



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA
CAMPUS SETE LAGOAS**

WILLIAN GONÇALVES SOUZA

Aproveitamento de resíduos orgânicos para produção de organomineral *on-farm* enriquecido com fosforo (P)

Sete Lagoas, MG

2024

WILLIAN GONÇALVES SOUZA

**Aproveitamento de resíduos orgânicos para produção de organomineral
on-farm enriquecido com fosforo (P)**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Agrônômica.

Orientador: Prof. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior

Coorientador: Prof. Aline de Almeida Vasconcelos

Sete Lagoas, MG

2024

WILLIAN GONÇALVES SOUZA

**Aproveitamento de resíduos orgânicos para produção de organomineral
on-farm enriquecido com fosforo (P)**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Agrônômica.

Sete Lagoas, 14 de fevereiro de 2024.

Banca avaliadora:

Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior, Orientador — UFSJ-CSL

Cristiano Araújo Meira — UFSJ-CSL

Michel Antoni da Silva — UFSJ-CSL

SUMÁRIO

RESUMO	2
ABSTRACT	3
INTRODUÇÃO	4
OBJETIVO	4
REFERENCIAL TEÓRICO	5
METODOLOGIA	6
ANÁLISES TORTA DE FILTRO	7
Determinação de pH.....	7
Procedimentos.....	8
Umidade a 60 - 65°C.....	8
Procedimentos:	8
Carbono Orgânico Total (COT)	8
Matéria orgânica total (método da mufla).....	9
Procedimentos:	10
Análise granulométrica	10
Procedimento:.....	11
Procedimento	12
Análise de Dureza.....	12
Procedimento	13
Solubilidade	13
Análise de NPK do material orgânico.....	14
Obtenção de extrato Nitroperclórico:	14
Determinação de P	15
Determinação de K.....	15
Determinação N.....	15
Digestão	15
Destilação	15
Titulação	16
FORMULAÇÃO DO ORGANOMINERAL.....	16
Determinação P em água do organomineral.....	19
RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
Torta de Filtro.....	20
CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	29

RESUMO

A busca por fontes alternativas para produção de fertilizantes tem sido um assunto de grande relevância no setor agrônomico nacional. Isso se dá, devido a novos conceitos de manejo do setor, trazendo para o meio praticas mais sustentáveis e eficientes e a alta dependência do mercado externo no fornecimento de matéria prima. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo formular e avaliar a qualidade físico-química de um fertilizante organomineral fosfatado, com duas fontes de aditivos aglutinantes, amido de milho e bentonita em quatro teores desses aditivos (1,5%, 2,25%, 3% e 5%). O trabalho foi conduzido no laboratório de Química e Fertilidade e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de São João del Rei, e utilizou a torta de filtro de cana-de-açúcar como fonte orgânica. Foram realizadas análises de pH, umidade, carbono orgânico total, matéria orgânica total, análise granulométrica, densidade aparente, dureza, solubilidade e análise de nutrientes (NPK) do material orgânico e Fosforo (P) solúvel em água. Dentre os resultados obtidos, deve-se destacar o pH 5,75, Umidade 68,57% e teor de C.O.T médio igual a 40,68%, da torta de filtro. Já o parâmetros físicos do organomineral deve ser observado os parâmetros de dureza, apontando o tratamento 0, C e X com maiores dureza sendo 3,95; 3,33 e 2,58 kgf, respectivamente. Na análise de solubilidade os tratamentos com menor concentração de MAP, apresentam ser menos Soluveis, onde o tratamento 0 apresentou 34,43 g/L, X - 88,65 g/L e 10 - 122,30 g/L. Concomitantemente os tratamentos que apresentaram maior dureza, observou-se menor disponibilidade de P₂O₅ em água, tendo o tratamento 0 com 5,42% P₂O₅ disponível; Tratamento X - 16,63% e tratamento C com 35,4% de disponibilidade de P₂O₅. Embora haja a necessidade de melhorias na formulação do organomineral e estabilidade do material orgânico. Os resultados obtidos fornecerão informações importantes sobre a qualidade do fertilizante organomineral e sua viabilidade para produção de pequena escala.

Palavras chave: Orgânica; Torta de filtro; cana de açúcar; formulação; fertilizante.

ABSTRACT

The search for alternative sources for fertilizer production has been a subject of great relevance in the national agronomic sector. This is due to new management concepts in the sector, bringing more sustainable and efficient practices into the environment and the high dependence on the external market for the supply of raw materials. In this context, this study aims to formulate and evaluate the physicochemical quality of a phosphated organomineral fertilizer with two sources of binding additives, corn starch, and bentonite at four levels of these additives (1.5%, 2.25%, 3%, and 5%). The research was conducted at the Chemistry and Plant Nutrition and Fertility Laboratory of the Federal University of São João del Rei, using sugarcane filter cake as an organic source. Analyses were performed for pH, moisture, total organic carbon, total organic matter, particle size analysis, bulk density, hardness, solubility, and nutrient analysis (NPK) of the organic material and water-soluble phosphorus (P). Among the obtained results, it is worth highlighting the pH of 5.75, moisture of 68.57%, and average total organic carbon content of 40.68% in the filter cake. Regarding the physical parameters of the organomineral, the hardness parameters should be observed, with treatments 0, C, and X showing higher hardness values of 3.95, 3.33, and 2.58 kgf, respectively. In the solubility analysis, treatments with lower MAP concentration appear to be less soluble, where treatment 0 showed 34.43 g/L, X - 88.65 g/L, and 10 - 122.30 g/L. Concurrently, treatments that showed higher hardness exhibited lower availability of P₂O₅ in water, with treatment 0 having 5.42% available P₂O₅; Treatment X - 16.63%, and treatment C with 35.4% availability of P₂O₅. Despite the need for improvements in the formulation of the organomineral and stability of the organic material, the results obtained will provide important information about the quality of the organomineral fertilizer and its viability for small-scale production.

Keywords: Organic; Filter cake; Sugarcane; Formulation; Fertilizer.

INTRODUÇÃO

A atualmente a agricultura se depara com tópicos de sustentabilidade como um vetor essencial para a viabilidade ecológica e econômica. Nesse contexto, as alternativas dentro do mercado de fertilizantes e matérias-primas agrícolas no Brasil revela-se de suma importância, dada a centralidade desses insumos para a maximização da produtividade e a otimização de processos agrícolas.

Em consonância, o advento do Plano Nacional de Fertilizantes (PNF) se coloca como um instrumento estratégico para assegurar o acesso eficaz a fertilizantes, visando catalisar o desenvolvimento agrícola de maneira sustentável, considerando as nuances da agropecuária nacional (BRASIL 2021).

Contudo, a reflexão sobre alternativas aos fertilizantes convencionais surge como ponto crucial, com destaque para os fertilizantes orgânicos. Este nicho, embora promissor, demanda uma avaliação crítica de suas vantagens e desvantagens (Wang et al., 2024). Dentre os benefícios, a contribuição para a saúde do solo e a minimização do impacto ambiental são evidentes. Contudo, a menor uniformidade na liberação de nutrientes e o desafio logístico de produção em larga escala configuram-se como desafios intrínsecos.

Paralelamente, os organominerais emergem como uma alternativa inovadora e balanceada, associando elementos orgânicos e minerais para promover uma fertilização eficaz. As vantagens incluem a combinação sinérgica de nutrientes e a melhoria da estrutura do solo. No entanto, os desafios residem na complexidade da formulação e nos custos mais elevados de produção.

No tocante ao mercado organomineral, sua expansão é notável, refletindo a demanda crescente por soluções que conciliem eficiência e sustentabilidade. Este cenário aponta para uma transformação gradual nos padrões de demanda, sinalizando a ascensão de práticas agrícolas mais alinhadas com os princípios da sustentabilidade ambiental.

OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo estabelecer e avaliar a qualidade físico-química de fertilizante organomineral fosfatado com duas fontes de aditivo aglutinantes e quatro teores em sua formulação em produção on-farm.

REFERENCIAL TEÓRICO

A presença de matéria orgânica no solo (MOS) é um fator determinante na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, indo além do simples fornecimento de nutrientes. Essa presença influencia a densidade do solo, formação de agregados estáveis, proteção da superfície, manutenção das funções biológicas e o ciclo da água (Craswell & Lefroy, 2001). Solos ricos em MOS apresentam menor densidade, favorecendo práticas de menor impacto e estimulando o desenvolvimento radicular (Marcolin; Klein, 2011). A MOS atua como agente cimentante na formação de agregados, contribuindo para a estabilidade microbiana e vegetal.

Além disso, a MOS melhora a aeração e drenagem do solo, fundamentais para a respiração radicular e absorção de nutrientes. Solos com alto teor de MO têm maior capacidade de retenção de água, beneficiando o desenvolvimento das plantas e atividades microbiológicas. A consistência do solo também é modulada pela MO, afetando suas propriedades físicas em diferentes níveis de umidade (Cavaliere et al., 2006).

Quimicamente, a MOS fornece nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, contribuindo para o metabolismo vegetal. Solos ricos em MO formam reservatórios de nitrogênio, fósforo, enxofre e micronutrientes. Coloides orgânicos, como húmus, desempenham papel crucial na capacidade de troca catiônica (CTC), influenciando a disponibilidade de nutrientes (Hernani e Salton, 2021). A MOS ajusta o pH, aumenta o poder tampão do solo e corrige substâncias tóxicas.

A interação complexa entre MOS e fósforo destaca a importância de considerar a dinâmica do solo ao planejar práticas de manejo e fertilização. O aumento da MOS pode reduzir a fixação de fósforo e aumentar sua disponibilidade, com ressalvas para ambientes alcalinos (Rewat et al., 2021). A ocupação dos sítios de carga positiva dos coloides mitiga a adsorção de P, promovendo a redução da passagem de P-lábil para P não lábil.

O fósforo (P) é um macronutriente crucial para processos como respiração, fotossíntese e transferência de energia celular (Zahed et al., 2022). Pode ser encontrado nas formas orgânica (Po) e inorgânica (Pi). A disponibilidade de fósforo no solo é vital para o crescimento radicular, produção de energia e fotossíntese, mas sua concentração é afetada por processos químicos e biológicos no sistema solo-planta.

O intemperismo libera fósforo no solo, mas em condições como baixo pH, sua solubilidade diminui. Fontes orgânicas influenciam sua disponibilidade, e a competição

solo-planta pode torná-lo menos disponível. A solução para garantir um equilíbrio na disponibilidade de fósforo no solo é manter um estoque P-lábil na fase sólida. A busca por soluções sustentáveis para a produção agrícola destaca a importância da pesquisa e inovação, incluindo fertilizantes de liberação controlada e fontes alternativas de nutrientes (Rehman et al., 2022).

A torta de filtro de cana-de-açúcar destaca-se como uma alternativa valiosa na agricultura, oferecendo benefícios físicos, químicos e ambientais. Sua composição equilibrada de nutrientes, forma granular e liberação gradual tornam-na uma opção completa e sustentável. Seu uso pode contribuir não apenas para melhorar a qualidade do solo e a retenção de umidade, mas também para a gestão de resíduos da indústria sucroalcooleira.

No cenário brasileiro, a dependência de importação de matérias-primas para fertilizantes destaca a necessidade de estratégias nacionais. O Plano Nacional de Fertilizantes visa reduzir essa dependência, incentivar práticas eficientes e promover o uso de resíduos orgânicos (Brasil, 2021). O desafio reside na logística e estabilização de insumos orgânicos.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no laboratório de Química e Fertilidade e Nutrição de plantas da Universidade Federal de São João del Rei – Campus Sete Lagoas (UFSJ-CSL), localizado na região central de Minas Gerais

Para formulação do organomineral foi adotado como fonte orgânica a torta de filtro, um subproduto de usina sucroalcooleira. Para determinação das suas características químicas, foram feitas 10 amostragens em diferentes pontos do material, em seguida as amostras foram homogeneizadas para obtenção de uma amostra composta. Após obtenção da amostra, a mesma foi levada a estufa de circulação forçada, à uma temperatura de 55°C, para secagem do material até peso constante. Após seco, o material foi passado em moinho faca com objetivo de se obter o material em pó para realização de análises químicas e formulação do produto.

Os tratamentos foram separados da seguinte forma:

Tabela 1: Descrição de tratamentos em razão do teor de aditivos

0	Om sem uso de MAP e 3% de Bentonita
1	Om com 1,5% de Amido
2	Om com 2,25% de Amido
3	Om com 3% de Amido
4	Om com 5% de Amido
5	Om com 1,5% de Bentonita
6	Om com 2,25% de Bentonita
7	Om com 3% de Bentonita
8	Om com 5% de Bentonita
9	Om sem uso de aditivo
10	Om com menor teor de MAP
C	Adubo comercial Super fosfato triplo
X	Adubo Om comercial.

Om - Organomineral

Composição de matéria prima de cada tratamento - *vide* Tópico: Formulação do organomineral, Tabela 03.

Os parâmetros seguidos para formulação foram baseados na Instrução normativa n. 61 de julho de 2020. Que tem como objetivo estabelecer parâmetros exigências, especificações, garantias e tolerâncias sobre registro, embalagem e rotulagem de fertilizantes orgânicos e biofertilizantes destinado a agricultura (BRASIL, 2020). Para realização das análise físico-química foram adotadas metodologias “Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos” (Brasil, 2017) e “Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes” (Silva FC da., 2023)

ANÁLISES TORTA DE FILTRO

Determinação de pH

Para a determinação do pH do fertilizante orgânico foram utilizados:

- Béquer de 100mL;
- 10g de amostra
- 50mL de solução de Cloreto de cálcio (CaCl₂) 0,01M;
- pHmetro de bancada;
- Balança digital;
- Bastão de vidro.

Procedimentos

Este método consiste na utilização CaCl_2 a 0,01M.

Após calibração do pHmetro em soluções padrão pH 7,0 e 4,0. Foram pesados em bequer 10 g da amostra em triplicata, em seguida adicionado 50 ml da solução CaCl_2 . As amostras foram agitadas por aproximadamente 30 segundos e deixadas em repouso por 30 minutos. Após período de repouso foi feita agitação novamente e realizado leitura do pH.

Umidade a 60 - 65°C

Para determinação da umidade foram utilizados os seguinte materiais e equipamentos:

- Bandeja de alumínio;
- Amostra úmida;
- Balança digital;
- Estufa de circulação forçada;
- Espátula.

Procedimentos:

Em triplicata realizou-se a pesagem das bandejas (B1, B2 e B3) de alumínio de massa 280,04g, 376,82g e 368,77g, respectivamente. Em seguida foram adicionadas as seguintes quantidades de amostras 328,96g em B1, 986,88g em B2 e 657,92g em B3. As quais foram levadas para estufa de circulação forçada a 65°C e novamente pesadas após período de 16h.

Carbono Orgânico Total (COT)

Para determinação COT do fertilizante orgânico (FO), foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Balança analítica;
- Analisador COT
- Barquinhas de porcelana
- Fibra de cerâmica

- Pinça
- Almofariz e pistilo
- Peneira 270 mesh

O carbono orgânico foi determinado através do analisador de COT TOC-L, Fig. 1, por meio da combustão do material submetido a temperatura de 900°C, quando o carbono orgânico da amostra é oxidado gerando dióxido de carbono (CO₂), este é filtrado e quantificado em porcentagem pelo equipamento.



Fig. 01: Analisador de Carbono Orgânico Total TOC – L.

Para determinação do COT foi pesado aproximadamente 0,025g da amostra, seca em estufa de circulação forçada e triturada em moinho faca, macerada em almofariz e passada em peneira 270 mesh. Após preparo da amostra as amostras foram levadas ao analisador.

Matéria orgânica total (método da mufla)

Para determinação da matéria orgânica total (MOT) foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais:

- Cadinho de porcelana;
- 2g amostra fertilizante orgânico seco;
- Mufla;

- Balança digital;
- Dessecador;
- Pinça.

Procedimentos:

Tirado a tara dos cadinhos, foram transferidos aproximadamente 2g de material, onde foi levado para a mufla (Fig. 01) com aumento gradual de temperatura até atingir 600°C, permanecendo a essa temperatura por 4 horas. Em sequência foram levadas ao dessecador para serem resfriadas e novamente pesadas.



Fig. 02: Análise matéria orgânica (Mufla)

Análise granulométrica

A análise granulométrica tem por finalidade caracterizar a natureza física do produto, podendo ser classificado como: Granulo ou mistura de grânulos, pó, farelo ou pellet. (MAPA,2020). Para isso o cálculo foi feito cálculo a partir do peso do material retido em cada peneira.

Porcentagem da amostra passante na 1ª peneira	$\%Pen.1 = \frac{100 - R1 * 100}{G}$	(a)
--	--------------------------------------	-----

$$\text{Porcentagem da amostra passante na 2ª peneira} \quad \% \text{Pen.2} = 100 - \frac{(R1+R2) * 100}{G} \quad (\text{b})$$

$$\text{Porcentagem da amostra passante na 3ª peneira} \quad \% \text{Pen.3} = 100 - \frac{(R1+R2+R3) * 100}{G} \quad (\text{c})$$

Sendo:

G = massa da amostra analisada, em gramas

R1 = massa da fração retida na 1ª peneira especificada, em gramas

R2 = massa da fração retida na 2ª peneira especificada, em gramas

R3 = massa da fração retida na 3ª peneira especificada, em gramas

Para análise granulométrica foram adotados os seguintes materiais e equipamentos:

- Peneiras tipo Tyler com 1, 2 e 4,8mm;
- Balança digital;
- Agitador mecânico;
- Bandeja.

Procedimento:

Para realização da análise foi pesado aproximadamente 80,00g da amostra seca. Em sequência foi feita a montagem das peneiras no agitador, onde a peneira de 4,8mm foi colocada na parte superior, em sequência a peneira de 2mm e abaixo a peneira de 1 mm. Em seguida foi adicionado a amostra e ao final pesado separadamente as amostras retidas em cada parte do sistema e calculado as frações retidas nas peneiras.



Fig. 03: Mesa vibratória

Densidade Aparente

Materiais e equipamentos necessários para determinação:

- Proveta de 100mL;
- Balança digital;
- Amostra seca e triturada.

Procedimento

Após tarar a proveta foi adicionado amostra do FO até atingir a marca de 100mL e pesado em sequência (Figura 00). Esse procedimento foi repetido por 6 vezes. Ao final foi calculado individualmente a densidade para obtenção da média.

Análise de Dureza

Para análise de dureza foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Dinamômetro digital IP-90DI IMPAC
- Amostra organomineral



Fig. 04: Dinamômetro/Durometro

Procedimento

A dureza do grânulo foi analisada a partir de um dinamômetro, para isso foram utilizados 15 grânulos de cada tratamento para obtenção da média. O processo consiste em submeter o grânulo a uma força de compressão até que ocorra a quebra do mesmo.

Solubilidade

Para a obtenção da solubilidade foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Agitador horizontal;
- Água com pH entre 5,5 e 6,5
- Recipiente 100mL
- Papel filtro
- Funil
- Estufa de secagem
- pHmetro
- Amostra do organomineral

Para determinação da solubilidade foi pesado 12,5 g do FO, em seguida os mesmos foram colocados nos recipientes e adicionado 50ml de água. Em sequência os m foram levados para o agitador horizontal por 15 minutos a 180 rpm. Posteriormente as amostras foram deixadas em repouso por 72hs, quando o mesmo foi novamente agitado por um minuto e realizado leitura do pH e Condutividade. Para a filtragem do material os papeis filtro foram pesados e anotado valor, passa-se o material agitado no filtro, em seguida o material retido no filtro foi levado a estufa de secagem a 60°C até atingir peso constante. Após secagem foi realizado a pesagem e feito relação de peso inicial e final.

Análise de NPK do material orgânico

Para determinação de P e K é necessário que haja digestão nitroperclorica para obtenção do extrato. Para isso serão utilizados os seguintes equipamentos:

Tubo digestores

Bloco digestor

Capela de exaustão

Proveta

Amostra seca e triturada

Obtenção de extrato Nitroperclórico:

Pesou-se 0,5 g do material vegetal seco e triturado, em seguida a mesma foi adicionada a tubos

Digestores. Dentro da capela de exaustão adicionou-se 10mL de solução nítrico-perclórica

2:1 (v/v), e realizado agitação para homogeneizar. Levado os tubos para o bloco digestor, o aumento da temperatura foi feito de forma gradual de 20°C em 20°C, até atingir a temperatura de 220°C. A qual foi mantida, por aproximadamente 3 horas, até a formação de fumos brancos e extrato de coloração clara. Após esfriada, ainda na capela

foi adicionado 5mL de água destilada, em seguida o extrato foi transferido para proveta e completada com água destilada para 50mL.

Determinação de P

Para a determinação do P em espectrofotômetro:

Em copo descartáveis de 50 mL, foi pipetado 1mL do EXTRATO NITROPERCLORÍCO, adicionado 9 mL do RT reagente de trabalho. Aguardou-se de 10 a 15 minutos para realização da leitura da densidade ótica no espectrofotômetro com comprimento e onda de 725 nm.

Determinação de K

Para determinar o K em fotometria de chama:

Em tubos de 50mL, foi pipetado 2 ml do EXTRATO NITROPERCLORÍCO e adicionado água de osmose até completar 20mL. Em seguida o extrato foi levado ao fotômetro de chama, onde foi realizado a leitura.

Determinação N

A determinação de N foi realizada utilizando método proposto por Kjeldahl (1883).

Digestão

Pesou-se 0,2 g da amostra de material vegetal e transferida para o tubo digestor. Em seguida foi adicionado 1 g da mistura digestora e adicionar 10 ml de Ácido Sulfúrico concentrado. O tubo foi colocado no bloco digestor à 50°C e com aumento gradual da temperatura até atingir 370°C. Em seguida foi adicionado 1 mL de Peroxido de Hidrogênio (H₂O₂) e aguardado até assumir uma cor clara. Após esfriado foi adicionado aproximadamente 10 ml de água destilada

Destilação

Em Erlenmeyer de 125mL foi adicionado 25mL da solução de ácido bórico (H₃BO₃) mais indicador. O tubo digestão foi encaixado no destilador e o erlenmeyer colocado na saída do mesmo. Em seguida foi adicionado 15mL de Hidróxido de Sódio (NaOH) 13N, lentamente ao tubo através do copo medidor do aparelho. O processo de

destilação é realizado até que a solução de ácido bórico no erlenmeyer atinja aproximadamente o dobro do volume inicial.

Titulação

Em seguida foi realizado a titulação da solução utilizando HCL 0,07143 N, até que a solução assumisse coloração rosa escuro.

FORMULAÇÃO DO ORGANOMINERAL

Após determinado os teores de N – P₂O₅ – K₂O e COT do fertilizante orgânico, Tab.01, todos os parâmetros foram inseridos em uma planilha, onde foi calculado a quantidade necessária de cada elemento com objetivo de se ter o formulado 10 – 30 – 0 + 10 COT.

Tabela 2: Materiais e teor nutrientes usados na composição do organomineral

Material	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	COT
	----- % -----			
<i>Torta Filtro</i>	2,01	0,458	0,137	40
<i>Super Fosfato Triplo (ST)</i>	-	44	-	-
<i>MAP</i>	12	61	-	-
<i>Ureia</i>	44	-	-	-

Para realização dos cálculos foi utilizado a ferramenta Solver do software Excel®, de acordo com os teores de Bentonita e Amido de milho a ser utilizada no fertilizante. Dessa forma obteve-se as seguintes proporções.

Tabela 3: Composição por materia prima em percentual

Id.	Amido	Bentonita	MAP	S.T	Torta	Ureia
	----- % -----					
0	-	3	-	53,8	25	18,2
1	1,5	-	28,8	28,8	25,3	15,6
2	2,3	-	28,6	28,6	25	15,5
3	3	-	28,2	28,2	25	15,6
4	5	-	27	27	25	16

5	-	1,5	28,8	28,8	25,3	15,6
6	-	2,3	28,6	28,6	25	15,5
7	-	3	28,2	28,2	25	15,6
8	-	5	27	27	25	16
9	-	-	28,6	28,6	27,9	14,9
10	-	3	14,55	45,51	25	11,94

Após realização dos cálculos de formulação, os materiais foram preparados, pesados e levados a betoneira onde foi realizado a mistura e processo de granulação



Fig. 05: Processo inicial granulação

Adicionado os materiais na betoneira, com exceção da ureia, foi feito uma mistura a seco durante 30 a 45 segundos para completa homogeneização do material. Após esse período foi adicionado aproximadamente 20%, do peso total da mistura, de água de forma gradativa proporcionando umidificação uniforme, evitando a formação de grúmulos.

Com a formação dos grânulos os mesmos foram passados em peneira para padronização de diâmetros inferiores a 4,8mm. Os grânulos com tamanhos superiores ao estabelecido foram repassados em peneiras para desaglutinação e inseridos novamente na betoneira para reestruturação do granulo.

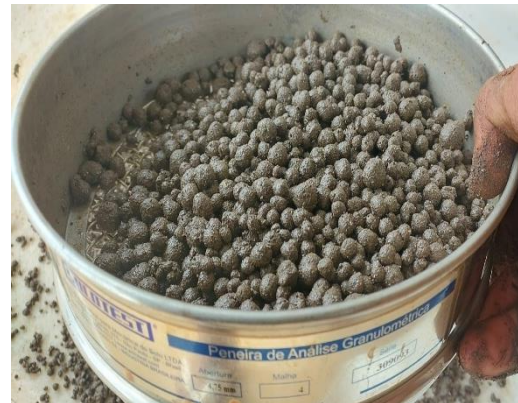


Fig. 06: Granulação

Ao fim da etapa de granulação o material foi levado para secagem em estufa de circulação forçada nas 55°C e 120°C, por 48h e 60 minutos respectivamente. Após seco foi acionado ureia granulada conforme cálculo de formulação.



Fig. 07: Secagem dos grânulos

Determinação P em água do organomineral

Fundamenta-se na extração com água do fósforo presente na amostra. Em seguida procede-se à formação de um complexo colorido entre o fosfato e os reagentes vanadato e molibdato de amônio, de cor amarela, cuja absorbância é medida a 400-420 nm. Teor expresso como pentóxido de fósforo (P₂O₅). (BRASIL, 2017)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Torta de Filtro

Para determinar a viabilidade da torta de filtro como componente do organomineral, foram realizadas as seguintes análises: pH em CaCl₂, umidade (U%), carbono orgânico total (COT) e teor de matéria orgânica (Mufla).

Os valores das medias de pH encontrados para cada repetição estão representados na tabela 4.

Tabela 4: Medias de valores de pH para torta de filtro

REPETIÇÃO	pH
R1	5,46
R2	5,7
R3	5,85
R4	5,92
R5	5,81
pH médio	5,75

Fontes: Autores. Sete Lagoas, 2024.

Na tabela 5 estão representados os valores obtidos para análise de umidade do material orgânico a 65°C

Tabela 5: Média de peso (g) da torta de filtro para análise de umidade 65°C

AVALIAÇÃO	PESO
Tara da bandeja	368,77
Tara + Amostra úmida	1023,69
Peso da amostra úmida (p)	654,92
Tara + Peso da amostra seca 65°C	574,62
Peso da amostra seca a 65°C (p1)	205,85

Fontes: Autores. Sete Lagoas, 2024

Para cálculo de umidade (a 60 – 65°C) foi adotado a equação de (KIEHL, 1985) a partir dos dados da Tabela 5.

$$\%U_{65^{\circ}\text{C}} = \frac{100 * (p - p1)}{p}$$

$$\%U_{65^{\circ}\text{C}} = \frac{100 * (654,92 - 205,85)}{654,92}$$

$$\%U_{65^{\circ}\text{C}} = 68,57$$

Onde:

$\%U_{65^{\circ}\text{C}}$ – Umidade em percentual a 65°C

P – Peso matéria úmida

P1 – Peso matéria seca

Para se ter homogeneização e aumento da área de contato do material, foram utilizadas triplicatas da amostra, maceradas e passadas em peneira de 270 mesh, para determinação do COT do material orgânico (Tabela 6). O teor médio encontrado foi de 40,68%, sendo adotado 40% para fins de cálculo de formulação do organomineral.

Tabela 6: Percentual médio do teor COT da torta de filtro

REPETIÇÃO	TEOR
R1	40,82%
R2	40,35%
R3	40,86%
Média	40,68%

Fontes: Autores.

Sete Lagoas, 2024

O método de determinação da matéria orgânica na mufla, foi realizado pela quantificação do resíduo mineral após combustão do material submetido a temperatura de 600°C durante o período de 4 horas. Através das diferenças de peso (Tabela 7) foi quantificado o teor de matéria orgânica do resíduo mineral (cinzas).

Tabela 7: Peso (g) amostra para determinação de matéria orgânica

AVALIAÇÃO	PESO
Tara do cadinho	16,6084
Tara + Amostra	18,6100
Peso amostra	2,0013
Tara + Peso cinza	17,1678

Fontes: Autores. Sete Lagoas, 2024

Para obtenção do teor de matéria orgânica presente na amostra foi calculado a diferença entre o material inicial e a peso da cinza após a queima, em sequência mensurado o percentual.

$$\frac{2,0013}{1,4422} \times 100 = X$$

$$X = 72,06$$

Dessa forma, apresentando 72,06% de matéria orgânica.

A utilização da torta de filtro como fertilizante orgânico tem sido amplamente estudada devido aos seus potenciais benefícios para o crescimento vegetal. Estudos demonstraram que doses maiores desse resíduo sólido resultam em um crescimento mais vigoroso e robusto de diversas culturas, incluindo alface americana, tomate e cafeeiro (Santana et al., 2012; Silva et al., 2013; Barros et al., 2014; Sampaio, 1987).

Entretanto, a eficácia da torta de filtro como fertilizante orgânico está sujeita a regulamentações governamentais, como as estabelecidas pelo Ministério da Agricultura,

Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2020), que limitam o teor máximo de umidade permitido. Apesar de sua alta capacidade de retenção de água, com capacidade de absorver até 150% de umidade, a umidade da torta de filtro encontrada no estudo em questão excedeu os limites estabelecidos pela regulamentação, apresentando 68,75% (MAPA, 2020).

Além disso, o pH da torta de filtro também se mostrou abaixo do exigido pela legislação, estando em 5,75. Conforme a Instrução Normativa 61, o pH do composto orgânico deve ser superior a 6,00. Esses resultados indicam a necessidade de um maior tempo de processamento, incluindo decomposição e secagem, para adequar a torta de filtro aos padrões regulatórios e garantir sua eficiência como componente organoimineral.

Por outro lado, a determinação do teor de carbono orgânico total (COT) e da matéria orgânica presente na torta de filtro revelou valores significativos, com 40,68% de COT e 72,06% de matéria orgânica. A presença de matéria orgânica no solo é crucial para melhorar suas propriedades físicas, químicas e biológicas, contribuindo para a formação de agregados estáveis, redução da densidade do solo e estimulando o desenvolvimento radicular (Craswell & Lefroy, 2001; Marcolin & Klein, 2011).

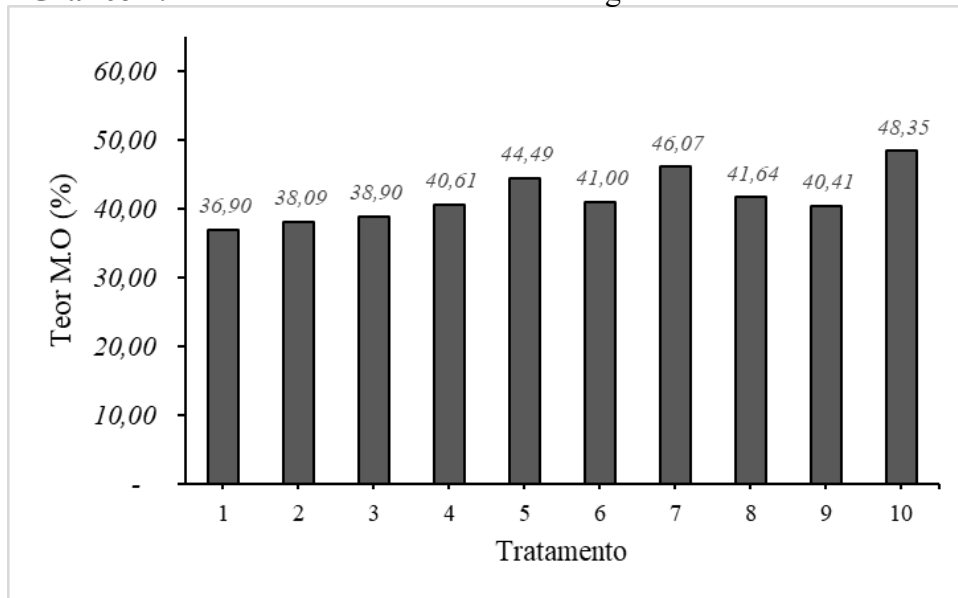
Em síntese, embora os estudos prévios destaquem os benefícios da torta de filtro para o crescimento vegetal, é necessário considerar as regulamentações e os requisitos de qualidade impostos pelos órgãos reguladores. O ajuste dos processos de produção para atender a esses padrões é essencial para garantir a eficácia e a segurança do uso da torta de filtro como fertilizante orgânico.

Organomineral

Para o organomineral feito a partir da torta de filtro foram avaliados os seguintes parâmetros: Teor de Matéria Orgânica (Mufla), Granulometria, Densidade, Dureza, Solubilidade e Teor de P em água.

Os Teores de MO (Mufla) não apresentaram diferenças significativas nos teores de matéria orgânica para as concentrações de aditivos, como é possível observar no Gráfico 1.

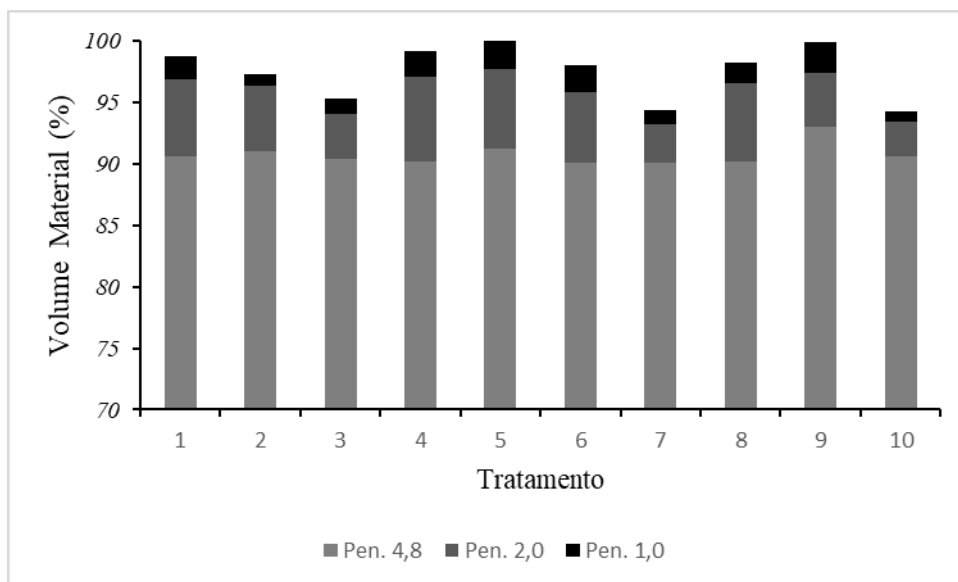
Gráfico 1: Teores de M.O determinada no organomineral



Tratamentos: 0 – Om sem uso de MAP e 3% de Bentonita; 1 – Om com 1,5% de Amido; 2 – Om com 2,25% de Amido; 3 – Om com 3% de Amido; 4 – Om com 5% de Amido; 5 – Om com 1,5% de Bentonita; 6 – Om com 2,25% de Bentonita; 7 – Om com 3% de Bentonita; 8 – Om com 5% de Bentonita; 9 – Om sem uso de aditivo e 10 – Om com menor teor de MAP

Foram determinados os percentuais do organomineral retido em cada peneira (Gráfico 2), e a natureza física do material pôde ser classificada como granulo (Brasil, 2020). No entanto, não foi apresentada diferença entre os diferentes teores e fontes de aditivos adotados.

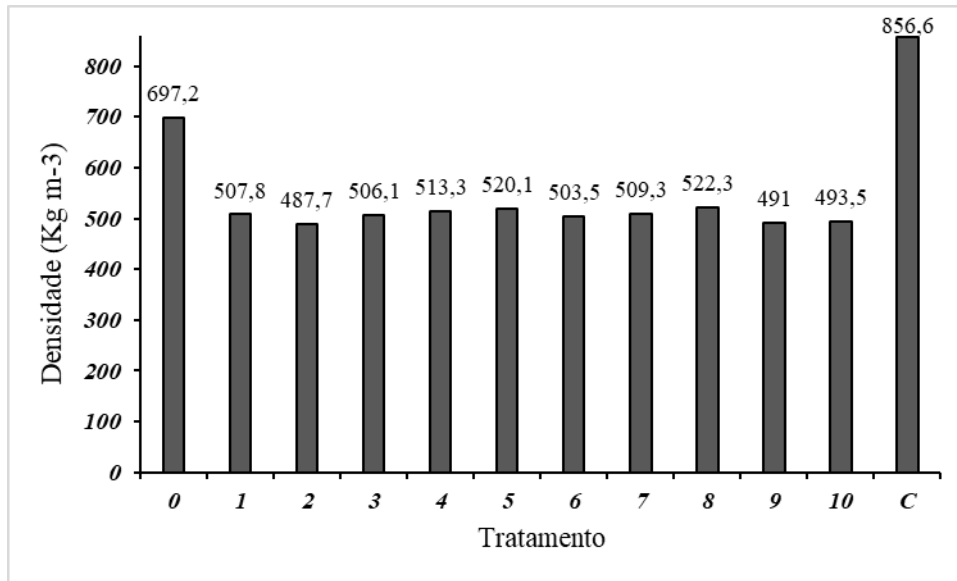
Gráfico 2: Determinação granulométrica do organomineral



Tratamentos: 0 – Om sem uso de MAP e 3% de Bentonita; 1 – Om com 1,5% de Amido; 2 – Om com 2,25% de Amido; 3 – Om com 3% de Amido; 4 – Om com 5% de Amido; 5 – Om com 1,5% de Bentonita; 6 – Om com 2,25% de Bentonita; 7 – Om com 3% de Bentonita; 8 – Om com 5% de Bentonita; 9 – Om sem uso de aditivo e 10 – Om com menor teor de MAP

A densidade do organomineral para cada tratamento foi calculada por meio da relação massa/volume, e seus resultados estão representados no Gráfico 3.

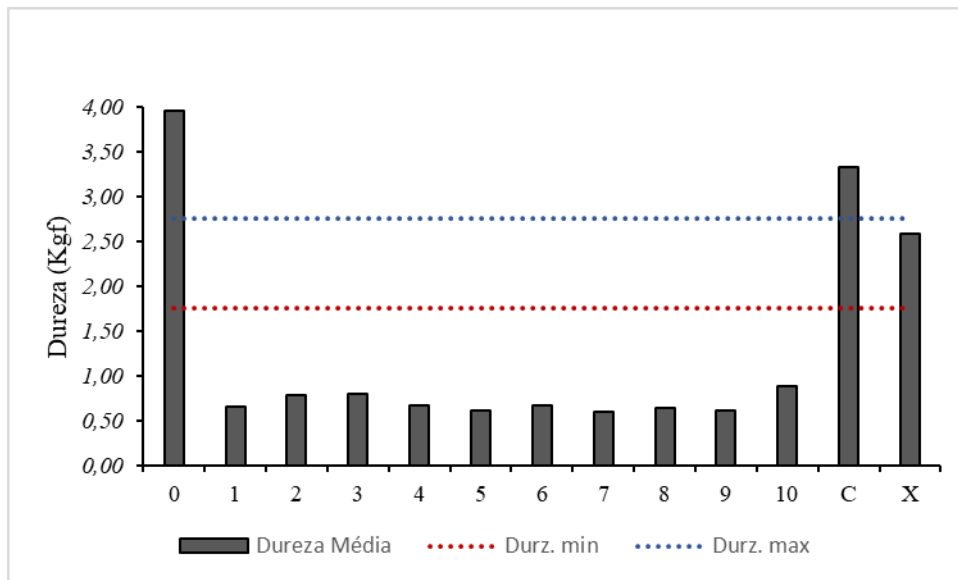
Gráfico 3: Determinação densidade do organomineral



Tratamentos: 0 – Om sem uso de MAP e 3% de Bentonita; 1 – Om com 1,5% de Amido; 2 – Om com 2,25% de Amido; 3 – Om com 3% de Amido; 4 – Om com 5% de Amido; 5 – Om com 1,5% de Bentonita; 6 – Om com 2,25% de Bentonita; 7 – Om com 3% de Bentonita; 8 – Om com 5% de Bentonita; 9 – Om sem uso de aditivo; 10 – Om com menor teor de MAP e C – Superfosfato Triplo

No Gráfico 4 estão representados os resultados de dureza obtidos para cada tratamento. Todos os tratamentos contendo MAP em sua composição foi observado dureza inferior a 1 Kgf, apresentando baixa resistência a capacidade de carga.

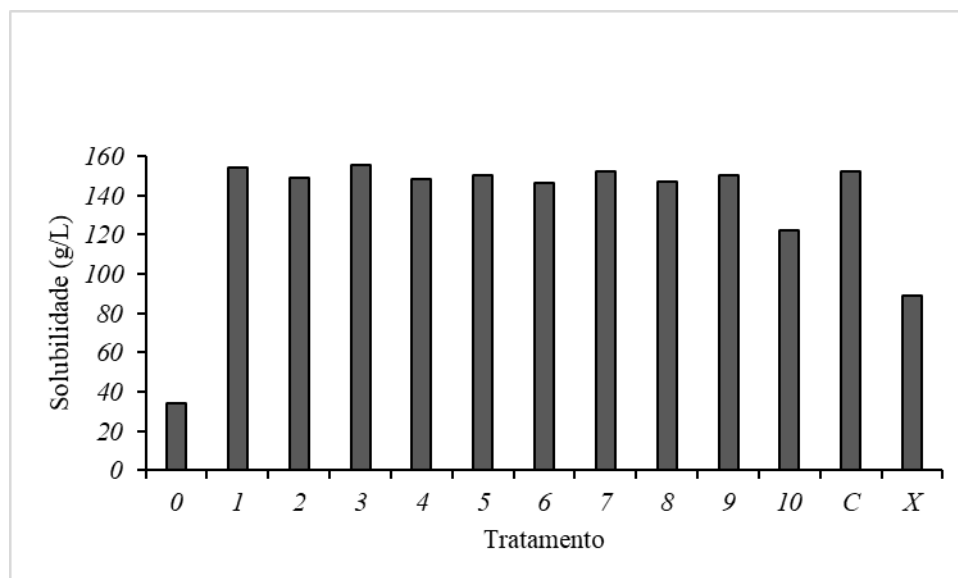
Gráfico 4: Determinação da dureza do organomineral



Tratamentos: 0 – Om sem uso de MAP e 3% de Bentonita; 1 – Om com 1,5% de Amido; 2 – Om com 2,25% de Amido; 3 – Om com 3% de Amido; 4 – Om com 5% de Amido; 5 – Om com 1,5% de Bentonita; 6 – Om com 2,25% de Bentonita; 7 – Om com 3% de Bentonita; 8 – Om com 5% de Bentonita; 9 – Om sem uso de aditivo; 10 – Om com menor teor de MAP; C – Superfosfato Triplo e X – Organomineral comercial

No Gráfico 5 estão representados os valores medios de solubilidade (g/L), onde os tratamentos de 1 a 9 demonstraram níveis de solubilidade semelhantes ao Superfosfato triplo (C), enquanto o tratamento 0, sem MAP, exibiu solubilidade próxima ao Superfosfato simples, sugerindo uma liberação lenta do fertilizante.

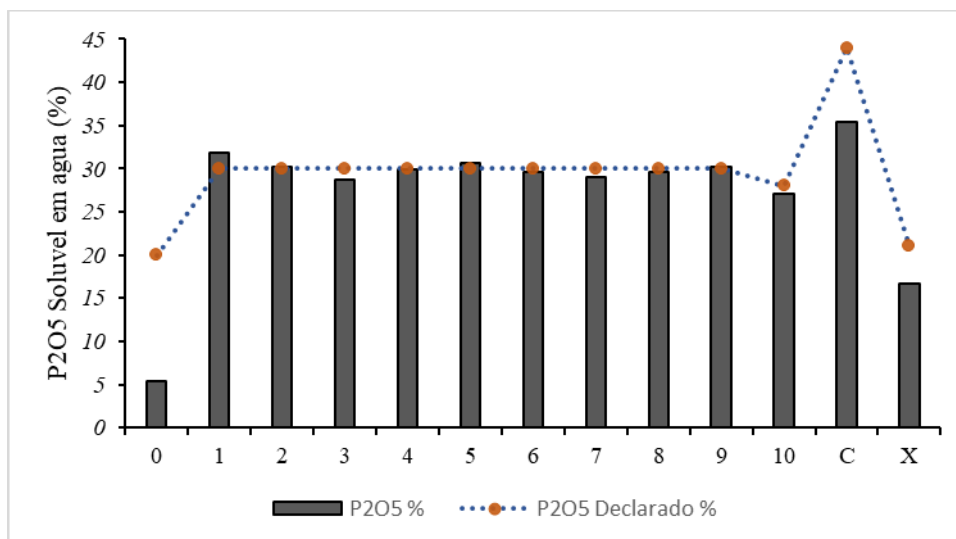
Gráfico 5: Determinação solubilidade do organomineral



Tratamentos: 0 – Om sem uso de MAP e 3% de Bentonita; 1 – Om com 1,5% de Amido; 2 – Om com 2,25% de Amido; 3 – Om com 3% de Amido; 4 – Om com 5% de Amido; 5 – Om com 1,5% de Bentonita; 6 – Om com 2,25% de Bentonita; 7 – Om com 3% de Bentonita; 8 – Om com 5% de Bentonita; 9 – Om sem uso de aditivo; 10 – Om com menor teor de MAP; C – Superfosfato Triplo e X – Organomineral comercial

Os teores de P em água estão representados no Gráfico 6, onde pode se observar as menores porcentagens de P₂O₅ para os tratamentos 0 e X. é possível observar também que as amostras 1,2,4,5,8 e 9 possuem valores de P₂O₅ próximos ou iguais aos apresentados.

Gráfico 6: Teor P₂O₅ em água do organomineral



Tratamentos: 0 – Om sem uso de MAP e 3% de Bentonita; 1 – Om com 1,5% de Amido; 2 – Om com 2,25% de Amido; 3 – Om com 3% de Amido; 4 – Om com 5% de Amido; 5 – Om com 1,5% de Bentonita; 6 – Om com 2,25% de Bentonita; 7 – Om com 3% de Bentonita; 8 – Om com 5% de Bentonita; 9 – Om sem uso de aditivo; 10 – Om com menor teor de MAP; C – Superfosfato Triplo e X – Organomineral comercial

A classificação granulométrica desempenha um papel crucial nas estratégias de manejo agrícola, influenciando a forma como os fertilizantes são distribuídos e sua eficácia no solo, além dos métodos de aplicação. Embora o MAPA (2020) não exija a análise de densidade para fertilizantes sólidos, compreender essa medida é essencial para assegurar a competitividade comercial do produto. Em comparação com o supertriplo comercial, os demais tratamentos exibiram uma densidade consideravelmente menor, o que indica disparidades significativas na qualidade e no desempenho dos fertilizantes.

A qualidade dos grânulos está diretamente relacionada à sua dureza, impactando não apenas a logística e o armazenamento, mas também a liberação de nutrientes. Grânulos mais duros oferecem vantagens logísticas e de armazenamento, porém liberam nutrientes de forma mais controlada (JUNIOR et al., 2012).. Por outro lado, grânulos menos duros liberam nutrientes mais rapidamente, mas têm uma capacidade de armazenamento inferior, aumentando o risco de perdas no solo. A solubilidade, determinada pela relação entre soluto e solvente, é um fator crucial que influencia a liberação de nutrientes (VITTI

et al. 1994, JUNIOR et al., 2012). Os tratamentos avaliados apresentaram níveis adequados de solubilidade, com formulações contendo MAP mostrando valores próximos ao Superfosfato triplo, enquanto as formulações sem MAP se assemelhavam ao Superfosfato simples, indicando uma liberação mais lenta de nutrientes. A relação entre a dureza dos grânulos e sua solubilidade também é notável, evidenciando que grânulos mais duros tendem a ser menos solúveis, e vice-versa (BORGES, et al 2011). A redução da dureza dos grânulos os torna mais suscetíveis a danos durante o armazenamento, transporte e manuseio do fertilizante, o que compromete sua viabilidade comercial (JUNIOR et al., 2012). Os teores de fósforo em água, conforme representados no Gráfico 6, revelam menores porcentagens de P_2O_5 nos tratamentos 0 e X. Além disso, observa-se que outras amostras (1, 2, 4, 5, 8 e 9) possuem teores de P_2O_5 próximos ou iguais aos apresentados.

A busca por soluções sustentáveis na agricultura destaca a importância da pesquisa e inovação, incluindo o desenvolvimento de fertilizantes de liberação controlada e o uso de fontes alternativas de nutrientes, para garantir a disponibilidade adequada de nutrientes no solo e promover práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis (Rehman et al., 2022).

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou a eficácia na produção de um fertilizante organomineral Classe A, viável para produção em pequena escala, visando seu uso para estudos e desenvolvimento de tecnologia. Contudo, a estabilização da torta de filtro de cana-de-açúcar, requer aprimoramentos.

Os tratamentos apresentaram teores de P_2O_5 prontamente disponível, em sua totalidade declarada. Dessa forma, não apresentando interferências dos tratamentos na liberação de fósforo.

REFERÊNCIAS

Barros, P. C. S.; Costa, A. R.; Silva, P. C.; Costa, R. A. (2014). **Torta de filtro como biofertilizante para produção de mudas de tomate industrial em diferentes substratos**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 9(1), 265-270.

Brasil. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Instrução Normativa n. 61**, julho. 2020.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos / **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA, 2017. 240 p. ISBN 978-85-7991-109-5

Brasil. Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (PNF 2050), **Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos**. Brasília: SAE, 2021 195 p.1v.: il.

Cavaliere, K. M. V., et al. **Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, p. 137-147, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000100014>.

Craswell, E., Lefroy, R. **The role and function of organic matter in tropical soils**. Nutrient Cycling in Agroecosystems 61, 7–18 (2001). <https://doi.org/10.1023/A:1013656024633>.

Hernani, Luiz Carlos; Salton, Júlio Cesar. **Matéria Orgânica**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto/fundamentos/beneficios/ao-solo/quimica-do-solo/materia-organica> Acesso em: 10 de fev de 2024.

KIEHL, Edmar José. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda.,1985. 492p.

Leite, Luiz Fernando Carvalho. **Matéria Orgânica do Solo**, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36210/1/Doc97.pdf> Acesso em: 10 de fev de 2024.

MARCOLIN, Clovis Dalri; KLEIN, Vilson Antonio. **Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima**. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 33, p. 349-354, 2011.

Rawat, P., Das, S., Shankhdhar, D. Et al. **Phosphate-Solubilizing Microorganisms: Mechanism and Their Role in Phosphate Solubilization and Uptake**. J Soil Sci Plant Nutr 21, 49–68 (2021). <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00342-7>

Rehman, A., Farooq, M., Lee, DJ. Et al. **Sustainable agricultural practices for food security and ecosystem services**. Environ Sci Pollut Res 29, 84076–84095 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23635-z>

REIS JUNIOR, R. Dos A.; SILVA, D. R. G. **Avaliação das características físicas e físico-químicas de fertilizantes Nitrogenados e fosfatados revestidos por polímeros.** Revista Magistra, Cruz das Almas, v. 24, n. 2, p. 145-150, abr./jun. 2012.

Sampaio, J. B. R. (1987). **Efeito da torta de filtro como adubo orgânico visando uma complementação ou substituição parcial da adubação mineral (NPK) no desenvolvimento do cafeeiro (C. Arabica L.).** Lavras: ESAL, 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

Santana, C. T. C.; Santi, A.; Dallacort, R.; Santos, M. L. (2012). **Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro.** Revista Ciência Agronômica, 43(1), 22-29.

Silva, A. S. N. Da. (2013). **Doses de fósforo e de potássio na produção da alface.** Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal.

SILVA, FC da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p. 2023.

SOUSA, V. F. De et al., (Ed.). (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Cap. 7, p. 253-264.

Zahed, M.A., Salehi, S., Tabari, Y. Et al. **Phosphorus removal and recovery: state of the science and challenges.** Environ Sci Pollut Res 29, 58561–58589 (2022).
<https://doi.org/10.1007/s11356-022-21637-5>