da natureza microbiológica dos biofertilizantes

As análises microbiológicas revelaram diferenças entre insumos e, principalmente, efeito da aeração na composição dos microrganismos dos biofertilizantes utilizados (Quadro 3). Em termos de microbiota total, a aeração reduziu o número de unidades formadoras de colônia (UFC) em cada um dos dois bioinsumos. O mesmo procedimento incrementou a quantidade de microrganismos solubilizadores de fosfato, não afetando por sua vez, a quantidade de microrganismos fixadores de nitrogênio.

Quadro 3 - Caracterização da composição microbiológica dos biofertilizantes utilizados no experimento

Biofertilizante	Condição	Microbiota	Solubilizadores	Fixadores de
		total	de fosfato	nitrogênio
		----- UFC/mL -----	-----	NMP/mL
Microrganismos eficientes	Aerado	2,35×10 ⁶ b	7,40 x 10 ³ a	4,84 x 10 ⁵ a
	Não aerado	1,67×10 ⁷ a	9,98 x 10 ² b	2,53 x 10 ⁵ a
Supermagro	Aerado	2,30×10 ⁶ b	6,79 x 10 ² a	2,39 x 10 ⁵ a
	Não aerado	5,37×10 ⁷ a	4,70 x 10 ² b	1,59 x 10 ⁵ a

Fonte: elaboração própria.

UFC = número de unidades formadoras de colônia

NMP = número mais provável

*Letras diferentes na coluna dentro de cada bioinsumo indicam diferenças entre médias ($p < 0,05$).

É difícil a comparação da atividade de microrganismos nos dois bioinsumos avaliados, tendo em vista a falta de dados na literatura ou o uso de metodologias diferenciadas na avaliação desta diversidade. Por exemplo, Máximo; Lemos e Rossoni (2018) encontraram valores de UFCs para um EM de $5,88 \times 10^5$ de leveduras e $1,4 \times 10^4$ de bolores, não sendo possível efetuar a contagem de bactérias. Adicionalmente, dada a natureza de produção do EM qualquer comparação também é dificultada, uma vez que a característica e a quantidade de microrganismos presentes serão sempre particulares de cada produto e local de onde o inoculante foi coletado e produzido.

Não se encontrou na literatura justificativas para o efeito negativo da aeração sobre a microbiota total e positivo sobre os microrganismos solubilizadores de P e fixadores de N. Uma possibilidade é que os meios líquidos dos dois bioinsumos sejam mais favoráveis a microrganismos anaeróbios. Já no caso dos solubilizadores de P e fixadores de N, a razão sugerida pode ser associada à natureza desses microrganismos, que seriam mais relacionados a formas aeróbias.

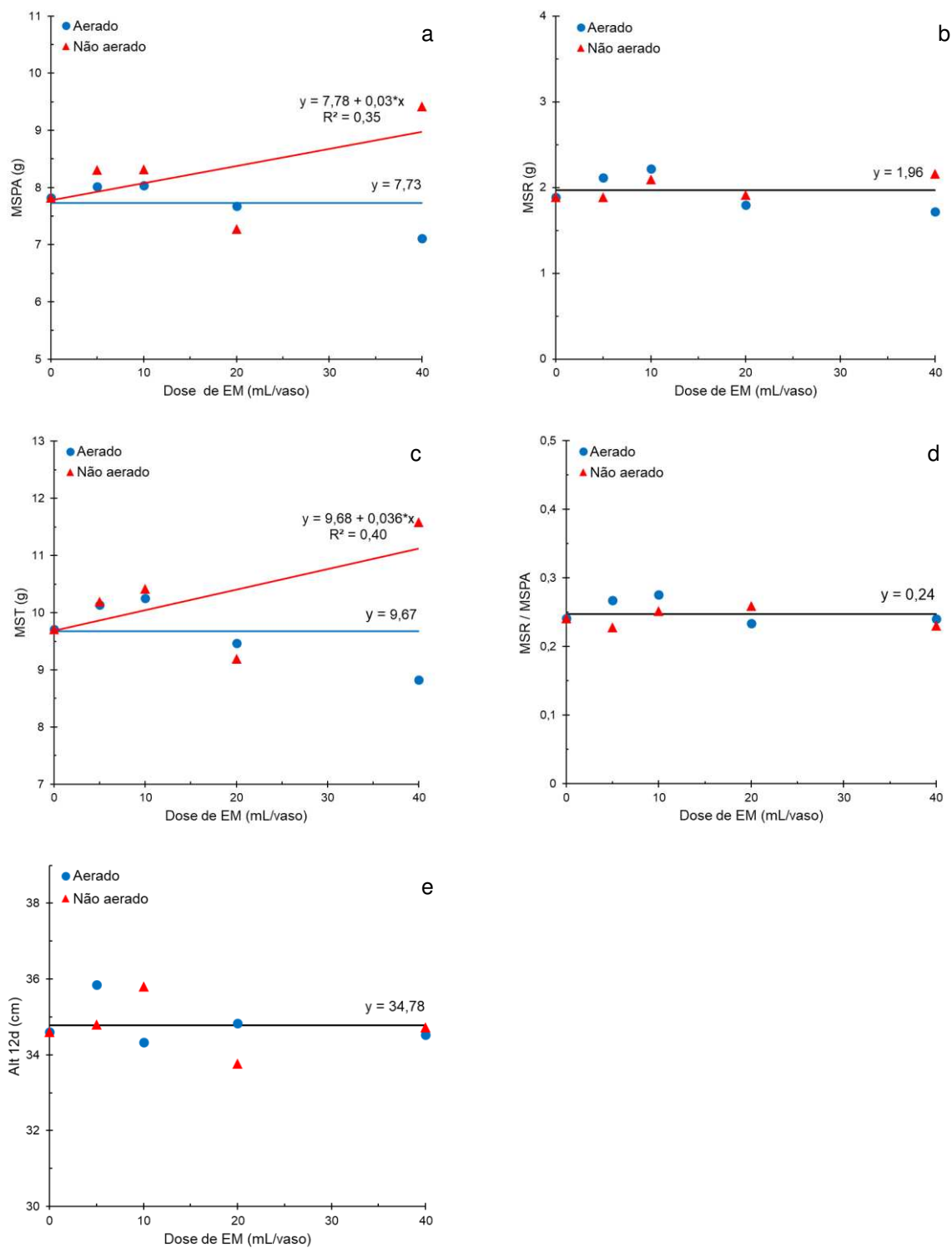
Incrementos na quantidade de microrganismos solubilizadores de fosfato (MSPs) são de suma importância, pois eles aumentam a disponibilidade de P no solo, favorecendo sua absorção pelas plantas, além de reduzir a necessidade de fertilizantes químicos, minimizando a contaminação dos corpos d'água e a eutrofização (Iftikhar *et al.*, 2024). Segundo os mesmos autores, esses mesmos microrganismos podem ainda contribuir com melhoria da estrutura do solo e a ciclagem de nutrientes, contribuindo para a saúde do solo e a eficiência no uso dos nutrientes. O aumento de fósforo pela ação de bactérias solubilizadoras de fosfato pode contribuir para o crescimento vegetal, pois promove maior eficiência na fixação biológica de nitrogênio (Peix *et al.*, 2001).

4.2. Variáveis respostas das plantas do feijoeiro

4.2.1 Uso dos microrganismos eficientes (EM)

Os tratamentos avaliados com uso de EM não afetaram as variáveis massa seca da raiz (MSR), relação MSR/MSPA e altura aos 12 dias nas plantas do feijoeiro (Figuras 5b, 5d, 5e). Os valores médios dessas variáveis, ao final do experimento, foram de 1,96 g, 0,24 (razão) e 34,78 cm. Os resultados obtidos contrastam com os obtidos por Gomes *et al.* (2024), que observaram maior crescimento em altura de plantas de pimenta com o uso de EMs. Por sua vez, Olle (2021) observou efeito negativo dos EMs, ao verificar que mudas de tomate cultivadas com este bioinsumo apresentaram altura 26% menor ($p < 0,001$) em relação ao controle, além de redução no diâmetro do caule.

Figura 5 – Matéria seca da parte aérea (MSPA, a), de raízes (MSR, b), total (MST, c), razão MSR/MSPA (d) e altura aos 12 dias (Alt 12d, e) de plantas de *Phaseolus vulgaris* L., cultivar BRS marte, em resposta ao incremento de doses do bioinsumo EM produzido de forma aerada e não aerada.



Fonte: elaboração própria.

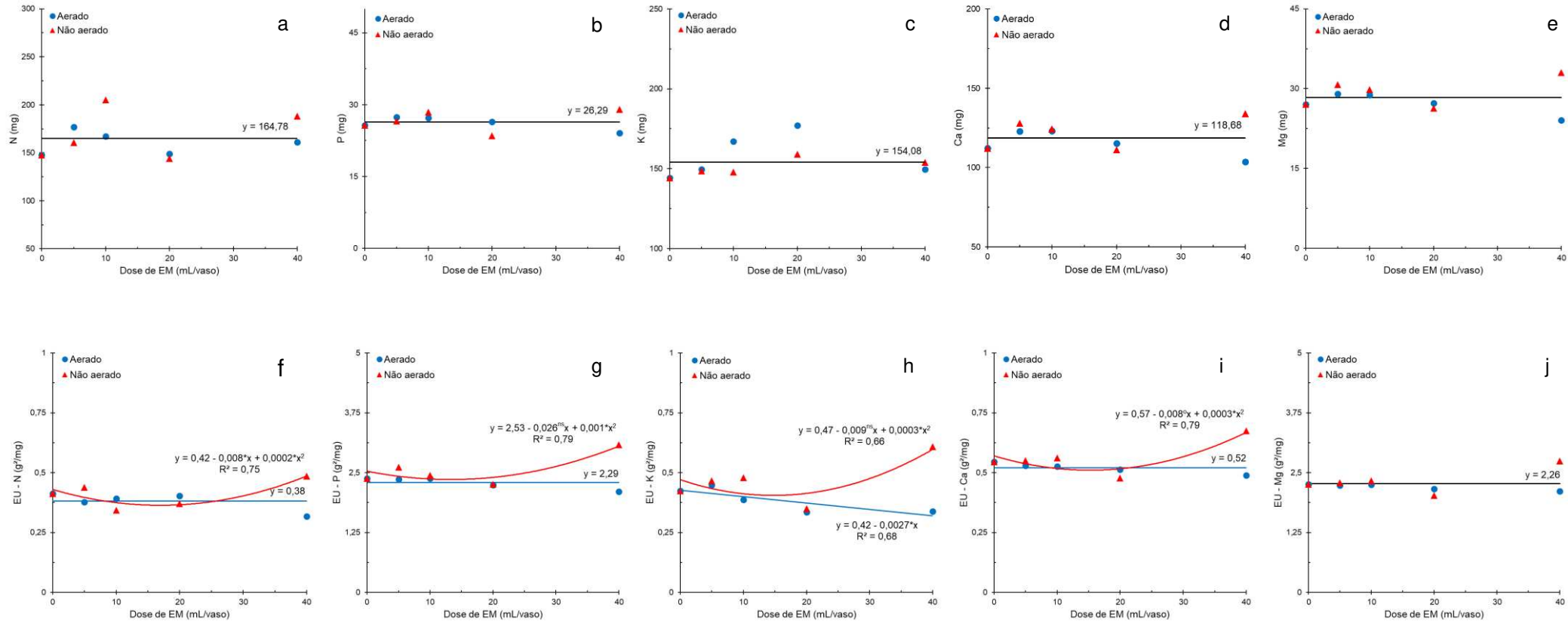
O crescimento vegetativo na forma de matéria seca da parte aérea (MSPA, $p=0,0095$) e total (MST, $p=0,0141$) foram influenciados pela interação entre dose e condição de aeração do bioinsumo EM (Figuras 5a e 5c). A comparação entre condições de aeração dentro de cada dose (Apêndices E e J) revelou que diferenças estavam associadas à maior dose aplicada (40 mL/vaso) do bioinsumo para as variáveis de produção de biomassa em questão. Ou seja, a maior dose foi a que determinou as diferenças entre as condições de aeração, não havendo diferenças nas demais doses e nem entre elas e o controle, ou seja, a ausência de uso do bioinsumo. Assim, o uso desta maior dose proporcionou maior produção de MSPA e MST na condição não aerada. A perda em termos de MST foi de quase 24% quando se utilizou a aeração. Ganhos em relação ao controle foram verificados nesta maior dose de EM apenas para MSPA e MST.

As respostas em termos de MST foram dependentes da produção de MSPA, uma vez que a contribuição de raízes foi menor no cômputo da massa total de biomassa. Desta forma o comportamento semelhante da resposta de MSPA e MST foi de uma redução na terceira dose com incremento final na produção de biomassa na maior dose, como já destacado. Ganhos de produção de MSPA são normalmente associados ao uso de EMs, muito embora também seja comum o não detalhamento de doses e formas de aplicação desse bioinsumo. Neste sentido, Gomes *et al.* (2024) verificaram ganhos de MSPA de plantas de pimenta com o uso de três diferentes tipos de EM, aplicados uma vez por mês até o florescimento na forma diluída (1:1.000).

Os dados de MSR não indicaram efeito da aeração sobre a produção de raízes. Em ambas condições, não se verificaram efeitos do bioinsumo sobre a biomassa do sistema radicular. Essa observação contrasta com os resultados obtidos por Ávila (2019), que verificou ganhos no crescimento de raízes do milho com a utilização de EM realizadas em quatro aplicações numa diluição de 1:1000, sendo elas: 600 mL no preenchimento dos vasos, 500 mL no semeio (7 dias depois), seguidas de duas aplicações semanais de 500 mL cada.

A avaliação do acúmulo de nutrientes das plantas avaliadas indicou que a adição de EM não afetou a absorção de nenhum dos macronutrientes (Figuras 6a, 6b, 6c, 6d, 6e).

Figura 6 - Conteúdo de macronutrientes (a, b, c, d, e) e eficiência de utilização de nutrientes (f, g, h, i, j) de plantas de *Phaseolus vulgaris* L., cultivar BRS marte, fertilizadas com diferentes doses de EM, após 32 dias de cultivo em casa de vegetação.



Fonte: elaboração própria.

A combinação das doses de EM com aeração também não influenciou a eficiência de utilização de nutrientes (Figuras 6f, 6g, 6h, 6i, 6j). Por sua vez, na ausência da aeração, tal eficiência foi reduzida nas doses intermediárias seguido de um incremento na maior dose aplicada (40 mL/vaso). Este efeito foi determinado pela menor produção de parte aérea (Figura 5a) na dose de 20 mL/vaso e somente não foi verificado para o Mg (Figura 6j) nutriente para o qual não se verificou nenhum efeito dos tratamentos aplicados.

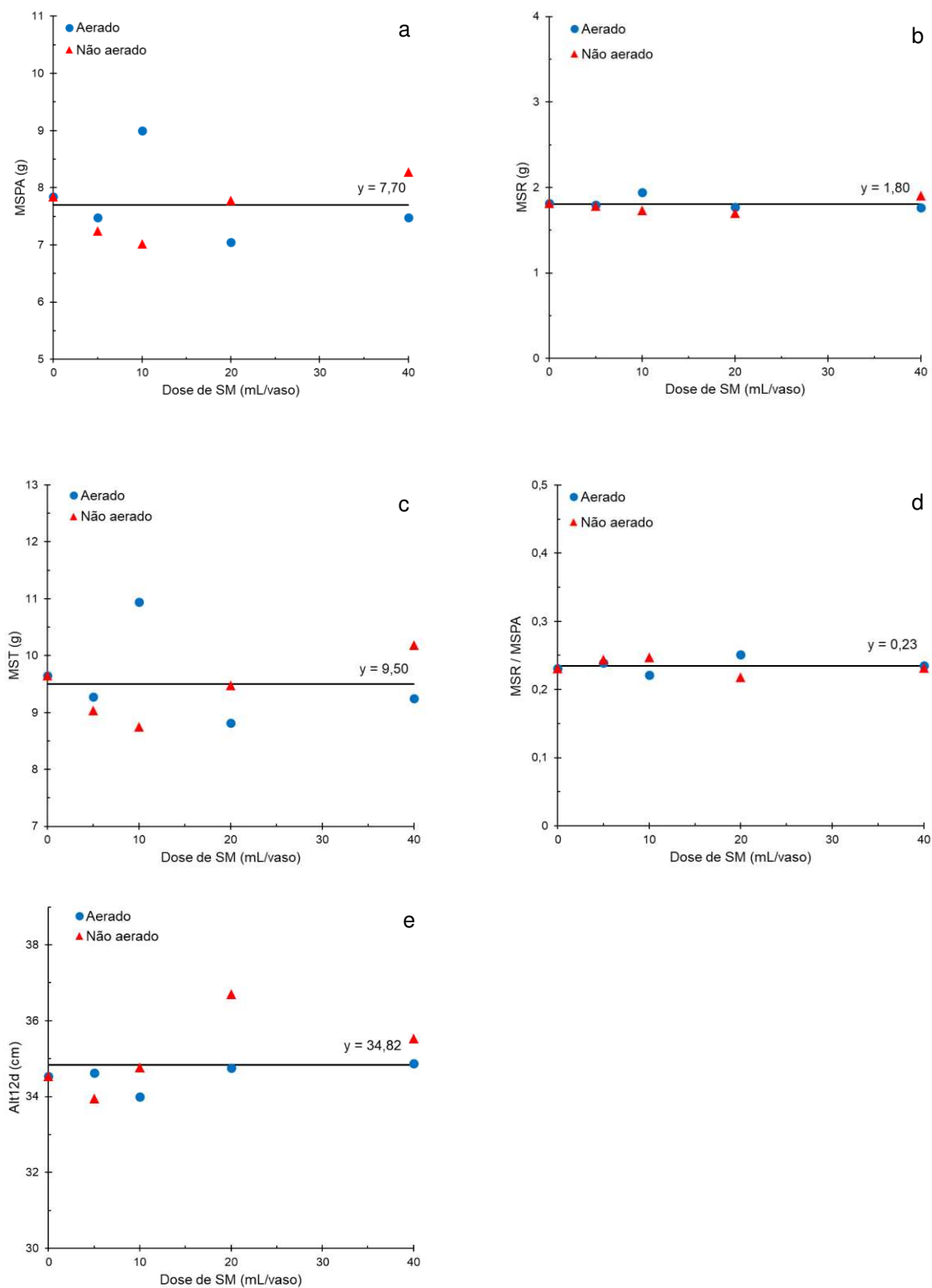
Os resultados da aplicação do EM sobre os macronutrientes não revelaram efeitos deste bioinsumo no acúmulo de nutrientes. Esses dados discordam do verificado por Oliveira (2006), que observou que a aplicação foliar de EM resultou em maiores teores de P na parte aérea das plantas de milho da variedade “Sol da Manhã”. No mesmo estudo, o mesmo uso do EM proporcionou maiores teores de K, Ca e Mg nos grãos do híbrido BRS 1010. Também Cargnelutti *et al.* (2021) apontam resultados divergentes em relação ao verificado no presente estudo. Em sua revisão, os autores afirmam que o uso do EM aumenta a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, melhoram variáveis associadas ao crescimento vegetal, como produção de massa na parte aérea e raízes, além da altura das plantas.

4.2.2 Uso do Supermagro (SM)

Os tratamentos que incluíram a adição de Supermagro não influenciaram as variáveis avaliadas nas plantas do feijoeiro (Figuras 7a, 7b, 7c, 7d, 7e). Os valores médios obtidos ao final do experimento foram de 7,70 g (MSPA), 1,80 g (MSR), 9,50 g (MST), 0,23 (MSPA/MSR) e 34,82 cm (Alt 12d). Esses resultados concordam com o observado por Martins *et al.* (2008), que ao utilizarem diferentes concentrações de supermagro (0, 30, 60 e 90 mL/L) na adubação de beterrabas em três aplicações (7, 14 e 21 d), não verificaram efeitos do produto na altura das plantas, massa fresca e massa seca, após 30 dias de cultivo.

Por outro lado, os dados sugerem certa superioridade da produção de biomassa da parte aérea associado à dose de 10 mL/vaso de Supermagro. Para as demais doses (5, 20 e 40 mL/vaso), as médias foram mais semelhantes e menores do que a referida previamente. Os resultados indicam que a dose de 10 mL/vaso merece ser melhor avaliada em estudos futuros, sugerindo possíveis efeitos negativos em maiores doses do Supermagro.

Figura 7 – Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR), matéria seca total (MST), razão MSR/MSPA e altura aos 12 dias (Alt 12d) de plantas de *Phaseolus vulgaris* L., cultivar BRS marte, fertilizadas com diferentes doses do bioinsumo Supermagro, após 32 dias de cultivo em casa-de-vegetação.



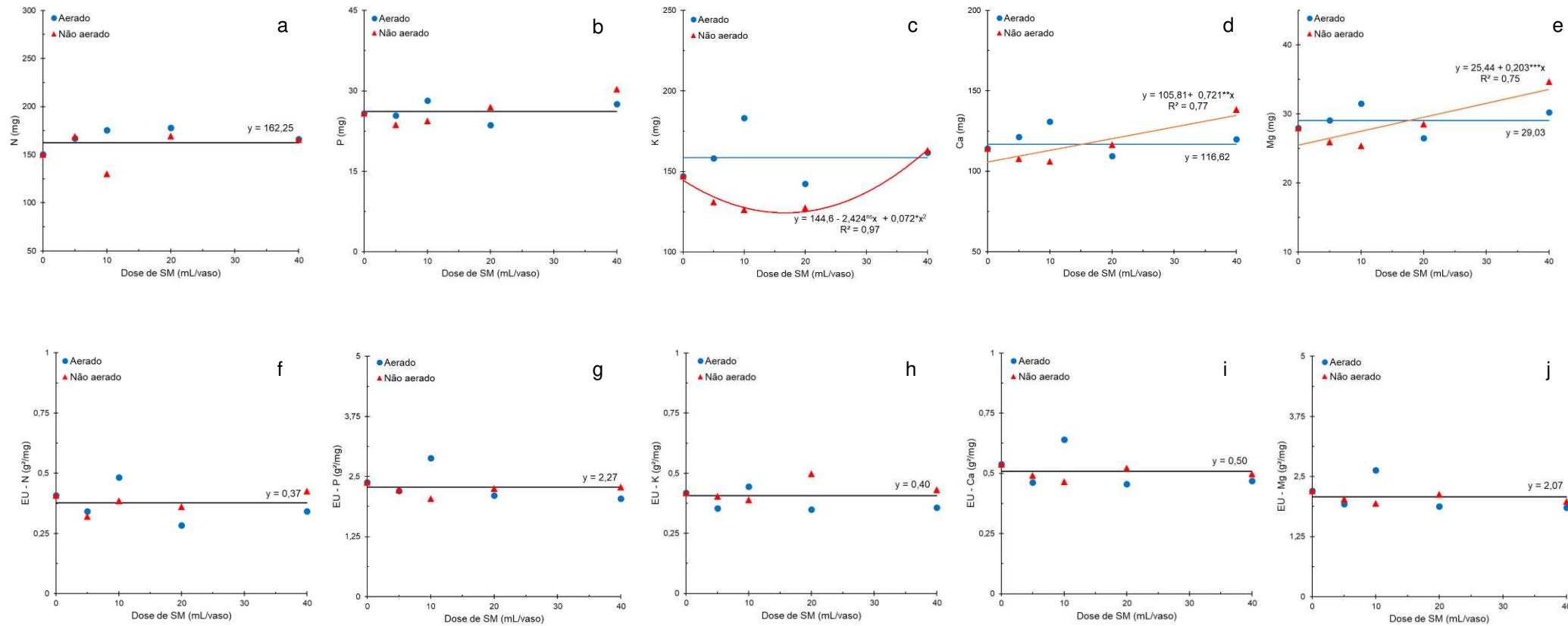
Fonte: elaboração própria.

O uso de Supermagro com e sem a aeração não influenciou o acúmulo de N (Figura 8a) e P (Figura 8b) nas plantas do feijoeiro. Da mesma forma, a aeração deste bioinsumo não afetou a absorção de K (Figura 8c), Ca (Figura 8d) e Mg (Figura 8e). Quando não aerado, foram observados ganhos crescentes de acúmulo de Ca e Mg (Figura 8d e 8e), sendo que para o K (Figura 8c) tais ganhos não foram tão evidentes, uma vez que depois de uma redução nas primeiras doses, os ganhos na última dose (40 mL/vaso) praticamente equivaleram à dose zero do produto. Novamente a dose de 10 mL/vaso se destaca nos acúmulos de nutrientes, reforçando a indicação da necessidade de mais estudos.

A eficiência de utilização dos macronutrientes não foi influenciada para o Supermagro em nenhuma das duas condições. Quando a aeração não foi utilizada, não houve diferenças na EU entre as doses.

De uma forma geral e visual, não se verificaram grandes diferenças entre o desenvolvimento, acúmulo e eficiência de utilização de nutrientes das plantas do feijoeiro com o uso dos dois bioinsumos. Ainda que o Supermagro apresentasse maior riqueza de nutrientes do que o EM (Quadro 1), isto não se refletiu em melhor desempenho vegetal. Um dos motivos para isto foi o uso de um solo de horta de um agricultor familiar (Quadro 2) que já apresentava grande disponibilidade de nutrientes. Essa foi uma opção do presente estudo, tendo em vista ser o foco a utilização de bioinsumos na produção orgânica, agroecológica e, ou familiar.

Figura 8 - Conteúdo de macronutrientes (a, b, c, d, e) e eficiência de utilização de nutrientes (f, g, h, i, j) de plantas de *Phaseolus vulgaris* L., cultivar BRS marte, fertilizadas com diferentes doses de Supermagro, após 32 dias de cultivo em casa de vegetação.



Fonte: elaboração própria.

5. CONCLUSÕES

A aeração desfavorece a microbiota total presente no EM e na solução de Supermagro, mas pode favorecer microrganismos aeróbios específicos, como parece ser o caso dos solubilizadores de fosfato.

A aeração não contribui com os benefícios esperados com o uso de EM e Supermagro em termos de produção vegetal e absorção de nutrientes no feijoeiro. Por outro lado, os mesmos bioinsumos não aerados podem produzir ganhos de biomassa da parte aérea, mas em maiores doses no caso dos EM e menores doses para o Supermagro.

Maior absorção e acúmulo de macronutrientes em plantas do feijoeiro são obtidas com maiores doses de EM para N e P e menores doses de Supermagro para P, Ca e Mg.

Investigações adicionais são necessárias para explorar a eficácia de diferentes doses e formas de aplicação de EM e Supermagro, especialmente em solos com menor fertilidade de base.

REFERÊNCIAS

- ALMEIRA, N. *et al.* The importance of aeration mode and flowrate in the determination of the biological activity and stability of organic wastes by respiration indices. **Bioresource Technology**, v. 196, p. 256-262, nov. 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.102>.
- ÁVILA, Z. N. B. **Efeitos da utilização de microrganismos eficientes (EM) sobre a cultura de milho (*Zea mays* L.) variedade BRS Caimbé orgânico**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11054>.
- BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. **Dispõe sobre o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10375.htm. Acesso em: 24 out. 2024.
- CARGNELUTTI, D. *et al.* Soluções tecnológicas emergentes para uma agricultura sustentável: microrganismos eficientes. In: GARCÍA, L. M. H. (Ed.). **Agroecologia: princípios e fundamentos ecológicos aplicados na busca de uma produção sustentável**. Canoas: Mérida Publishers, 2021. p. 31-62.
DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-991393-9-0.c2>.
- DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Itaguaí: EMBRAPA-CNPAB, 1995. 60 p. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/622470>. Acesso em: 27 mai. 2024.
- GOMES, J. P. A. *et al.* Use and quantification of efficient microorganisms in the development and production of peppers (*Capsicum* spp.). **DELLOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 17, n. 54, p. e1389, 2024.
DOI: <https://doi.org/10.55905/rdelosv17.n54-008>.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 70-75, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000100011>.
- HIGA, T. e PARR, J. F. **Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment**. Atami, Japão: International Nature Farming Research Center, 1994. 33 p.
- IFTIKHAR, A. *et al.* Ecological and sustainable implications of phosphorous-solubilizing microorganisms in soil. **Discover Applied Sciences**, v. 6, n. 2, p. 33, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-024-05683-x>.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **A produção de feijão no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/feijao/br>. Acesso em: 14 jan.2025.

KAPPES, C. *et al.* Feijão comum: características morfo-agronômicas de cultivares. In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 9., 2008, Campinas. **Ciência e tecnologia na cadeia produtiva do feijão**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008.

KJELDAHL, C. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. **Z Anal Chem**, v. 22, p. 366, 1883.

LEITÃO, V. P. M. **Utilização de um método híbrido de aeração forçada para compostagem em leiras**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Fortaleza. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/17050>. Acesso em: 15 abr. 2023.

LEITE, C. D. e MEIRA, A. L. **Preparo do biofertilizante supermagro**. Fichas Agroecológicas, n. 13, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-fertilidade-do-solo/13-preparo-do-biofertilizante-supermagro.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2024.

LIRIANO GONZÁLEZ, R. *et al.* Improvement of the agricultural productivity of lettuce and radish by using efficient microorganisms. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v. 72, n. 3, p. 8937-8943, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.76967>.

MARTINS, P. F. R. B. *et al.* Avaliação de mudas de beterraba em função de diferentes doses de biofertilizante. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, n. 2, p. 118-121, 2008. Suplemento: II Seminário de Agroecologia do Mato Grosso do Sul.

MARTINS, S. C. *et al.* Efeito do pousio na recuperação de um solo sob caatinga no semiárido brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, 2014. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2453>. Acesso em: 02 de nov. 2024

MÁXIMO, K. A.; LEMOS, C. F.; ROSSONI, H. A. V. Inoculação de microrganismos como aceleradores no processo de compostagem de resíduos sólidos agroindustriais. In: **IV Seminário dos Estudantes de Pós-Graduação-IFMG-Campus Bambuí**, 2018. Disponível em: https://sistemas.bambui.ifmg.edu.br/open_conference/index.php/SEP/2018/paper/view/188. Acesso em: 15 abr. 2023.

MAYER, J. *et al.* How effective are 'Effective microorganisms® (EM)? Results from a field study in temperate climate. **Applied Soil Ecology**, v. 46, n. 2, p. 230-239, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.08.007>.

MAZARO, S. M. *et al.* Produção e qualidade de morangueiro sob diferentes concentrações de calda bordalesa, sulfocálcica e biofertilizante supermagro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, Supl. 1, p. 3285-3294, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3285>.

MEJIAS, L. *et al.* The effect of airflow rates and aeration mode on the respiration activity of four organic wastes: Implications on the composting process. **Waste Management**, v. 65, p. 22-28, 2017.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.04.008>.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Programa Nacional de Bioinsumos**. 2020.

Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>. Acesso em: 9 nov. 2024.

MOURA, Á. Q. *et al.* Microrganismos e seus produtos de fermentação interferem na qualidade de sementes e plântulas de milho? **Nativa**, v. 8, n. 4, p. 490-497, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i4.9498>

NAUTIYAL, C. S. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. **FEMS Microbiology Letters**, v. 170, n. 1, p. 265-270, 1999.

DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1999.tb13383.x>.

OLIVEIRA, D.; SCHNEIDER, S.; MARQUES, F. C. Contextualização e práticas criativas na agricultura ecológica de Ipê e Antônio Prado/RS: o biofertilizante Super Magro como objeto epistêmico. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 41, p. 83-104, 2017. DOI: 10.5380/dma.v41i0.50236.

OLIVEIRA, R. F. de. **Estratégias de manejo e experimentação participativa em quintais do assentamento Olga Benário, Visconde do Rio Branco-MG**. 2014.

Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Viçosa, MG, 2014. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/17667>. Acesso em: 12 mai. 2024

OLIVEIRA, S. A. S. **Aplicação foliar de nitrato e de microorganismos eficazes (EM) e seus efeitos sobre a participação de nutrientes em variedades de milho (Zea mays L.) cultivadas com resíduos industrial**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Seropédica, RJ, 2006. Disponível em:

http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/PesquisaObraForm.do?select_action=&o_autor=8961. Acesso em: 18 out. 2024

OLLE, M. The Effect of Effective Microorganisms on the Performance of Tomato Transplants. **Biology and Life Sciences Forum**, v. 11, n. 1, p. 68, 2021.

DOI: <https://doi.org/10.3390/IECPS2021-12007>.

OLLE, M. e WILLIAMS, I. H. Effective microorganisms and their influence on vegetable production—a review. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 88, n. 4, p. 380-386, 2013.

DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11512979>.

PEIX, A. *et al.* Growth promotion of chickpea and barley by a phosphate solubilizing strain of Mesorhizobium mediterraneum under growth chamber conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 1, p. 103-110, 2001.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00120-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00120-6).

PELEGRINI, D. F.; BEZERRA, L. M. C.; HASPARYK, R. G. Dinâmica da produção de feijão no Brasil: progresso técnico e fragilidades. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. 298, p. 84-91, 2017.

PENTEADO, S. R. **Agricultura orgânica**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca e Documentação, 2001. 41 p. ISSN 1414-4530.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023.
Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

SANTOS, L. F. *et al.* Effective microorganisms inoculant: diversity and effect on the germination of palisade grass seeds. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 92, n. 1, p. 1-12, 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202020180426>.

SHAPIRO, S. S. e WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Oxford, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.
DOI: <https://doi.org/10.2307/2333709>.

SHIN, K. *et al.* Variability of effective micro-organisms (EM) in bokashi and soil and effects on soil-borne plant pathogens. **Crop Protection**, v. 99, p. 168-176, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.05.025>.

SIDDIQI, M. Y. e GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01904168109362919>.

SILVA, A. C. B. *et al.* Uso e efeito dos bioinsumos na agricultura. In: **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**. Editora Científica Digital, 2022. v. 4, p. 192-205. DOI: <https://doi.org/10.37885/220709308>.

SILVA, E. A. A cultura do feijão em Minas Gerais. In: OLIVEIRA NETO, A. A.; SANTOS, C. M. R. (Org.). **A cultura do feijão**. Brasília: CONAB, 2018. p. 120-129.
Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/53131>. Acesso em: 14 jan. 2025.

SOUSA, W. S. *et al.* Performance of lettuce submitted to the rock dust remineralizer and doses of efficient microorganisms. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 8, n. 2, p. e5526, 2023. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v8i2.5526>.

SOUZA, J. L. **Agricultura orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis**. 3. ed. Vitória: Incaper, 2015. 372 p. ISBN 85-89274-07-1. Disponível em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/1093>. Acesso em: 9 abr. 2024.

SOUZA, R. B. e ALCÂNTARA, F. A. **Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 65 p. (Circular Técnica, 65).
Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/758609>. Acesso em: 9 abr. 2024.

SUMAC, A. **Boletim logístico: volume de fertilizante importado em janeiro é recorde no país**. Conab, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5404-boletim-logistico-volume-de-fertilizante-importado-em-janeiro-e-recorde-no-pais>. Acesso em: 13 out. 2024.

TUPY, S. *et al.* Microrganismos eficientes: uma alternativa sustentável no cultivo de hortaliças para agricultores familiares da região de Viçosa - MG. **Revista ELO – Diálogos em Extensão**, v. 11, p. 13, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.21284/elov11i.14702>.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Most probable number calculator**. 2024.
Disponível em: <https://mostprobablenumbercalculator.epa.gov/mpnForm>.
Acesso em: 14 ago. 2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP). **O biofertilizante supermagro**. 2023. 7 p. Disponível em:
<https://www.fca.unesp.br/Home/Extensao/GrupoTimbo/Biofertilizantes-e-caldas.doc>.
Acesso em: 9 nov. 2023.

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERÍSSIMO, M. A. A. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. In: GINDRI, D. M.; MOREIRA, P. A. B.; VERÍSSIMO, M. A. A. (orgs.). **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**. Florianópolis: CIDASC, 2020. p. 382-410.

APÊNDICES**Microrganismos eficientes (EM)****APÊNDICE A – ANOVA da microbiota total (MT).**

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Condição	1	0,0879	0,0879	530,8	5,12e ^{-07***}
Resíduos	6	0,0010	0,0001		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE B – ANOVA microrganismos solubilizadores de fosfato (SF).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Condição	1	15,154	15,154	911,6	5,12e ^{-15***}
Resíduos	16	0,266	0,017		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE C – ANOVA microrganismos fixadores de nitrogênio (FN).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Condição	1	2,234	2,234	0,733	0,44
Resíduos	4	12,191	3,048		

APÊNDICE D – ANOVA massa seca parte aérea (MSPA).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	9,360	6	5,8233	0,0033
Condição	1	2,510	5	4,6849	0,0394*
Dose	4	3,483	3	1,6251	0,1967
Condição:Dose	4	8,883	4	4,1450	0,0095**
Resíduos	27	14,466	2		
Total	39	38,701	1		

CV = 9,17%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE E – ANOVA MSPA (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	9,3596	3,1198	5,8233	0,0033
Dose	4	3,4826	0,8706	1,6251	0,1967
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	0,1711	0,1711	0,3194	0,5766
Condição:Dose - 10	1	0,1682	0,1682	0,3139	0,5799
Condição:Dose - 20	1	0,3120	0,3120	0,5824	0,452
Condição:Dose - 40	1	10,7416	10,741	20,049	1e ^{-04***}
Resíduo	27	14,4655	0,5357		
Total	39	38,7007	0,9923		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE F – Teste Tukey dose 40 mL/vaso entre condições (MSPA).

Dose	Condições	Médias
40 a	Não aerado	9,425
40 b	Aerado	7,107

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE G – ANOVA MSPA (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	9,3596	3,1198	5,8233	0,0033
Condição	1	2,5100	2,5100	4,6849	0,0394*
Dose:Condição - Aerado	4	2,2923	0,5730	1,0696	0,3908
Dose:Condição - Não aerado	4	10,0733	2,5183	4,7005	0,0052**
Resíduos	27	14,4655	0,5357		
Total	39	38,7007	0,9923		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE H – ANOVA massa seca raiz (MSR).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	1,6407	6	7,4828	0,0008
Condição	1	0,0168	2	0,2300	0,6353
Dose	4	0,4526	4	1,5482	0,2166
Condição:Dose	4	0,5430	5	1,8572	0,1470
Resíduos	27	1,9734	3		
Total	39	4,6266	1		

CV = 13,73%

APÊNDICE I – ANOVA massa seca total (MST).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	15,836	6	6,4081	0,0020
Condição	1	2,938	4	3,5663	0,0697°
Dose	4	5,622	3	1,7063	0,1777
Condição:Dose	4	12,510	5	3,7969	0,0141*
Resíduos	27	22,241	2		
Total	39	59,147	1		

CV = 9,12%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE J – ANOVA MST (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	15,8356	5,2785	6,4081	0,002
Dose	4	5,6220	1,4055	1,7063	0,1777
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	0,0072	0,0072	0,0087	0,9262
Condição:Dose - 10	1	0,0544	0,0544	0,0661	0,799
Condição:Dose - 20	1	0,1512	0,1512	0,1836	0,6717
Condição:Dose - 40	1	15,2352	15,235	18,4953	2e ^{-04***}
Resíduo	27	22,2408	0,8237		
Total	39	59,1465	1,5165		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE K – Teste Tukey dose 40 mL/vaso entre condições (MST).

Dose	Condições	Médias
40 a	Não aerado	11,5875
40 b	Aerado	8,8275

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE L – ANOVA MST (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	15.8356	5.2785	6.4081	0.002
Condição	1	2.9376	2.9376	3.5663	0.0698°
Dose:Condição - Aerado	4	5.2303	1.3075	1.5874	0.2063
Dose:Condição - Não aerado	4	12.9021	3.2255	3.9158	0.0124*
Resíduos	27	22.2408	0.8237		
Total	39	59.1465	1.5165		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE M – ANOVA razão MSR/MSPA.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0174	6	7,1998	0,0010
Condição	1	0,0008	4	1,0835	0,3071
Dose	4	0,0034	3	1,0693	0,3909
Condição:Dose	4	0,0047	5	1,4777	0,2365
Resíduos	27	0,0218	2		
Total	39	0,0484	1		

CV = 11,51%

APÊNDICE N – ANOVA altura 12 dias (Alt/12d).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	3,071	3	0,5372	0,6607
Condição	1	0,075	2	0,0392	0,8443
Dose	3	5,338	4	0,7004	0,5984
Condição:Dose	3	8,798	6	1,1545	0,3526
Resíduos	21	51,438	5		
Total	31	68,720	1		

CV = 3,97%

APÊNDICE O – ANOVA acúmulo de N na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	5801	3	2,0177	0,1351
Condição	1	776	5	0,8102	0,3760
Dose	4	9507	4	2,4799	0,0677°
Condição:Dose	4	4168	2	1,0871	0,3825
Resíduos	27	25876	6		
Total	39	46128	1		

CV = 18,79%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE P – ANOVA eficiência de uso N na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0315	5	2,6768	0,0671
Condição	1	0,0089	4	2,2777	0,1428
Dose	4	0,0108	2	0,6909	0,6046
Condição:Dose	4	0,0626	6	3,9901	0,0113*
Resíduos	27	0,1060	3		
Total	39	0,2200	1		

CV = 15,84%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE Q – ANOVA eficiência de uso N (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0315	0,0105	2,6768	0,0671
Dose	4	0,0108	0,0027	0,6909	0,6047
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	0,0078	0,0078	1,9876	0,17
Condição:Dose - 10	1	0,0048	0,0048	1,2232	0,2785
Condição:Dose - 20	1	0,0021	0,0021	0,5407	0,4685
Condição:Dose - 40	1	0,0568	0,0568	14,486	7e ^{-04***}
Resíduo	27	0,1060	0,0039		
Total	39	0,2200	0,0056		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE R – Teste Tukey eficiência de uso do N (dose 40 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
40 a	Não aerado	0,4859
40 b	Aerado	0,3173

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE S – ANOVA eficiência de uso do N (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0315	0,0105	2,6768	0,0671
Condição	1	0,0089	0,0089	2,2777	0,1429
Dose:Condição - Aerado	4	0,0230	0,0057	1,4655	0,2402
Dose:Condição - Não aerado	4	0,0505	0,0126	3,2155	0,0278*
Resíduos	27	0,1060	0,0039		
Total	39	0,2200	0,0056		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE T – ANOVA acúmulo de P na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	46,22	2	2,2528	0,1050
Condição	1	2,32	4	0,3392	0,5651
Dose	4	39,51	6	1,4444	0,2465
Condição:Dose	4	68,06	3	2,4880	0,0670°
Resíduos	27	184,65	5		
Total	39	340,77	1		

CV = 9,91%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE U – ANOVA acúmulo de P (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	46,2206	15,406	2,2528	0,105
Dose	4	39,5129	9,8782	1,4444	0,2466
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	1,2257	1,2257	0,1792	0,6754
Condição:Dose - 10	1	3,0000	3,0000	0,4387	0,5134
Condição:Dose - 20	1	17,5590	17,559	2,5675	0,1207
Condição:Dose - 40	1	48,5984	48,598	7,1062	0,0128*

Resíduo	27	184,650	6,8389
Total	39	340,767	8,7376

Significância: *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,1$).

APÊNDICE V – Teste Tukey acúmulo de P dose 40 mL/vaso entre condições.

Dose	Condições	Médias
40 a	Não aerado	28,9783
40 b	Aerado	24,0489

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: $p < 0,1$.

APÊNDICE W – ANOVA acúmulo de P (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	46,2206	15,406	2,2528	0,105
Condição	1	2,3199	2,3199	0,3392	0,5651
Dose:Condição - Aerado	4	29,1472	7,2868	1,0655	0,3927
Dose:Condição - Não aerado	4	78,4289	19,607	2,867	0,0422*
Resíduos	27	184,650	6,8389		
Total	39	340,767	8,7376		

Significância: *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,1$).

APÊNDICE X – ANOVA eficiência de uso de P na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	1,8193	5	6,6413	0,0016
Condição	1	0,6972	6	7,6352	0,0101
Dose	4	0,5187	3	1,4203	0,2541
Condição:Dose	4	1,3602	4	3,7242	0,0153*
Resíduos	27	2,4654	2		
Total	39	6,8609	1		

CV = 12,47%

Significância: *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,1$).

APÊNDICE Y – ANOVA eficiência de uso do P (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	1,8193	0,6064	6,6413	0,0017
Dose	4	0,5187	0,1296	1,4203	0,2541
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	0,1261	0,1261	1,3814	0,2501
Condição:Dose - 10	1	0,0091	0,0091	0,0996	0,7547
Condição:Dose - 20	1	0,0009	0,0009	0,0101	0,9205
Condição:Dose - 40	1	1,9212	1,9212	21,040	1e ^{-04***}
Resíduo	27	2,4654	0,0913		
Total	39	6,8608	0,1759		

Significância: *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,1$).

APÊNDICE Z – Teste Tukey eficiência de uso do P (dose 40 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
40 a	Não aerado	3,0809
40 b	Aerado	2,1008

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: $p < 0,1$.

ANOVA AA – eficiência de uso P (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	1,8193	0,6064	6,6413	0,0017
Condição	1	0,6971	0,6971	7,6352	0,0102
Dose:Condição - Aerado	4	0,2352	0,0588	0,644	0,6359
Dose:Condição - Não aerado	4	1,6437	0,4109	4,5005	0,0065**
Resíduos	27	2,4654	0,0913		
Total	39	6,8608	0,1759		

Significância: *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,1$).

APÊNDICE AB – ANOVA acúmulo de K na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	6493	2	2,7059	0,0650
Condição	1	451	4	0,5642	0,4590
Dose	4	2665	5	0,8331	0,5160
Condição:Dose	4	961	3	0,3003	0,8751
Resíduos	27	21594	6		
Total	39	32164	1		

CV = 18,35%

APÊNDICE AC – ANOVA eficiência de uso de K na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0635	2	0,6569	0,5856
Condição	1	0,2733	6	8,4815	0,0071**
Dose	4	0,4326	5	3,3557	0,0236*
Condição:Dose	4	0,4217	4	3,2716	0,0260*
Resíduos	27	0,8701	3		
Total	39	2,0613	1		

CV = - 20,37%

Significância: *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,1$).

APÊNDICE AD – ANOVA eficiência de uso do K (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0635	0,0211	0,6569	0,5857
Dose	4	0,4326	0,1081	3,3557	0,0236*
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	0,0041	0,0041	0,1284	0,7229
Condição:Dose - 10	1	0,0817	0,0817	2,5364	0,1229
Condição:Dose - 20	1	0,0015	0,0015	0,0479	0,8283
Condição:Dose - 40	1	0,6076	0,6076	18,855	2e ^{-04***}
Resíduo	27	0,8701	0,0322		
Total	39	2,0613	0,0528		

Significância: *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,1$).

APÊNDICE AE – Teste Tukey eficiência de uso do K (dose 40 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
40 a	Não aerado	0,6086
40 b	Aerado	0,3380

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: $p < 0,1$.

APÊNDICE AF – ANOVA eficiência de uso do K (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0635	0,0211	0,6569	0,5857
Condição	1	0,2733	0,2733	8,4815	0,0071**
Dose:Condição - Aerado	4	0,2799	0,0699	2,1716	0,0992°
Dose:Condição - Não aerado	4	0,5744	0,1436	4,4557	0,0068**
Resíduos	27	0,8701	0,0322		
Total	39	2,0613	0,0528		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE AG – ANOVA acúmulo de Ca na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	922,3	4	1,1083	0,3629
Condição	1	426,8	6	1,5387	0,2254
Dose	4	1151	3	1,0374	0,4061
Condição:Dose	4	1515	5	1,3655	0,2720
Resíduos	27	7489	2		
Total	39	11504	1		

CV = 14,03%

APÊNDICE AH – ANOVA eficiência de uso do Ca na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0886	6	5,1028	0,0063
Condição	1	0,0171	5	2,9551	0,0970°
Dose	4	0,0303	3	1,3093	0,2916
Condição:Dose	4	0,0575	4	2,4853	0,0672°
Resíduos	27	0,1563	2		
Total	39	0,3500	1		

CV = 14,06%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE AI – ANOVA eficiência de uso do Ca (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0886	0,0295	5,1028	0,0063
Dose	4	0,0303	0,0075	1,3093	0,2916
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	0,0009	0,0009	0,1554	0,6965
Condição:Dose - 10	1	0,0024	0,0024	0,4186	0,5231
Condição:Dose - 20	1	0,0024	0,0024	0,4192	0,5228
Condição:Dose - 40	1	0,0689	0,0689	11,903	0,0019**
Resíduo	27	0,1563	0,0057		
Total	39	0,3500	0,0089		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE AJ – Teste Tukey eficiência de uso do Ca (dose 40 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
40 a	Não aerado	0,6747
40 b	Aerado	0,4891

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE AK – ANOVA eficiência de uso do Ca (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0886	0,0295	5,1028	0,0063
Condição	1	0,0171	0,0171	2,9551	0,0971°
Dose:Condição - Aerado	4	0,0070	0,0017	0,3047	0,8722
Dose:Condição - Não aerado	4	0,0808	0,0202	3,4899	0,0202*
Resíduos	27	0,1563	0,0057		
Total	39	0,3500	0,0089		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05),

APÊNDICE AL – ANOVA acúmulo de Mg na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	54,51	4	1,3370	0,2830
Condição	1	46,91	6	3,4519	0,0741
Dose	4	59,76	3	1,0993	0,3770
Condição:Dose	4	123,33	5	2,2687	0,0879°
Resíduos	27	366,93	2		
Total	39	651,43	1		

CV = 13,02%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE AM – ANOVA acúmulo de Mg (condição dentro de cada Dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	54,5071	18,169	1,337	0,2831
Dose	4	59,7598	14,939	1,0993	0,377
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	6,0696	6,0696	0,4466	0,5096
Condição:Dose - 10	1	2,3050	2,3050	0,1696	0,6837
Condição:Dose - 20	1	1,7436	1,7436	0,1283	0,723
Condição:Dose - 40	1	160,119	160,11	11,782	0,0019**
Resíduo	27	366,925	13,589		
Total	39	651,429	16,703		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE AN – Teste Tukey acúmulo de Mg (dose 40 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
40 a	Não aerado	32,9947
40 b	Aerado	24,0471

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE AO – ANOVA acúmulo de Mg (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	54,5071	18,169	1,337	0,2831
Condição	1	46,9112	46,911	3,4519	0,0741°
Dose:Condição - Aerado	4	63,1982	15,799	1,1626	0,3492
Dose:Condição - Não aerado	4	119,887	29,971	2,2055	0,0951°
Resíduos	27	366,925	13,589		
Total	39	651,429	16,703		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE AP – ANOVA eficiência de uso do Mg na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	1,7397	6	5,9255	0,0030
Condição	1	0,1644	4	1,6804	0,2058
Dose	4	0,4463	3	1,1402	0,3588
Condição:Dose	4	0,6988	5	1,7851	0,1609
Resíduos	27	2,6423	2		
Total	39	5,6916	1		

CV = 13,8%

Supermagro (SM)

APÊNDICE AQ – ANOVA microbiota total (MT).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Condição	1	0,0860	0,0869	627,7	2,66e ^{-07***}
Resíduos	6	0,0008	0,0001		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE AR – ANOVA microrganismos solubilizadores de fosfato (SF).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Condição	1	0,2928	0,2928	4,757	0,0444*
Resíduos	16	0,9848	0,0615		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE AS – ANOVA microrganismos fixadores de nitrogênio (FN).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Condição	1	0,3427	0,3427	0,154	0,154
Resíduos	4	0,4458	0,1114		

APÊNDICE AT – ANOVA massa seca parte aérea (MSPA).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	5,623	5	2,8324	0,0570
Condição	1	0,185	2	0,2795	0,6013
Dose	4	2,735	4	1,0332	0,4082
Condição:Dose	4	10,090	6	3,8118	0,0139*
Resíduos	27	17,868	3		
Total	39	36,501	1		

CV = 10,56%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE AU – ANOVA MSPA (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	5,6231	1,8743	2,8324	0,0571
Dose	4	2,7348	0,6837	1,0332	0,4082
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	0,1081	0,1081	0,1634	0,6893
Condição:Dose - 10	1	7,8210	7,8210	11,818	0,0019**
Condição:Dose - 20	1	1,0658	1,0658	1,6105	0,2152
Condição:Dose - 40	1	1,2800	1,2800	1,9342	0,1757
Resíduo	27	17,8676	0,6617		
Total	39	36,5005	0,9359		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE AV – Teste Tukey MSPA (dose 10 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
10 a	Aerado	8,995
10 b	Não aerado	7,0175

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: $p < 0,1$.

APÊNDICE AW – ANOVA MSPA (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	5,6231	1,8743	2,8324	0,0571
Condição	1	0,1849	0,1849	0,2795	0,6014
Dose:Condição - Aerado	4	8,7836	2,1959	3,3183	0,0247*
Dose:Condição - Não aerado	4	4,0412	1,0103	1,5267	0,2225
Resíduos	27	17,8676	0,6617		
Total	39	36,5005	0,9359		

Significância: *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,1$).

APÊNDICE AX – ANOVA massa seca parte aérea (MSR).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	1,3844	6	5,8390	0,0032
Condição	1	0,0096	2	0,1216	0,7300
Dose	4	0,0526	3	0,1665	0,9535
Condição:Dose	4	0,1320	4	0,4177	0,7943
Resíduos	27	2,1338	5		
Total	39	3,7125	1		

CV = 15,6%

APÊNDICE AY – ANOVA massa seca total (MST).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	12,454	6	4,8016	0,0083
Condição	1	0,279	2	0,3226	0,5747
Dose	4	3,431	3	0,9923	0,4286
Condição:Dose	4	12,091	5	3,4965	0,0200*
Resíduos	27	23,342	4		
Total	39	51,598	1		

CV = 9,78%

Significância: *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,1$).

APÊNDICE AZ – ANOVA MST (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	12,4535	4,1511	4,8016	0,0083
Dose	4	3,4314	0,8578	0,9923	0,4286
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	0,1176	0,1176	0,136	0,7151
Condição:Dose - 10	1	9,6141	9,6141	11,120	0,0025**
Condição:Dose - 20	1	0,8712	0,8712	1,0077	0,3244
Condição:Dose - 40	1	1,7672	1,7672	2,0441	0,1643
Resíduo	27	23,3424	0,8645		
Total	39	51,5976	1,3230		

Significância: *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,1$).

APÊNDICE BA – Teste Tukey MST (dose 10 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
10 a	Aerado	10,94
10 b	Não aerado	8,7475

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: $p < 0,1$.

APÊNDICE BB – ANOVA MST (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	12,4535	4,1511	4,8016	0,0083
Condição	1	0,2788	0,2788	0,3226	0,5747
Dose:Condição - Aerado	4	10,5568	2,6392	3,0527	0,0338*
Dose:Condição - Não aerado	4	4,9658	1,2414	1,436	0,2492
Resíduos	27	23,3424	0,8645		
Total	39	51,5976	1,3230		

Significância: *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$), ° ($p < 0,1$).

APÊNDICE BC – ANOVA razão MSR/MSPA.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0061	5	1,6904	0,1926
Condição	1	0,0000	6	0,0119	0,9136
Dose	4	0,0004	2	0,0955	0,9830
Condição:Dose	4	0,0035	3	0,7308	0,5788
Resíduos	27	0,0329	4		
Total	39	0,0431	1		

CV = 14,87%

APÊNDICE BD – ANOVA Altura 12 dias (Alt/12d).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	13,758	6	3,2336	0,0378
Condição	1	2,916	4	2,0561	0,1630
Dose	4	12,109	5	2,1345	0,1039
Condição:Dose	4	7,647	3	1,3479	0,2780
Resíduos	27	38,292	2		
Total	39	74,721	1		

CV = 3,42%

APÊNDICE BE – ANOVA acúmulo de N na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	3209,3	2	2,4860	0,0819
Condição	1	1104,0	3	2,5657	0,1208
Dose	4	3251,8	6	1,8893	0,1412
Condição:Dose	4	3219,1	5	1,8702	0,1446
Resíduos	27	11618,3	4		
Total	39	22402,5	1		

CV = 12,78%

APÊNDICE BF – ANOVA eficiência de uso do N na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0111	3	0,3709	0,7746
Condição	1	0,0006	2	0,0675	0,7968
Dose	4	0,0749	6	1,8754	0,1437
Condição:Dose	4	0,0449	5	1,1242	0,3658

Resíduos	27	0,2699	4
Total	39	0,4016	1

CV = 26,59%

APÊNDICE BG – ANOVA - Acúmulo de P na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	25,145	6	2,1926	0,1119
Condição	1	0,131	2	0,0342	0,8546
Dose	4	88,046	4	5,7582	0,0017**
Condição:Dose	4	71,908	3	4,7028	0,0052**
Resíduos	27	103,212	5		
Total	39	288,441	1		

CV = 7,47%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE BH – ANOVA acúmulo de P (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	25,1448	8,3816	2,1926	0,112
Dose	4	88,0456	22,011	5,7582	0,0017
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	5,8776	5,8776	1,5376	0,2256
Condição:Dose - 10	1	28,8275	28,827	7,5413	0,0106*
Condição:Dose - 20	1	22,1894	22,189	5,8047	0,0231*
Condição:Dose - 40	1	15,1439	15,143	3,9616	0,0568°
Resíduo	27	103,211	3,8226		
Total	39	288,440	7,3959		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE BI – Teste Tukey acúmulo de P (dose 10 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
10 a	Aerado	28,2129
10 b	Não aerado	24,4163

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE BJ – Teste Tukey acúmulo de P (dose 20 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
20 a	Não aerado	26,9754
20 b	Aerado	23,6445

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE BK – Teste Tukey acúmulo de P (dose 40 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
40 a	Não aerado	30,2938
40 b	Aerado	27,5420

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE BL – ANOVA acúmulo de P (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	25,1448	8,3816	2,1926	0,112
Condição	1	0,1307	0,1307	0,0342	0,8547
Dose:Condição - Aerado	4	52,4318	13,107	3,429	0,0217

Dose:Condição - Não aerado	4	107,521	26,880	7,0319	5e-04***
Resíduos	27	103,211	3,8226		
Total	39	288,440	7,3959		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE BM – ANOVA eficiência de uso do P na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	1,1275	6	2,9454	0,0507
Condição	1	0,0770	2	0,6032	0,4440
Dose	4	0,5787	4	1,1338	0,3616
Condição:Dose	4	1,4996	5	2,9379	0,0387*
Resíduos	27	3,4453	3		
Total	39	6,7282	1		

CV = 15,68%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE BN – ANOVA eficiência de uso do P (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	1,1275	0,3758	2,9454	0,0508
Dose	4	0,5787	0,1446	1,1338	0,3616
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	0,0008	0,0008	0,0067	0,9355
Condição:Dose - 10	1	1,4200	1,4200	11,128	0,0025**
Condição:Dose - 20	1	0,0419	0,0419	0,3286	0,5712
Condição:Dose - 40	1	0,1137	0,1137	0,8916	0,3534
Resíduo	27	3,4453	0,1276		
Total	39	6,7281	0,1725		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE BO – Teste Tukey eficiência do uso do P (dose 40 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
40 a	Aerado	2,8816
40 b	Não aerado	2,0390

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE BP – ANOVA eficiência de uso do P (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	1,1275	0,3758	2,9454	0,0508
Condição	1	0,0769	0,0769	0,6033	0,4441
Dose:Condição - Aerado	4	1,8289	0,4572	3,5832	0,0181*
Dose:Condição - Não aerado	4	0,2493	0,0623	0,4886	0,744
Resíduos	27	3,4453	0,1276		
Total	39	6,7281	0,1725		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE BQ – ANOVA acúmulo de K na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	3266,2	2	2,5835	0,0739
Condição	1	3811,6	4	9,0449	0,0056**
Dose	4	3471,4	6	2,0594	0,1141

Condição:Dose	4	4558,1	3	2,7040	0,0514 ^o
Resíduos	27	11378,2	5		
Total	39	26485,5	1		

CV = 13,8%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ^o (p<0,1).

APÊNDICE BR – ANOVA acúmulo de K (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	3266,19	1088,7	2,5835	0,074
Dose	4	3471,40	867,85	2,0594	0,1142
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	1467,17	1467,1	3,4816	0,073 ^o
Condição:Dose - 10	1	6452,20	6452,2	15,310	6e ^{-04***}
Condição:Dose - 20	1	447,344	447,34	1,0615	0,312
Condição:Dose - 40	1	2,9869	2,9869	0,0071	0,9335
Resíduo	27	11378,2	421,41		
Total	39	26485,5	679,11		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ^o (p<0,1).

APÊNDICE BS – Teste Tukey acúmulo de K (dose 5 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
5 a	Aerado	158,2243
5 b	Não aerado	131,1395

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE BT – Teste Tukey acúmulo de K (dose 10 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
10 a	Aerado	183,1146
10 b	Não aerado	126,3158

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE BU – ANOVA acúmulo de K (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	3266,19	1088,73	2,583	0,074
Condição	1	3811,64	3811,64	9,044	0,0056**
Dose:Condição - Aerado	4	4024,01	1006,00	2,387	0,0759 ^o
Dose:Condição - Não aerado	4	4005,45	1001,36	2,376	0,077 ^o
Resíduos	27	11378,2	421,41		
Total	39	26485,5	679,11		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ^o (p<0,1).

APÊNDICE BV – ANOVA eficiência de uso do K na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,0464	5	2,2817	0,1018
Condição	1	0,0188	6	2,7826	0,1068
Dose	4	0,0112	2	0,4136	0,7972
Condição:Dose	4	0,0465	4	1,7159	0,1755
Resíduos	27	0,1832	3		
Total	39	0,3064	1		

CV = 20,26%

APÊNDICE BW – ANOVA acúmulo de Ca na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	2185.4	6	3.9092	0.0193
Condição	1	63.5	5	0.3408	0.5642
Dose	4	1411.8	3	1.8940	0.1404
Condição:Dose	4	2291.9	4	3.0747	0.0329*
Resíduos	27	5031.5	2		
Total	39	10984,1	1		

CV = 11,58%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE BX – ANOVA Acumulo de Ca (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	2185,44	728,48	3,9092	0,0193
Dose	4	1411,78	352,94	1,894	0,1404
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	362,414	362,41	1,9448	0,1745
Condição:Dose - 10	1	1213,88	1213,8	6,514	0,0167*
Condição:Dose - 20	1	99,9761	99,976	0,5365	0,4702
Condição:Dose - 40	1	679,108	679,10	3,6442	0,0669°
Resíduo	27	5031,50	186,35		
Total	39	10984,1	281,64		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE BY – Teste Tukey Acúmulo de Ca (dose 10 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
10 a	Não aerado	130,4939
10 b	Aerado	106,0841

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE BZ – Teste Tukey Acúmulo de Ca (dose 40 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
40 a	Não aerado	138,4222
40 b	Aerado	119,9952

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE CA – ANOVA acúmulo de Ca (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	2185.44	728.480	3.909	0.0193
Condição	1	63.5075	63.5075	0.340	0.5642
Dose:Condição - Aerado	4	1024.30	256.076	1.374	0.2691
Dose:Condição - Não aerado	4	2679.35	669.839	3.594	0.0179*
Resíduos	27	5031.50	186.352		
Total	39	10984.1	281.644		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE CB – ANOVA – eficiência de uso do Ca na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,1141	5	1,3288	0,2856
Condição	1	0,0025	2	0,0889	0,7678
Dose	4	0,1149	4	1,0038	0,4227

Condição:Dose	4	0,2536	6	2,2152	0,0939°
Resíduos	27	0,7728	3		
Total	39	1,2581	1		

CV = - 24,39%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE CC – ANOVA eficiência de uso do Ca (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,1141	0,0380	1,3288	0,2856
Dose	4	0,1149	0,0287	1,0039	0,4227
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	0,0062	0,0062	0,2196	0,6431
Condição:Dose - 10	1	0,2092	0,2092	7,3104	0,0117*
Condição:Dose - 20	1	0,0341	0,0341	1,1935	0,2843
Condição:Dose - 40	1	0,0064	0,0064	0,2266	0,6379
Resíduo	27	0,7728	0,0286		
Total	39	1,2581	0,0322		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE CD – Teste Tukey eficiência de uso do Ca (dose 40 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
10 a	Não aerado	0,6407
10 b	Aerado	0,4647

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE CE – ANOVA eficiência de uso do Ca (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,1141	0,0380	1,3288	0,2856
Condição	1	0,0025	0,0025	0,0889	0,7678
Dose:Condição - Aerado	4	0,2955	0,0738	2,5809	0,0598°
Dose:Condição - Não aerado	4	0,0730	0,0182	0,6383	0,6397
Resíduos	27	0,7728	0,0286		
Total	39	1,2581	0,0322		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE CF – ANOVA acúmulo de Mg na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	119.15	6	3.9702	0.0182
Condição	1	2.97	3	0.2972	0.5901
Dose	4	139.35	5	3.4825	0.0203*
Condição:Dose	4	138.19	4	3.4536	0.0210*
Resíduos	27	270.10	2		
Total	39	669,76	1		

CV = 11,00%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE CG – ANOVA acúmulo de Mg (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	119.147	39.715	3.9702	0.0182
Dose	4	139.348	34.837	3.4825	0.0204*

Condição:Dose - 0	1	0.0000	0.0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	19.4282	19.428	1.9421	0.1748
Condição:Dose - 10	1	74.1755	74.175	7.4149	0.0112*
Condição:Dose - 20	1	8.4935	8.4935	0.8491	0.365
Condição:Dose - 40	1	39.0683	39.068	3.9055	0.0584°
Resíduo	27	270.095	10.003		
Total	39	669.756	17.173		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE CH – Teste Tukey acúmulo de Mg (dose 10 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
10 a	Aerado	31,4672
10 b	Não aerado	25,3772

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE CI – Teste Tukey acúmulo de Mg (dose 40 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
40 a	Não aerado	64,6411
40 b	Aerado	30,2213

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE CJ – ANOVA acúmulo de Mg (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	119.147	39.7158	3.970	0.0182
Condição	1	2.9728	2.9728	0.297	0.5901
Dose:Condição - Aerado	4	60.4013	15.1003	1.509	0.2274
Dose:Condição - Não aerado	4	217.139	54.2849	5,426	0.0024**
Resíduos	27	270.095	10.0035		
Total	39	669.756	17.1732		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE CK – ANOVA eficiência de uso do Mg na parte aérea.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,4598	4	1,3338	0,2840
Condição	1	0,0169	2	0,1470	0,7043
Dose	4	0,7867	5	1,7113	0,1765
Condição:Dose	4	1,1252	6	2,4478	0,0704°
Resíduos	27	3,1029	3		
Total	39	5,4915	1		

CV = 16,31%

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE CL – ANOVA eficiência de uso do Mg (condição dentro de cada dose).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,4598	0,1532	1,3338	0,2841
Dose	4	0,7867	0,1966	1,7114	0,1766
Condição:Dose - 0	1	0,0000	0,0000	0	1
Condição:Dose - 5	1	0,0226	0,0226	0,1968	0,6608
Condição:Dose - 10	1	0,9598	0,9598	8,3525	0,0075**
Condição:Dose - 20	1	0,1258	0,1258	1,0947	0,3047
Condição:Dose - 40	1	0,0338	0,0338	0,2944	0,5919
Resíduo	27	3,1028	0,1149		

Total	39	5,4915	0,1408
-------	----	--------	--------

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).

APÊNDICE CM – Teste Tukey eficiência de uso do Mg (dose 10 mL/vaso entre condições).

Dose	Condições	Médias
10 a	Não aerado	2,6348
10 b	Aerado	1,9420

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível: p < 0,1.

APÊNDICE CN – ANOVA eficiência de uso do Mg (dose dentro de cada condição).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	3	0,4598	0,1532	1,3338	0,2841
Condição	1	0,0169	0,0169	0,1471	0,7044
Dose:Condição - Aerado	4	1,7335	0,4333	3,7712	0,0146*
Dose:Condição - Não aerado	4	0,1783	0,0445	0,388	0,8153
Resíduos	27	3,1028	0,1149		
Total	39	5,4915	0,1408		

Significância: *** (p<0,001), ** (p<0,01), * (p<0,05), ° (p<0,1).