



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

**TECNOLOGIAS DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS, FONTES
ORGÂNICAS E BIOPOLÍMERO**

VINICIUS WILLIAM BORGES RODRIGUES

2022

VINICIUS WILLIAM BORGES RODRIGUES

**TECNOLOGIAS DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS, FONTES
ORGÂNICAS E BIOPOLÍMERO**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, área de
concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de
“Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Reginaldo Camargo

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS – BRASIL

2022

VINICIUS WILLIAM BORGES RODRIGUES

**TECNOLOGIAS DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS, FONTES
ORGÂNICAS E BIOPOLÍMERO**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Agronomia –
Doutorado, área de concentração em Fitotecnia,
para obtenção do título de “Doutor”.

Aprovada em 15 de JULHO de 2022.

Prof. Dr Carlos Juliano Brant Albuquerque	UFMG
Prof. Dr. José Geraldo Mageste	UFU
Profa. Dra. Regina Maria Quintão Lana	UFU
Prof. Dr. Heliomar Baleeiro de Melo Júnior	IFTM

Prof. Dr. Reginaldo Camargo
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese, 02/2022, PPGAGRO				
Data:	Quinze de julho de dois mil e vinte e dois	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	[14:00]
Matrícula do Discente:	11713AGR024				
Nome do Discente:	Vinícius William Borges Rodrigues				
Título do Trabalho:	Tecnologias de fertilizantes organominerais, fontes orgânicas e biopolímero				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Regina Maria Quintão Lana - UFU; José Geraldo Mageste da Silva - UFU; Heliomar Baleeiro de Melo Júnior - IFTM; Carlos Juliano Brant Albuquerque - UFMG; Reginaldo de Camargo - UFU orientador do candidato.

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

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

[A]provado(a).

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

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

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



Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo de Camargo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 15/07/2022, às 14:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Geraldo Mageste da Silva, Membro de Comissão**, em 15/07/2022, às 18:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Heliomar Baleeiro de Melo Júnior, Usuário Externo**, em 18/07/2022, às 14:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS JULIANO BRANT ALBUQUERQUE, Usuário Externo**, em 18/07/2022, às 15:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Regina Maria Quintão Lana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 21/07/2022, às 21:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3717952** e o código CRC **F6A16EB8**.

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

R696t Rodrigues, Vinicius William Borges, 1991-
2022 Tecnologias de fertilizantes organominerais, fontes orgânicas e
biopolímero [recurso eletrônico] / Vinicius William Borges Rodrigues. -
2022.

Orientador: Reginaldo Camargo.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.7022>
Inclui bibliografia.

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

CDU: 631

Glória Aparecida
Bibliotecária Documentalista - CRB-6/2047

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
CAPÍTULO 1.....	8
1. INTRODUÇÃO.....	8
REVISÃO DE LITERATURA.....	11
1. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA AGRICULTURA	11
2. VIABILIZAÇÃO DO USO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA AGRICULTURA.....	12
3. TIPOS DE RESÍDUOS	14
3.1. Torta de Filtro	14
3.2. Biochar.....	16
3.2.1. Propriedades do biochar.....	16
3.3.2. Efeitos do biochar nas propriedades do solo	17
4. ORGANOMINERAL	19
5. SUBSTÂNCIAS HÚMICAS	22
6. PELETIZAÇÃO	25
7. TECNOLOGIA DE FERTILIZANTES.....	25
8. CULTURA DO MILHO	28
REFERÊNCIAS.....	30
CAPÍTULO 2.....	40
RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	42
1. INTRODUÇÃO.....	43
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	45
2.1 Produção e obtenção dos fertilizantes.....	45
2.2 Dados gerais.....	47
2.3 A composição química dos fertilizantes	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4. CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS.....	64
CAPÍTULO 3.....	67

RESUMO.....	68
ABSTRACT.....	69
1. INTRODUÇÃO.....	70
2. METODOLOGIA.....	74
2.1 Produção e obtenção dos fertilizantes.....	74
2.2 Dados Gerais.....	77
2.3 Avaliações.....	79
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
4. CONCLUSÃO.....	88
5. REFERÊNCIAS	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS	92

RESUMO

RODRIGUES, VINICIUS WILLIAM BORGES RODRIGUES. **Tecnologia de Fertilizantes Organominerais, Fontes Orgânicas e Biopolímeros**. 2022. 91f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹

A alta demanda por fontes orgânicas nas indústrias de fertilizantes, tem proporcionado a busca por alternativas e tecnologias. Novas tecnologias como fertilizantes organominerais, orgânicos e fertilizantes com biopolímeros têm aumentado a eficiência na disponibilização dos nutrientes para as plantas, reduzindo suas perdas e promovendo melhor desempenho agrônomo. Com base nestas premissas, objetivou-se neste estudo, em casa de vegetação e campo, avaliar o efeito residual e a eficiência de fertilizantes orgânicos, organominerais e fertilizantes com adição de biopolímeros em relação ao fertilizante mineral convencional. Para tanto foram conduzidos dois experimentos, o primeiro, visando avaliar o residual dos fertilizantes em vasos e o segundo no campo, visando avaliar fertilizante organomineral associado a um biopolímero. O primeiro experimento foi composto pela avaliação da eficiência agrônoma dos fertilizantes organominerais (OM) farelados (torta-de-filtro e biochar), sua mistura com substâncias húmicas (AH) e a comparação destes com a adubação com fertilizante mineral convencional, utilizando a cultura do milho como extratora. Foi usado o delineamento experimental em blocos casualizados, num esquema fatorial $7 \times 4 + 1$, com quatro repetições por tratamento, totalizando 116 parcelas experimentais. O primeiro fator foram as sete diferentes fontes de fertilizantes: composto orgânico torta-de-filtro, composto orgânico biochar, OM a base de torta-de-filtro, OM a base de biochar, OM a base de torta-de-filtro + AH, OM a base de biochar + AH e mineral convencional. O segundo fator foi as diferentes doses de nitrogênio: 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹. Finalmente uma testemunha absoluta sem fertilizantes. Em geral, os tratamentos compostos de Biochar e Torta de Filtro foram os que obtiveram um melhor índice de efeito residual para nutrientes no solo. Já na avaliação da adição do biopolímero o delineamento experimental foi em delineamento de blocos casualizados, com 6 tratamentos, sendo o formulado organomineral 06-14-12+3%S associado ao biopolímero nas doses 0; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2 kg t⁻¹, com quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. O Fertilizante organomineral 06-14-12+3%S associado à dose de 1,0 kg tn⁻¹ proporcionou melhores respostas no tamanho de raiz, diâmetro de colmo, N acumulado nas folhas, P acumulado nas folhas, K acumulado nas folhas, massa fresca e seca parte aérea e produtividade.

Palavras-chave: Inovação, Fertilizantes Especiais, Efeito residual.

ABSTRACT

RODRIGUES, VINICIUS WILLIAM BORGES RODRIGUES. **Technology of Organomineral Fertilizers, Organic Sources and Biopolymers**. 2022. 91f. Thesis (Doctorate in Agronomy/Phytotechnics) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia¹

The high demand for organic sources in the fertilizer industries, has provided the search for alternatives and technologies. New technologies such as organomineral and organic fertilizers and fertilizers with biopolymers have increased the efficiency in the availability of nutrients to plants, reducing their losses and promoting better agronomic performance. Based on these premises, the objective of this study, in a greenhouse and field, was to evaluate the residual effect and the efficiency of organic fertilizers, organominerals and fertilizers with the addition of biopolymers in relation to conventional mineral fertilizers. For that, two experiments were carried out, the first, aiming to evaluate the residual of fertilizers in pots and the second in the field, aiming to evaluate organomineral fertilizer associated with a biopolymer. The first experiment was composed by the evaluation of the agronomic efficiency of the organomineral fertilizers (OM) mash (filter pie and biochar), its mixture with humic substances (AH) and the comparison of these with the fertilization with conventional mineral fertilizer, using the of corn as extractor. The experimental design was in randomized blocks, in a 7x4+1 factorial scheme, with four replications per treatment, totaling 116 experimental plots.

The first factor was the seven different sources of fertilizers: organic compost filter cake, organic biochar compost, OM based on filter cake, OM based on biochar, OM based on filter cake + HA, OM based on biochar + AH and conventional mineral. The second factor was the different nitrogen rates: 40, 80, 120 and 160 kg of N ha⁻¹. Finally, an absolute witness without fertilizers. In general, the treatments composed of Biochar and Filter Pie were the ones that obtained the best residual effect index for nutrients in the soil. In the evaluation of the addition of the biopolymer, the experimental design was in a randomized block design, with 6 treatments, being the organomineral formulated 06-14-12+3%S associated with the biopolymer at doses 0; 0.25; 0.5; 1.0; 1.5; 2 kg t⁻¹, with four replications, totaling 24 experimental plots. The organic fertilizer 06-14-12+3%S associated with a dose of 1.0 kg tn⁻¹ provided better responses in root size, stem diameter, N accumulated in leaves, P accumulated in leaves, K accumulated in leaves, fresh and dry mass shoots and productivity.

Keywords: Innovation, Special Fertilizers, Residual Effect.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A agricultura aliada às agroindústrias são os maiores responsáveis pela ascensão da economia brasileira e no mundo, sendo o mercado de fertilizantes um dos elementos em destaque na cadeia de produção. Somente no ano de 2021, de acordo com a ANDA (Associação Nacional para Difusão de Adubos), foram entregues no mercado brasileiro, para o produtor final, 45,85 milhões de toneladas de fertilizantes, representando um crescimento de 13% em relação à 2020 (ESTADÃO, 2022).

Como podemos observar o consumo de fertilizantes vem aumentando gradativamente a cada ano não somente no quesito volume, mas também em termos de tecnologia. De acordo com Florence (2016), as novas tecnologias de fertilizantes são os principais fatores que tem causado ganhos significativos na produção e na produtividade agrícola.

Neste contexto, a introdução de novas tecnologias relacionadas ao uso e manejo dos fertilizantes tem sido observadas no campo, em destaque para o uso dos chamados fertilizantes especiais, principalmente àqueles que promovem a proteção da fração mineral, minimizando perdas por fixação, lixiviação, volatilização e desnitrificação.

Uma das tecnologias que tem ganhado destaque neste cenário é a adubação com fertilizante organomineral, seja do ponto de vista ambiental, dando destinação correta a resíduos com potencial poluidor ao meio ambiente, seja no aspecto econômico com redução dos altos custos com adubação mineral. Industrializado a partir da compostagem orgânica ou pirólise de resíduos orgânicos e enriquecida por nutrientes minerais que potencializam a nutrição do solo, o fertilizante organomineral é uma importante tecnologia que tem se destacado para a nutrição vegetal, ao auxiliar na melhoria das características do solo e maior disponibilidade dos nutrientes para as plantas.

Estudos apontam que a adubação com fertilizantes organominerais podem de maneira parcial ou mesmo integral substituir a adubação mineral e ainda, aumentar a produtividade e a reciclagem de nutrientes com prática sustentável (DEON et al., 2010; TEIXEIRA et al., 2014).

Dentro desse contexto, os produtores agrícolas têm procurado aliar as novas tecnologias e práticas antigas, como a adubação orgânica, a fim de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, buscando maior produtividade em suas

áreas. Este setor de fertilizantes orgânicos vem crescendo consideravelmente desde a sua regulamentação, a partir da publicação do Decreto 4.954/2004 e suas posteriores Instruções Normativas (ABISOLO, 2017).

Outro fator que tem impactado muito é o clima e os produtores têm buscado por tecnologias com liberação lenta ou gradativa. Segundo Lemos (2017), a utilização de fertilizantes especiais e de liberação lenta no campo tem aumentado significativamente, podendo trazer melhorias na eficiência de utilização destes, bem como melhorias nas características físico-químicas do solo, proporcionando aumento de produção das culturas.

A utilização dos fertilizantes organominerais, além de suprir a demanda das culturas, surge como uma alternativa para a correção de deficiências físico-químicas do solo brasileiro e a diminuição da dependência em relação ao produto externo. Outro setor que vem crescendo muito no Brasil é a produção de fertilizantes com revestimentos de polímeros (POLIDORO, 2013).

Os polímeros são compostos produzidos a partir de poliuretanos e poliolefina. Estes proporcionam condições para controle na liberação dos nutrientes nos fertilizantes, de acordo com a necessidade das culturas. Desta forma, fornece os nutrientes quando as plantas demandam e minimizam perdas dos nutrientes para o ambiente (BLAYLOCK, 2007).

Sousa et al. (2012), destaca que essa tecnologia assim como os fertilizantes organominerais vem sendo empregada a campo com o objetivo de aumentar a eficiência dos fertilizantes convencionais no campo através da liberação gradual ou controlada dos nutrientes, os chamados fertilizantes de liberação gradativa (slow release).

Para potencializar a eficiência dos fertilizantes, a utilização de substâncias húmicas junto aos fertilizantes minerais tem sido observada à campo.

De acordo com Stevenson (1994) a presença das substâncias húmicas favorece a eficiência do fertilizante devido sua capacidade de competir pelos sítios de adsorção de fósforo, mantendo esse elemento disponível para as plantas, e também pela formação de complexos que impedem a adsorção de fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio presentes no solo.

Analisando os efeitos da aplicação de substâncias húmicas junto aos fertilizantes minerais, Martinazzo (2007) observou que por serem originários de resíduos vegetais, do tecido microbiano e dos produtos de sua decomposição, os ácidos húmicos elevam a concentração de fósforo orgânico no solo, aumentando a disponibilidade fosforo para as plantas. Neste contexto, o estudo dos efeitos dos fertilizantes especiais sobre as

características químicas do solo e sobre a nutrição, crescimento e desenvolvimento das plantas é de extrema importância para se obter uma melhor utilização destes, promovendo assim o correto posicionamento destas tecnologias no campo.

A utilização de fertilizantes organominerais proporciona a liberação de substâncias húmicas no solo e melhoram a capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes das plantas, influenciando nos processos metabólicos nas plantas, tais como: respiração, fotossíntese, síntese de ácidos nucleicos e absorção de íons. O fornecimento de micro e macronutrientes também é afetado positivamente na presença dos compostos orgânicos, beneficiando diretamente nas trocas gasosas e na produção de fotoassimilados pela planta. Dessa maneira, pode-se afirmar que plantas quando bem nutridas, apresentam um melhor desempenho na translocação de fotoassimilados para os órgãos acumuladores com maior eficiência (TAIZ & ZEIGER, 2013; WANG et al., 2017).

Nesse sentido, acredita-se que a utilização de fertilizantes organominerais, biochar, torta de filtro e polímeros irão beneficiar ao efeito residual dos nutrientes no solo, como também promover maior potencial para ganhos de produtividade a campo.

REVISÃO DE LITERATURA

Resíduos Orgânicos, torta de filtro, biochar, fertilizantes organominerais, substâncias húmicas e tecnologia de fertilizantes.

1. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA AGRICULTURA

A adubação com fertilizantes orgânicos é historicamente a mais antiga prática de adubação empregada na agricultura, que por vezes denominadas adubos naturais em razão de sua origem animal, vegetal ou atualmente industrial. Entende-se por fertilizantes orgânicos aqueles que possuem presença de carbono orgânico degradável, sendo proveniente de resíduos agroindustriais (RAIJ, 2011).

A presença de matéria orgânica no solo, proveniente da adubação orgânica, proporciona melhorias nas propriedades físicas e estruturais do solo. A presença da matéria orgânica aumenta o número de macroporos no solo, devido à capacidade de agregação proporcionada pela matéria orgânica, aumentando a capacidade de infiltração e retenção de água. Além disso, promove melhoria na qualidade química do solo, aumentando a capacidade de troca de cátions e melhorando a nutrição de micronutrientes pela formação de quelatos, bem como no âmbito biológico, favorecendo à uma maior população microbiana que exerce um efeito como promotores de crescimento (LOPES, 1998; TAIZ; ZEIGER, 2013).

A utilização dos resíduos orgânicos na agricultura é uma ótima alternativa para disposição dos resíduos, permitindo a reciclagem dos nutrientes e destinação ambientalmente correta (TASSO JÚNIOR et al., 2007).

Além do ponto de vista ambiental, a reutilização dos resíduos impacta também no âmbito social e econômico, visto que o descarte inadequado pode acarretar diversos prejuízos, como destinação incorreta de resíduos, ambientes insalubres, contaminação fluvial, eutrofização dos cursos d'água. A reutilização possibilita que estes resíduos não sejam descartados de forma aleatória, como ainda ocorre no Brasil, onde a principal destinação são aterros ou mesmos lugares inadequados. Este tipo de descarte inadequado impacta diretamente no âmbito econômico, fazendo necessária a manutenção dos aterros, bem como redução na longevidade pela capacidade de receber os resíduos (PIRES; MATTIAZZO, 2008).

Diante desta inadequação de destinação de resíduos, foi instituída a Lei nº 12.305 (2010) que estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que aborda sobre instrumentos importantes para permitir o avanço do país no enfrentamento dos principais problemas ligados ao manejo inadequado dos resíduos sólidos.

De acordo com Diniz (2012), a reutilização de resíduos no meio agrícola fecha um ciclo ideal de equilíbrio, pois esta prática vai de encontro a uma necessidade que a produção agrícola também busca, que é a sustentabilidade em seus processos através do emprego eficiente de nutrientes e/ou manutenção de matéria orgânica no solo.

Os resíduos são abundantes e podem ser produtos potenciais de uso na agricultura. Incluindo esterco de aves, bovinos, suínos, ovinos e de caprinos; restos culturais, como palhas, cascas, frutos, e adubos verdes; tortas de filtro, cevada, amendoim e de soja; bagaços, vinhaças, restos de curtumes e de centrais de abastecimento são exemplos de materiais com potencial de uso no meio agrícola que podem influenciar positivamente nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aumentando, concomitantemente, as produtividades e rentabilidades das lavouras (PIRES, MATTIAZZO, 2008).

2. VIABILIZAÇÃO DO USO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA AGRICULTURA

A determinação e escolha por se usar um resíduo orgânico em alguma atividade agrícola deve passar pelos aspectos relacionados às características do resíduo em si, pela legislação pertinente, da atividade agrícola que o receberá e também das características edafoclimáticas da região de aplicação (PIRES; MATTIAZZO, 2008).

Por meio da Circular Técnica 19, os autores Pires e Mattiazzo (2008) descrevem as etapas necessárias para avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura.

Em um primeiro momento, a viabilidade do uso agrícola do resíduo inicia-se detalhando a sua origem e seu o processo gerador, pois esse tipo de informação já indicará as possíveis características do material.

De acordo com sua origem, os resíduos podem ser classificados como de atividade agrícola (originados exclusivamente desse meio); de atividades industriais que utilizam matéria prima agrícola; de atividades industriais que utilizam matéria prima agrícola e na qual são adicionados elementos estranhos à atividade agrícola no processamento industrial; de atividades industriais que não utilizam matéria prima agrícola; e resíduos urbanos.

Os autores também citam que após a classificação do material, a próxima etapa do processo é o plano de amostragem, que irá garantir que as amostras coletadas representem da melhor forma o resíduo avaliado.

Com os dados da avaliação da composição do resíduo, é possível passar para a fase de caracterização que, para fins agronômicos, avaliará atributos como umidade, pH, condutividade elétrica, salinidade e sodificação do solo, teor de carbono orgânico, teores de macro e micronutrientes e teores de elementos que são potencialmente tóxicos, como são os metais pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Pb, Zn).

Também são necessários outros testes, como o de degradação da matéria orgânica; determinação da curva de neutralização para avaliação do poder do resíduo em acidificar ou alcalinizar o solo; e determinação da taxa ou fração de mineralização do N do nitrato formado, pois caso este seja alto pode lixiviar e torna-se um problema para os lenções freáticos.

A utilização de resíduos na agricultura deve atentar-se as regulamentações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), pois os resíduos devem gerar algum benefício agronômico, como agir como condicionar ou fertilizante do solo.

A investigação sobre a viabilidade de uso de um resíduo na agricultura deve incluir também avaliações de mercado para o entendimento de demanda e possibilidades econômicas. Também é preciso investigar se haverá necessidade de pré-tratamentos, viabilidade de transporte, armazenamento, qual a dose a ser usada, local de aplicação, tipo de aplicação, cuidados durante o uso e monitoramento da área após a aplicação.

Ainda segundo estes mesmos autores, a investigação sobre a viabilidade de uso de um resíduo na agricultura deve incluir avaliações de mercado para o entendimento de demanda e possibilidades econômicas, bem como, de acordo com Diniz (2012), a reutilização de resíduos no meio agrícola fecha um ciclo ideal de equilíbrio, pois esta prática vai de encontro a uma necessidade que a produção agrícola também busca, que é a sustentabilidade em seus processos através do emprego eficiente de nutrientes e/ou manutenção de matéria orgânica no solo.

Esse estreitamento de interesses em que, de um lado há a busca de melhor destinação dos resíduos, e de outro, a necessidade de fontes alternativas de nutrientes e de todos os benefícios associados à matéria orgânica, representa uma forma de se alcançar melhorias na qualidade do solo; diminuição da poluição ambiental e do uso de matérias primas e fertilizantes exclusivamente minerais na agricultura (DINIZ, 2012).

Dentre os diversos resíduos que podem apresentar viabilidade econômica e sustentável na destinação para a agricultura e que vem passando por todos esses processos de avaliações citados, estão as tortas de filtro e cevada, a palha de milho, cuja produção aumentou em ritmo acelerado em função do incremento das áreas de cultivo de milho no país.

3. TIPOS DE RESÍDUOS

3.1. Torta de Filtro

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) do mundo com participação em 10% do total da área nacional destinada à agricultura. A safra de 2021/2022 alcançou 585 milhões de toneladas de cana-de-açúcar com estimativas de 647 milhões de toneladas para 2017/2018 (CONAB, 2022).

A torta de filtro é um resíduo orgânico da indústria sucroalcooleira, proveniente da filtração do caldo extraído das moendas no filtro rotativo. A obtenção deste resíduo era somente no processo de produção de açúcar, mas com a evolução da tecnologia, o processo de produção das usinas sucroalcooleiras também tem gerado este resíduo (RAMOS et al., 2017). Trata-se de um resíduo produzido em abundância em que a cada tonelada de cana moída gera-se em torno de 40 kg de torta de filtro (FRAVET et al., 2010).

A torta de filtro apresenta quimicamente alto teor de carbono orgânico, cálcio, potássio, magnésio, nitrogênio e fósforo; e fisicamente umidade superior a 70% (ROSSETO; SANTIAGO, 2007).

Desta forma, as indústrias fizeram um estudo de viabilidade e a possibilidade de direcionar o aproveitamento dos resíduos do setor para serem fontes de nutrientes para a própria cultura e para outras atividades agrícolas, reduzindo contaminação ambiental e custos com adubação (ALVARENGA; QUEIROZ, 2008).

Estima-se que em uma dose de 20 t ha⁻¹ de torta de filtro é possível fornecer para a cana-de-açúcar 100% do nitrogênio, 50% de fósforo, 15% de potássio, 100% de cálcio e 5% de magnésio, podendo ser aplicada em área total, em pré-plantio, no sulco ou nas entrelinhas de plantio (FRAVET et al., 2010).

Souza (2013) afirma que aproximadamente 30% do fósforo presente na torta de filtro está na forma orgânica e o nitrogênio está na forma proteica, o que proporciona a liberação imediata dos nutrientes e melhor aproveitamento pelas plantas. Além disso, a

matéria orgânica desses resíduos atua nas melhorias das propriedades químicas e físicas do solo.

Além disso, a torta de filtro também proporciona melhorias químicas, físicas e biológicas ao solo, aumentando a CTC, a capacidade de retenção de água e melhorias nas condições para o desenvolvimento das plantas (SOUZA, 2013).

Dentre os diversos resíduos que podem ser destinados para a agricultura para produção de fertilizantes organominerais, algumas fontes de insumo possuem maior potencial pela quantidade de nutrientes que contém, assim como pelas vantagens logísticas e processamento dos resíduos. Uma dessas fontes é proveniente dos resíduos do setor sucroalcooleiro, como exemplo a torta de filtro, o qual apresenta potencial expressivo, em função da alta quantidade de nutrientes alocados (CRUZ; PEREIRA; FIGUEIREDO, 2017).

Diante de todas essas características positivas da torta de filtro, o que se observa é que esse tipo de resíduo ganhou bastante espaço e meios de reutilização que incluem técnicas de manejo de adubação dentro das próprias lavouras de cana-de-açúcar e em outras conformações, como por exemplo, na composição de fertilizantes organominerais.

A utilização da torta de filtro como matéria prima orgânica para produção de fertilizantes organominerais vem se intensificando desde 1999, quando ocorreu a mudança cambial, que acarretou elevação dos preços dos fertilizantes químicos importados. Desta maneira, impactou nos custos de adubação e a questão ambiental da destinação correta do resíduo ganhou mais espaço (ROSSETO; SANTIAGO, 2007).

Segundo Fravet et al (2010), avaliando doses de torta de filtro e modos de aplicação (superficial na linha e incorporado na entrelinha na cana soca), observou que a aplicação na dose de 70 t ha⁻¹ proporcionou aumento na produtividade de colmos por hectare e na produtividade de sacarose por hectare.

Santos et al. (2010) também constatou os benefícios do uso de torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel na produtividade de colmos e no perfilhamento em função das doses de torta de filtro aplicadas ao solo.

Ao avaliar diferentes doses de nitrogênio em função de doses de torta de filtro em cana-de-açúcar, Andrade et al. (2018), observaram que o uso desse resíduo em doses de até 60 t ha⁻¹ combinadas com 100 kg ha⁻¹ de N, melhorou o desenvolvimento de mudas pré-brotadas (MPB), demonstrando que é uma forma viável para a destinação deste resíduo no solo.

3.2. Biochar

A utilização de resíduos queimados como fonte de nutrientes, substratos para retenção de água na agricultura é uma técnica antiga, existindo vários registros de suas aplicações (LEHMANN, 2009). Contudo a nomenclatura biochar é recente e tem como objetivo diferenciar do carvão ativado.

O biochar ganhou importância com a identificação da “Terra Preta” em solos amazônicos, que é utilizada por indígenas e agricultores da região, por apresentarem características de enriquecimento com biomassa carbonizada. São solos férteis e presumem que tenham aproximadamente 7000 anos, contendo altos teores de N e P que os solos de outras regiões e 18 vezes mais matéria orgânica (LAL, 2009).

Desde sua descoberta, tem sido realizados vários estudos para comprovar seus benefícios químicos, físicos e biológicos na qualidade do solo, também para uma opção viável de sequestro de carbono no solo. Diante destas características, promover melhor rendimento para as culturas quando aplicados como fontes de fertilizantes.

De acordo com estudos, a utilização do biochar promove alta estabilidade em ambiente natural e que é uma eficiente fonte para assegurar a qualidade do solo como corretivo orgânico (BEESLEY et al., 2010; LEHMANN, 2009).

Segundo Lehmann (2009), esta característica de alta estabilidade promove melhoria na qualidade física e química do solo, pois o biochar possui alta densidade de carga, resultando em maior retenção dos nutrientes. No âmbito físico e biológico a sua combinação das partículas, promove uma degradação microbiana mais lenta que as demais matérias orgânicas do solo.

A diversidade da utilização do biochar na produção de energia, destinação correta dos resíduos, fornecimento de nutrientes e melhoria do solo, bem como a mitigação da emissão de carbono e mudanças climáticas, torna-o uma alternativa positiva a nível econômica, social e ambiental (NÓBREGA, 2011).

3.2.1. Propriedades do biochar

O biochar é um produto obtido da decomposição térmica do resíduo sólido em decomposição entre 300 °C a 600 °C em condições de ausência total ou parcial de oxigênio (processo de pirólise). O processo de pirólise proporciona que aproximadamente 50% do carbono contido no resíduo inicial, possa ser retido dentro do biochar. Possui como característica uma forte estrutura com cadeias aromáticas e isto acarreta uma característica

recalcitrante (difícil degradação) quando comparado à outras formas de matéria orgânica no solo (NÓBREGA, 2011).

À medida que ocorre a oxidação do biochar no solo, ocorre a formação de radicais carboxílicos e fenólicos, que apresentam cargas negativas, efeito potencial para características como a capacidade de troca de cátions no solo. Fatores que implicam em maior ou menor oxidação são os fatores climáticos e características físicas do solo.

Além disso, biochar pode potencialmente influenciar em algumas propriedades do solo incluindo o pH, porosidade, capacidade de retenção de água e a densidade. A retenção dos íons da solução do solo através de uma combinação de complexação, principalmente para íons metálicos.

Segundo Nóbrega (2011), em quesito ambiental o biochar é uma ótima alternativa para sequestro carbono, visto sua forma de reação e funcionalidade nos solos. Ainda, segundo o mesmo autor, estas características promovem uma diminuição da lixiviação de nutrientes do solo e da acessibilidade dos íons aos microrganismos do solo. No entanto, a influência do biochar nos solos pode variar significativamente visto que as suas propriedades variam muito, dependendo da qualidade e quantidade de resíduos e das condições da pirólise, não esquecendo que existe uma heterogeneidade a nível de solos.

Devido à esta gama de fatores que podem influenciar na composição e característica do biochar, pode ocorrer estruturas aromáticas heterogênicas que implicarão em maior ou menor reatividade a depender também das classes de solo onde foi aplicado.

3.3.2. Efeitos do biochar nas propriedades do solo

A superfície específica das partículas que compõem o solo é uma característica muito importante uma vez que influencia todas as funções essenciais para a fertilidade do mesmo, incluindo os ciclos de água, ar e dos nutrientes e a atividade microbológica (BAILEY et al., 2011).

A aplicação do biochar pode proporcionar contribuição significativa para os parâmetros físicos do solo influenciando na estrutura, porosidade, textura, profundidade e consistência na densidade do solo. Estes impactos físicos promovem efeito direto no crescimento das plantas, pois a profundidade do sistema radicular, presença de água, disponibilidade de ar que ocorrem em uma maior intensidade em solos com aplicação do biochar (VAN ZWIETEN et al., 2010).

Solos com altas concentrações de areia em sua composição apresentam menor capacidade de retenção e troca de cátions (CTC) e fornecimento de nutrientes e água para as plantas, o que está relacionada à baixa superfície específica de suas partículas com a superfície. Solos com maior fração de argila possuem alta superfície específica e elevada capacidade para fornecimento de nutrientes e água, contudo baixo teor de arejamento (NÓBREGA, 2011). Segundo o mesmo autor, a aplicação de biochar atua da mesma forma que a matéria orgânica, pois este apresenta uma superfície específica maior que a areia e igual ou superior que a da argila, causando um aumento líquido da superfície específica do solo quando adicionado a este, corroborando para melhoria nas propriedades físico-químicas do solo.

No âmbito químico no solo, a utilização do biochar implica em várias características. A alcalinidade dos materiais orgânicos advindos do biochar, proporciona a neutralização da acidez do solo. A presença dos grupos carboxílicos e fenílicos possuem alta afinidade por H^+ presente na solução do solo, diminuindo a acidez, além de favorecer a formação de complexos catiônicos na superfície do biochar (SIZMUR et al., 2015).

Major et al. (2010) trabalhando com a aplicação de diferentes dosagens de biochar em um Latossolo de Cerrado colombiano durante um período de 11 anos (2003 a 2016) constatou um aumento progressivo no valor de pH do solo após as aplicações do biochar. Neste mesmo estudo, quando avaliado os teores de Ca, Mg e K, também foi observado um aumento expressivo destes cátions de caráter básico com adição do biochar no solo, fato esse que também explica o aumento do pH no solo.

Partindo deste pressuposto, pode se dizer que a capacidade do biochar de alcalinização é uma característica fundamental para o manejo de solos ácidos, reduzindo a necessidade de aplicação de calcário e promovendo melhorias no solo para o desenvolvimento das culturas e incrementos de produtividade (BIEDERMAN et al., 2013).

O biochar possui alta capacidade de troca de cátions, ou seja, possui elevada concentração de cargas eletronegativas que proporcionam a associação de íons metálicos junto às suas partículas, formando complexos com K, Na, Ca, Mg, bem como micronutrientes metálicos com cargas positivas. Outro fator é a disponibilidade do íon fosfato para as plantas, visto que poderiam ser complexados com H^+ e Al^+ , sendo estes ligados as partículas eletronegativas do biochar, deixando o fosforo disponível na solução do solo para as plantas (YUAN et al., 2011); (NOVAK et al., 2009).

Outro fator químico, refere-se à capacidade do biochar em reduzir a lixiviação dos nutrientes no solo, especialmente potássio e nitratos. Este fator pode estar relacionado a reatividade do biochar e sua maior superfície relativa interna que ajuda a diminuir a percolação de água abaixo da zona da raiz e facilita assim o aproveitamento do nutriente pela planta, diminuindo assim a lixiviação de nutrientes. Desta forma, a utilização do biochar é uma estratégia interessante para o fornecimento de nutrientes de forma gradativa e água para as plantas, aumento da transpiração vegetal, levando a retenção de nutrientes moveis susceptíveis a lixiviação, tais como nitratos, ou cátions lixiviáveis a pH baixo (VERHEIJEN et al., 2009).

Outro fator muito importante é a capacidade do biochar em condicionar solos, visando o sequestro de carbono atmosférico. A permanência deste material no solo, sem sofrer alterações em sua estrutura, pode contribuir para diminuição das emissões de CO₂ atmosférico. A utilização do biochar em substituição a fontes orgânicas naturais, pode implicar em maior retenção do carbono, menor efeito oxidativo e consequentemente, permanência do carbono no solo e evitando assim a emissão de CO₂ para atmosfera (WARDLE et al., 2008)

Em uma tentativa de calcular o efeito da introdução de um mecanismo que adiciona biochar ao solo no lugar de simplesmente queimar a biomassa, Lehmann et al. (2006) estimaram que até 12% da emissão antrópica de carbono, causada por mudança no uso do solo, poderiam ser eliminados aplicando-se o carbono no solo na forma de biomassa carbonizada - biochar. A utilização de biochar no solo pode levar a uma maior fixação de carbono, devido sua superfície de cargas e pela alta estabilidade no solo (MADARI et al., 2006) em função de seu efeito recalcitrante e sua natureza refratária (STEINER et al., 2006). Assim, essa permanência do carbono em estruturas aromáticas, como é o caso do biochar, por longos anos, leva ao efeito de retenção prolongada do carbono no solo.

4. ORGANOMINERAL

Os Latossolos geralmente apresentam como característica baixos teores de matéria orgânica e a utilização de fertilizantes organominerais torna-se uma opção para minimizar esta problemática (SOUSA et al., 2012; MAGELA, 2017).

O fertilizante organomineral é definido como produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos (MOTA, 2015).

Sousa (2014) afirma que a utilização de resíduos orgânicos tem sido a alternativa de adubação do solo e nutrição de plantas em substituição aos adubos minerais convencionais, pois os resíduos orgânicos, quando utilizados isolados ou associados a adubos minerais, apresentam benefícios ao solo enriquecendo-o com nutrientes, aumentando a retenção de umidade, auxilia na textura e estrutura do mesmo, além de aumentar a capacidade de troca catiônica e, ainda, melhorar as propriedades biológicas, pois estimula a proliferação de microrganismos benéficos, que agem no controle de fitopatógenos (MATOS et al., 1998; FEBRER, 2002; MAGALHÃES et al., 2006).

No entanto, a aplicação de adubos orgânicos apresenta uma desvantagem em relação às quantidades dos macronutrientes e micronutrientes. A quantidade disponibilizada é aquém da necessidade nutricional da maioria das culturas e, por isso, se faz necessário agregar fertilizante mineral ao orgânico, complementando assim a necessidade nutricional da planta. A adição do fertilizante orgânico propicia efeitos positivos às plantas, devido à liberação lenta dos nutrientes, garantindo nutrição à planta durante todos os estágios de crescimento e desenvolvimento (BISSANI et al., 2008).

Esta possibilidade de reutilização representa uma das principais vantagens dos fertilizantes organominerais, pois a tecnologia adota como matéria prima resíduos que são passivos ambientais de outros sistemas de produção (BENITES et al. 2010). De acordo com esses mesmos autores, o uso de resíduos para a produção de fertilizantes pode eliminar imediatamente 50% do passivo ambiental gerado.

O fertilizante organomineral é produzido em duas fases: em um primeiro momento é obtido um composto orgânico por meio da compostagem do resíduo orgânico ou pirólise; posteriormente ocorre o balanceamento dos nutrientes que é feito de acordo com a exigência da cultura e da quantidade que o solo pode fornecer (ROYO, 2010).

A INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 61, DE 08 DE JULHO DE 2020, SEÇÃO IV, Art.9º, § 2º (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2020) afirma que os fertilizantes organominerais devem respeitar especificações e garantias estabelecidas pelo MAPA, sendo que para produtos sólidos são estabelecidos os seguintes parâmetros: mínimo de 8% de carbono orgânico, máximo de 20% de umidade, CTC mínimo de 80 mmolc kg⁻¹ e no mínimo 5% de macronutrientes declarados para os produtos com macronutrientes primários e para misturas exclusivas de macronutrientes secundários, mínimo igual a 3%.

De acordo com Laforet (2013), a alta gama de resíduos que se pode produzir fertilizantes orgânicos e organominerais são exemplos de produtos que aliam a nutrição

das plantas com a preservação ambiental de ecossistemas. Estes produtos promovem benefícios econômicos, podendo substituir os insumos químicos, além de promover uma destinação correta para os resíduos agroindustriais. A utilização dos fertilizantes organominerais quando comparados aos convencionais apresentam aproveitamento superior de aproximadamente de 70% para nitrogênio, 50% para fósforo e 80% para potássio, quando comparados aos fertilizantes minerais.

Ao se aplicar fertilizantes organominerais há liberação gradual dos nutrientes no solo à medida que são demandados para o crescimento da planta (SEVERINO et al., 2004).

Pauletti et al. (2003) afirmam que a utilização de fertilizantes organominerais promovem incremento gradual da fertilidade do solo, havendo a estabilização dos nutrientes e aumento da produtividade, já que havendo ataque dos microrganismos do solo à matriz orgânica, ocorre a liberação gradual dos nutrientes e substâncias húmicas.

Tal fato, quando em comparação com fertilizantes químicos, representa uma das maiores vantagens do fertilizante organomineral, visto que se os nutrientes forem imediatamente disponibilizados no solo, podem ser perdidos por volatilização, fixação ou lixiviação. Já no fertilizante organomineral, quando há a ação dos microorganismos do solo à matriz orgânica, ocorre a liberação gradual dos nutrientes. Efeito este conhecido como liberação gradual ou “*slow release*” (TEIXEIRA; SOUSA; KORNDÖRFER, 2014).

No fertilizante organomineral, os nutrientes solúveis estão envoltos por uma matriz orgânica que protege o fósforo do contato direto com o solo evitando a perda por fixação. Em virtude da presença de maior quantidade de ânions orgânicos nos grânulos de fertilizantes organominerais, na qual existe uma competição pelos sítios de adsorção de P, ocorre redução momentânea da fixação desse nutriente, favorecendo a absorção pelas plantas. Do mesmo modo, a camada de matéria orgânica também dificulta a lixiviação do nitrogênio e do potássio, pois a fase orgânica é insolúvel em água (BENITES et al., 2010; GEOCICLO, 2019).

De acordo com Benites et al. (2010), a maior parte dos fertilizantes organominerais é comercializada na forma de farelo ou pó, sendo esta última forma pouco destinada à produção de grãos devido à baixa concentração de nutrientes e às características físicas do produto. Assim, a produção de fertilizantes organominerais na forma peletizada fornece ao mercado produtos que apresentam como uma oportunidade lucrativa no mercado, pois culturas de grande representatividade, como a do milho, em que os fertilizantes são aplicados na forma granulada, constituem-se como grandes consumidoras de fertilizantes no Brasil (COELHO, 2008).

Pesquisas revelam que a utilização de fertilizantes organominerais têm apresentado resultados superiores aos fertilizantes minerais e orgânicos quando aplicados de forma isolada. A aplicação dos organominerais proporciona melhor aproveitamento dos nutrientes e elevação da interação planta-mineral. Apresentam taxa de mineralização superior, principalmente para nutrientes como potássio, nitrogênio e fósforo, essa característica é de baixa eficiência quando se trata exclusivamente de adubos orgânicos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A expansão da tecnologia se mostra cada vez mais promissora, pois abre possibilidades para um uso diferente daqueles resíduos tradicionalmente conhecidos na agricultura, como a torta de filtro, e para outros menos utilizados, como o biochar.

A multiplicidade de uso desses resíduos juntamente com a necessidade de se aprimorar as tecnologias de fertilização das plantas, fecha um ciclo considerado o mais próximo do ideal, pois atende de forma positiva as necessidades no âmbito econômico, social e sustentável da cadeia produtiva na qual está inserida a agricultura e outros setores que geram grandes volumes de resíduos ricos em matéria orgânica e macro e micronutrientes essenciais as plantas.

Diante das possibilidades de benefícios que os fertilizantes organominerais apresentam, várias pesquisas têm sido realizadas e os resultados são bastante positivos nas mais variadas culturas, como no milho (SOUSA et al., 2012; MAGELA 2017), cana-de-açúcar (SOUSA, 2014), sorgo (OLIVEIRA, 2016) e em SAF's (FRANCO, 2013).

5. SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

As substâncias húmicas são compostos resultantes da decomposição de resíduos de animais, vegetais e agroindustriais em vários estágios de decomposição. Genericamente é uma mistura de carboidratos, proteínas, lipídios, compostos carboxílicos de cadeia curta ou longa, que fornecem grupos funcionais, passível de interação para benefício dos processos de biodisponibilidade dos nutrientes e contaminantes no meio ambiente (STEHLICKOVA et al., 2009).

Segundo Piccolo (2001), as substâncias húmicas são agregados de diversos compostos orgânicos com baixo peso molecular com domínios hidrofílicos (ácidos fúlvicos - AF), hidrofílico-hidrofóbicos (ácidos húmicos - AH), ou hidrofóbicos huminas.

Diante da indefinição dos modelos estruturais, existem algumas características das substâncias húmicas que já estão bem definidas:

- As frações de ácidos fúlvicos e ácidos húmicos são misturas heterogêneas de moléculas polidifusas (STEVENSON, 1982).
- O grau de humificação da matéria orgânica pode influir na variação entre ácidos húmicos e ácidos fúlvicos presentes (ROSA et al. 2001).
- Os ácidos húmicos e fúlvicos apresentam alto teor de grupos funcionais contendo oxigênio tais como hidroxilas fenólicas, carboxilas e carbonilas de vários tipos (STEVENSON, 1985).

Importância ambiental das substâncias húmicas:

- Reduzem a capacidade de toxicidade de alguns metais, promovendo a formação de complexos com diferentes elementos, reduzindo a toxicidade de certos metais como Cu^{2+} , Hg^{2+} , Al^{3+} para as plantas (ROCHA & ROSA, 2003);
- Promovem alta capacidade de retenção de água, importante fator para evitar processos erosivos (STEVENSON, 1994);
- De acordo com Wershaw (1993), as substâncias húmicas são quem controlam as propriedades físico-químicas do solo;
- Formação de complexos com micronutrientes de plantas (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo e outros), favorecendo à maior absorção dos mesmos (SANTOS et al., 2007);

Sabe-se ainda que a presença das substâncias húmicas no solo pode acarretar alterações nas propriedades físicas e químicas (SANTOS et al., 1999) e interferir nos processos fisiológicos e metabólicos das plantas, bem como na dinâmica de absorção dos nutrientes (ROSA et al., 2009).

Substâncias húmicas são usualmente utilizadas para melhorar as condições do solo no ambiente radicular e promover um melhor desenvolvimento pois elas influenciam diretamente na estrutura física, química e biológica do solo onde estão presentes, bem como afetam fisiologicamente no metabolismo das plantas (CANELLAS et al., 2005).

De acordo com Kiehl (1985), as substâncias húmicas promovem influências diretas na estrutura física do solo, através do aumento na porosidade dos solos, aeração, maior capacidade de retenção de água e por consequência maior resistência à erosão.

Dentre as principais funções químicas de atuação das substâncias húmicas no solo está a atuação com agente complexante, reduzindo a manutenção dos íons metálicos na solução do solo e, assim, não promovendo a toxidade das plantas por estes elementos. Além disso, promovem maior efeito tampão dos solos, reduzindo as variações de pH do meio (KIEHL, 1985).

Serudo et al. (2004) verificaram que o uso de substâncias húmicas em solos contaminados proporcionou efeito complexante e redução nos níveis de metais pesados, independente do pH do solo. Elas proporcionaram o incremento na biodisponibilidade de fósforo solúvel através da complexação de Fe^{+2} e Al^{+3} em solos ácidos e do Ca^{+2} em solos alcalinos. Ocasionalmente o aumento da CTC e da matéria orgânica, corroborando para menor perda de nutrientes potenciais e redução na perda de nitrato (SASAL et al., 2000; TEJADA et al., 2008; GONZÁLEZ et al., 2010).

O principal efeito positivo dos ácidos húmicos está sobre sua dinâmica no nitrogênio na forma amoniacal, já que quando há adição destas substâncias no, promovem aumento da concentração de NH_4^+ e redução de NH_3 . Com isso, há redução significativa da volatilização e este processo ainda possui radicais carboxílicos com carga negativa que têm grande afinidade com NH_4^+ , ajudando a retê-lo, diminuindo sua lixiviação no solo, deixando-o mais disponível às plantas, segundo (BEAUCLAIR et al 2007).

A aplicação de substâncias húmicas promove efeitos bioquímicos e fisiológicos nas plantas como o transporte de íons, respiração e reações enzimáticas do ciclo de Krebs, resultando em maior produção de ATP; aumento no conteúdo de clorofila; aumento na velocidade e síntese de ácidos nucleicos e efeito seletivo sobre a síntese proteica e/ ou inibição da atividade de diversas enzimas (NANNIPIERI et al. ,1983).

Além disso, segundo Silva et al. (2011) os ácidos húmicos atuam como um tipo de auxina exógena induzindo a rota de sinalização da auxina nas plantas plântulas e promovendo o crescimento radicular delas. Cabellas et al. (2005), também observou que a presença das substâncias húmicas favoreceu a emissão de pelos radiculares e raízes laterais finas, aumentando assim a área superficial do sistema radicular e consequentemente maior absorção dos nutrientes.

Façonha et al. (2002) verificou a influência dos ácidos orgânicos isolados sobre o desenvolvimento de raízes de plântulas de café e de milho, constatou que houve uma forte interação entre as raízes das plantas os ácidos húmicos aplicados no solo.

Neste contexto, fica evidente que a associação dos fertilizantes às substâncias húmicas favorece as plantas em diversos aspectos, sendo uma alternativa para melhoria das produtividades no campo e fonte para novas formulações na cadeia industrial de fertilizantes.

6. PELETIZAÇÃO

O processo de peletização dos fertilizantes organominerais é tão importante quanto o processo de compostagem, ação dos microrganismos e pirólise. Assim, a escolha por uma matriz orgânica que permita a peletização deve ser levada em consideração no processo produtivo do fertilizante organomineral.

Peletização é o processo pelo qual uma matriz orgânica, juntamente com as fontes minerais, passa por uma matriz perfurada e sob pressão, ocorrendo a formação dos pellets. Trata-se de uma ação ou processo de transformar produtos farelados em pellets (SOFFIONI, 2015, LANA, 2018).

O composto orgânico e os pellets dos fertilizantes organominerais devem atender as exigências da legislação específica do MAPA, como temperatura, umidade, pH, nutrientes, capacidade de troca catiônica, de carbono total, relação CTC/C, C/N e determinação de presença de patógenos, como nematoides (MAPA, 2021).

O fertilizante na forma de Pellet proporciona uniformidade de aplicação, pois evita segregação uma vez que os nutrientes estão em um mesmo grânulo. Promove a liberação gradual dos elementos e reduz o número de operações para a adubação (LANA, 2018).

7. TECNOLOGIA DE FERTILIZANTES

Historicamente, o maior consumo de fertilizantes no mundo tem sido feito por meio de produtos originados de matérias-primas minerais, sendo esses também conhecidos como fertilizantes sintéticos. São fertilizantes desenvolvidos a partir de minérios, produtos advindos da atividade petrolífera ou até mesmo fontes orgânicas e detêm pouca tecnologia em sua produção. Como exemplo desse tipo de fertilizantes, é possível citar produtos como o MAP, DAP, superfosfato simples, superfosfato triplo, ureia, sulfatos e cloreto de potássio (FRANCO et al., 2019).

De acordo com Franco et al. (2019) a fertilidade do solo é sem dúvida um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade. O manejo de forma eficiente e sustentável, aliado às tecnologias de fertilizantes e corretivos, permite potencializar a produtividade e atender à crescente demanda por alimentos e energia no mundo.

O uso inadequado dos fertilizantes e o fornecimento desbalanceado dos nutrientes neles contidos acarretam perdas de nutrientes na fertilização das culturas. Essas perdas acontecem devido às diferentes maneiras de se aplicar tais produtos em consequência da

falta de qualidade deles ou ao manejo inadequado empregado na sua distribuição (ROJAS et al., 2012). Para minimizar essas perdas, novas tecnologias de fertilizantes estão disponíveis no mercado como fertilizantes polimerizados e os organominerais (SANGOI et al., 2003; ROCHETTE et al., 2009).

Buscando melhorar a eficiência no fornecimento dos nutrientes, principalmente em relação ao fósforo, pela baixa eficiência em solos do Cerrado, tecnologias que reduzem sua fixação e proporcionam melhor disponibilidade para as culturas, tem sido uma abordagem dos estudos (WEEKS JR.; HETTIARACHCHI, 2019).

Uma das alternativas disponíveis no mercado diz respeito à utilização da associação da matéria orgânica aos fertilizantes minerais que possui como objetivo diminuir as perdas naturais por lixiviação, volatilização e fixação, potencializando a ação do fertilizante (FRANCO et al., 2019). Esses fertilizantes são denominados organominerais e dispõem de tecnologias que controlam a liberação de nutrientes ou estabilizam suas transformações químicas no solo, aumentando sua disponibilidade para a planta (PELÁ et al., 2019).

Algumas das vantagens da associação de fertilizantes orgânicos a fertilizantes minerais são: aumenta da fertilidade do solo, redução do impacto ambiental, melhor aproveitamento dos nutrientes e consequentemente redução na dose dos fertilizantes minerais, reciclagem de nutrientes e conferência de maior poder residual (TEJADA et al.; 2005).

Segundo Trenkel (2010), há disponível, no mercado, tecnologias de algumas empresas que possuem diferentes tipos de fertilizantes aos quais são adicionados algum tipo de polímero ou revolvimento, conferindo a eles liberação controlada ou lenta pela estabilização dos grânulos do mineral ali contido (associados com inibidores de urease e nitrificação).

A liberação gradativa ou controlada dos fertilizantes é aquela que possui mecanismos para fornecer os nutrientes para as culturas por um período maior, otimizando assim a absorção dos mesmos, reduzindo as perdas (ZAVASCHI, 2010). Desta forma, diversos mecanismos para controlar a liberação dos nutrientes têm sido testados (polímeros orgânicos, polímeros inorgânicos, substâncias húmicas, extratos de algas, compostos orgânicos, gerenciadores hídricos), com resultados variados (BANSIWAL et al., 2006; ZHANG et al., 2006).

Os polímeros são utilizados na agricultura especialmente como revestimento de fertilizantes. Estes são constituídos por macromoléculas denominadas monômeros, que são formadas por grandes cadeias químicas orgânicas ou inorgânicas em sua estrutura. Como

exemplo dos diversos polímeros disponíveis no mercado, podemos citar os polímeros não biodegradáveis e os polímeros biodegradáveis (CALABY-FLOODY et al., 2018). Os polímeros não biodegradáveis podem apresentar um custo elevado e, podem apresentar potencial elevado de poluente e contaminação, sendo considerados tóxicos e um potencial fator para impacto ambiental de acordo com o grau de degradação deste polímero (NAZ; SULAIMAN, 2016).

Os fertilizantes revestidos com polímeros não apresentam diferença quanto ao manejo e à época de aplicação, quando comparado aos fertilizantes minerais convencionais (VIEIRA et al., 2004). Desta maneira, as diferenças ocorrem quanto à eficiência das adubações, sendo que a tecnologia aplicada aos adubos polimerizados busca reduzir as perdas de nutrientes principalmente relacionados à lixiviação, fixação e volatilização presentes nos outros tipos de fertilizantes (ZAHRANI, 2000).

De acordo com Melgar (2005), fertilizantes com tecnologia para liberação controlada apresentam as seguintes características: uma única aplicação é capaz de atender a demanda da cultura durante todo o ciclo; maior eficiência e potencial de recuperação dos nutrientes pelas plantas quando aplicado; potencializa a rentabilidade pela redução operacional e eficiência agrônômica da tecnologia; corroboram para sustentabilidade, preservando as fontes finitas, aplicando-se doses inferiores com maior eficiência na área.

Guareschi et al. (2013), em estudo realizado com aplicação de ureia revestida com polímeros a campo, em Rio Verde (Estado de Goiás), avaliando o desempenho de milho sob sistema plantio direto, concluíram que a aplicação desta tecnologia na dose de 150 kg ha⁻¹ de N apresentou maior produtividade de milho, comprimento de espigas e massa de mil grãos quando comparado à ureia sem revestimento.

Por outro lado, algumas empresas têm direcionado os estudos e suas tecnologias para o potencial de uso dos extratos de algas no incremento e desenvolvimento vegetal. Seu conteúdo em hormônios de crescimento (auxinas, giberelinas, citocininas e ácido abscísico), metabólitos, vitaminas e aminoácidos, juntamente com todos os seus demais constituintes, são a chave para o sucesso das macroalgas como promotoras do crescimento e fortalecimento das estruturas vegetais (SOUSA, 2012; PISE et al, 2010).

É relatado também influência pós aplicação dos extratos de algas a estresses bióticos e abióticos nas culturas. Estas pesquisas mostram que, mesmo em baixas concentrações, os produtos à base de extratos de algas afetam o desenvolvimento vegetal e que seus compostos bioativos proporcionam melhorias nos processos fisiológicos,

reduzindo a formação de espécies reativas de oxigênio (ROS) e potencializando a taxa fotossintética (KHAN et al., 2009; CARVALHO et al., 2013, 2014).

Dentre as tecnologias mais avançadas, estão as relacionadas a fonte de fósforo. No caso do P, a aplicação de aditivos de afinidade ao ferro e alumínio, elementos constantes no solo responsáveis por sua fixação e, por consequência, pela redução de sua absorção pelas plantas, se configura como estratégia a ser adotada visando ao aumento na eficiência do fertilizante fosfatado com o seu revestimento por polímeros aniônicos (REIS JR.; SILVA, 2012).

A utilização dos fertilizantes fosfatados revestidos por polímeros (FIGUEIREDO et al. 2012) é uma opção para redução da adsorção do P pelos colóides do solo, onde o agente de revestimento é responsável por reduzir e manter um menor contato entre o nutriente e os óxidos de Fe e Al, que seriam responsáveis por indisponibilizar o P para as plantas (GAZOLA et al. 2013).

Uma alternativa que tem ganhado espaço no mercado são os fertilizantes organominerais, provenientes das misturas de compostos orgânicos e fertilizantes minerais já tradicionalmente adotadas. Percebe-se que a utilização de resíduos orgânicos é uma fonte eficiente e apresenta um grande potencial na economia de nutrientes. Isto devido à maior eficiência dos fertilizantes organominerais frente as fontes convencionais. Estimativas apontam que a destinação dos resíduos agrícolas para produção de fertilizantes pode suprir cerca de 40% do consumo nacional de fertilizantes N-P-K (CRUZ et al., 2017).

Deste modo, este tipo de tecnologia surge como alternativa para a produção de fertilizantes especiais na agricultura que visa incrementar ainda mais os ganhos em produtividade para as culturas. Vários são os estudos que correlacionam o aporte de fertilizantes sobre a produtividade e o desenvolvimento de diferentes cultivos (SPADOTTO; RIBEIRO, 2006).

8. CULTURA DO MILHO

A cultura do milho vem se destacando no cenário nacional por seus altos preços e por estar atrelada à soja como sucessão, sendo plantada na safra verão e amplamente na safrinha. Possui grande importância econômica, principalmente devido a sua diversidade de consumo, podendo ser utilizado na cadeia de alimentação, bem como na produção de biocombustíveis (FORNASIERI, 2007).

Na safra 2020/2021, a área cultivada com milho no Brasil foi de 19,93 milhões de hectares, com produção de 87,06 milhões de toneladas (Companhia Nacional de Abastecimento, 2022), o que proporcionou ao país a terceira posição no ranking de maiores produtores de milho no mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China. Ainda Segundo a CONAB (2021), a produtividade média de grãos de milho do Brasil foi de 4.366 kg ha⁻¹ na safra 2020/2021. Porém, a safra brasileira de milho é dividida basicamente em 1ª e 2ª safra, e a produtividade de milho cultivado na 1ª safra foi de 5.687 kg ha⁻¹ na safra 2020/2021, sendo maior que na 2ª safra, que foi de 4.050 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021).

Segundo Sangoi et al. (2010a), a produtividade média brasileira é considerada baixa quando comparada à média obtida por países como os Estados Unidos, que possui produtividades superiores a 10.000 kg ha⁻¹.

Segundo o mesmo autor, a diferença de produtividade se atribui a diversos fatores, como escolha dos genótipos adaptados às regiões de cultivo, definição da população por hectares das plantas e baixas doses de fertilizantes (SANGOI et al., 2010b).

Segundo Paiva et al. (2012) dentre os principais fatores que impactam na produtividade brasileira são os baixos teores de P e de N nos solos e a falta de estudos em campo que definam as melhores doses dos nutrientes para adequada nutrição das plantas.

De acordo com Rebequi et al. (2011) o fator que mais impacta o aumento da produção na maioria das culturas é a fertilização do solo e a nutrição mineral adequada, o que não deve ser diferente para a cultura do milho.

Devido aos altos preços dos insumos, buscam-se alternativas para reduzir os custos de produção e manter as altas produtividades. A utilização de fertilizantes organominerais tem se tornado uma alternativa interessante, visto que contribui com as propriedades físicas, químicas, biológicas do solo, proporcionando crescimento radicular, absorção de água e nutrientes pelas plantas (SOUSA et al., 2012), consequentemente aumentos de produtividade no milho.

Neste contexto, alternativas para fertilização e nutrição da cultura do milho devem ser estudadas a fim de se obter um melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas e uma consequente elevação da produtividade.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. P.; QUEIROZ, T.R. Caracterização dos aspectos e impactos econômicos, sociais e ambientais do setor sucroalcooleiro Paulista. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2008. Anais... Rio Branco: [s.n.], 2008. 21 p.
- ANDRADE, R. P.; PADUA, O. G. S.; JANEGITZ, M. C. REIS, W.; GALLI, G. A.; SILVA, C. A.; CARDOSO, N. V. Desenvolvimento de MPB de cana de açúcar em função do uso de nitrogênio e torta de filtro no solo. *Colloquium Agrariae*, vol. 14, n. Especial, Jul-Dez, 2018, p. 06-12.
<https://doi.org/10.5747/ca.2018.v14.nesp.000250>
- BEAUCLAIR, E. G. F.; OTAVIANO, J. A.; MALFATO, C. A. Condicionador orgânico de solo no incremento da produtividade da cana-de-açúcar. Ribeirão Preto: Idea News, 2007.
- BENITES, V. N.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. In: FERTBIO, 2010. Anais... Guarapari: [s.n.], 2010, 4 p.
- BENITES, V. N.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. In: FERTBIO, 2010. Anais... Guarapari: [s.n.], 2010, 4 p.
- BIEDERMAN, A.; HARPOLE, W. S. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB Bioenergy*, v. 5, n. 2, p. 202-214, 2013.
<https://doi.org/10.1111/gcbb.12037>
- BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas. Porto Alegre: Gênese, 2008. 344p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 61, de 08 de julho de 2020. Brasília, DF, 2020. Disponível em: < in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf (www.gov.br). Acesso em: 23 maio. 2022.
- CALABY-FLOODY, M.; MEDINA, J.; RUMPEL, C.; CONDRON, L.M.; HERNANDEZ, M.; DUMONT, M.; LUZ MORA, M. "Chapter three-Smart fertilizers as a strategy for sustainable agriculture". *Advances in Agronomy*, Basel, v.147, p. 119-157, 2018.
<https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.10.003>
- CANELLAS, L. P.; BUSATO, J. G.; CAUME, D. J. O uso e o manejo da matéria orgânica humificada sob a perspectiva da agroecologia. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. (Ed). *Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas*. Rio de Janeiro: UENF, 2005. p. 244-267.

COELHO, A. M. Indicadores do consumo de fertilizantes na cultura do milho no Brasil. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. (Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo, ano 02, ed. 06). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/grao/6_edicao/grao_em_grao_artigo_01.htm>. Disponível em: 9 abril. 2019.

Companhia Nacional de Abastecimento (2022). Safra brasileira de grãos: boletim da safra de grãos, março 2022. <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos>.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Acompanhamento da safra brasileira: grãos 2021/2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/39691_7cfce4cdbe69deafc9a9a0cad72d554d>. Acesso em: 27 nov. 2021.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-Café. Campanha Nacional de Abastecimento. 2018b. V.5- Safra 2018 n.4- Quarto levantamento. Brasília, p.1-84.

CONAB-COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Cana-de-Açúcar. Acompanhamento da safra brasileira. Primeiro levantamento. Brasília, CONAB, v.6, Safra 2019/2020, p1- 58, Maio de 2019a.

CONAB-COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-Grãos. Acompanhamento da safra brasileira. Oitavo levantamento. Brasília, CONAB, v.6, Safra 2018/2029, p1- 69, Maio de 2019b.

CONAB-COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-Grãos. Acompanhamento da safra brasileira. Oitavo levantamento. Brasília, CONAB, v.6, Safra 2020/2021, p1- 69, Junho de 2021b

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. dos S.; FIGUEIREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. BNDES Setorial 45: Indústria química, p. 137-187, 2017

CRUZ, A.C; PEREIRA, F.S; FIGUEREDO, V.S. Fertilizantes Organominerais de resíduos do Agronegócio: Avaliação do Potencial Econômico Brasileiro. In: BNDES Setorial. v. 45, p. 137- 187.2017.

DINIZ, J. A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. UFPB/EMATER/RO. 2012 Disponível em:<<http://www.emater.ro.gov.br/siteemater/arquivos/publicacoes/01102012094629.pdf>>. Acesso em: 22 maio. 2019.

FIGUEIREDO, C.C.; BARBOSA, D.V.; OLIVEIRA, S.A.; FAGIOLI, M.; SATO, J.H. Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho. Rev. Ciênc. Agron., v. 43, n. 3, p. 446-452, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000300005>

FORNASIERI FILHO, D. Manual da cultura do milho. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576 p.

FRANCO et al., 2019 <Fertilizantes especiais: Tecnologia para altas produtividades (revistacampoenegocios.com.br)> Acesso em: 25 jun. 2022

FRANCO, F. O. Fontes de fósforo na implantação de sistema integração lavoura-pecuária-floresta: atributos físicos do solo, matéria orgânica e produtividade da soja. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

FRAVET, P. R. F.; SOARES, R. A. B.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira da cana-de-açúcar. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.34, n.3, p. 618-624, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300013>

GAZOLA, M R.N.; BUZETTI, S.; DINALLI, R.P.; FILHO, M.C.M.T.; CELESTRINO, T.S. Efeito da aplicação de fosfato monoamônio revestido por diferentes polímeros na cultura do milho. Rev. Ceres, Viçosa, v. 60, n.6, p. 876-884, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000600016>

GEOCICLO. Disponível em: <<http://www.geociclo.com.br/index.php/fertilizantes/faq/>>. Acesso em: 22 maio. 2019.

GUARESCHI, R.F.; PÉRIN, A.; GASOLLA, P.R.; Produtividade de milho submetido à aplicação de ureia revestida por polímeros. Gl. Sci Technol, Rio Verde, v. 06, n. 02, p.31 - 37, 2013. <https://doi.org/10.14688/1984-3801.v06n02a04>

GUERRA, G. P. B. A política nacional de resíduos sólidos: como o brasil lida com o lixo? Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Politize. 2018. Disponível em:< <https://www.politize.com.br/politica-nacional-de-residuos-solidos/#toggle-id-1>>. Acesso em: 12 maio. 2019.

KIEHL, E. J. Fertilizantes Orgânicos. Piracicaba: Ceres, 1985. 492 p.

LAFORET, M. R. C. A transferência de tecnologia de processos de produção de fertilizantes organominerais: pesquisa-ação sobre uma parceria público-privada. 184 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento) - Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), Rio de Janeiro, 2013.

LAL, R. Challenges and opportunities in soil organic matter research, European Journal of Soil Science, vol. 60, 2009, p. 158-169. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2008.01114.x>

LANA, R. M. Q. Fertilizantes organominerais na cultura do café. 2018.

LEHMANN, J. et al. Biochar for Environmental Management- Science and Technology, Earthscan, London, 2009.

LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDON, M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems a review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, Netherlands , v. 11, n. 2, p. 403-427, 2006.
<https://doi.org/10.1007/s11027-005-9006-5>

LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso em: 3 abril. 2019.

LOPES, A. S. Manual internacional de fertilidade do solo. Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. 2 ed., rev. e ampl. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177 p.

MADARI, B. E.; COSTA, A. R.; CASTRO, L. M.; SANTOS, J. L.; BENITES, V. M.; ROCHA, A. O.; MACHADO, P. L. O. A. Comunicado Técnico 125. Goiânia, GO. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. 2006. 4 p.

MAGELA, M. L. M. Fontes de matéria orgânica na composição de fertilizantes organominerais peliculados na cultura do milho 2017. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2017.

MAGELA, M. L. M. Fontes de matéria orgânica na composição de fertilizantes organominerais peliculados na cultura do milho 2017. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2017.

MAJOR, J.; RONDON, M.; MOLINA, D.; RIHA, S.J.; LEHMANN, J. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Revista Plant Soil. v. 333, p. 117-128, 2010.
<https://doi.org/10.1007/s11104-010-0327-0>

MELGAR, R. Novos produtos fertilizantes. Workshop Internacional de Fertilizantes. Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes. IFA. Frankfurt, Alemanha, 2005.

NAZ, M.Y., SULAIMAN, S.A. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: a review. Journal of Controlled Release, [s.l.], v. 225, p.109-120, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2016.01.037>
<https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2016.01.037>

NÓBREGA, I.P.C. Efeitos do biochar nas propriedades físicas e químicas do solo: Sequestro de Carbono no solo. 2011. 46p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa/Portugal.

NOVAK, J. N.; BUSSCHER, W. J.; LAIRD, D. L.; AHMEDNA, M.; WATTS, D. W.; NINANDOU, M. A. S. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. *Soil Science*, v. 174, n. 2, p. 105-112, 2009. <https://doi.org/10.1097/SS.0b013e3181981d9a>

OLIVEIRA, D. P. Fontes de matéria orgânica para a formulação de fertilizantes organominerais peletizados no desenvolvimento da cultura do sorgo. 2016, 46 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2016.

PAIVA, M. R. F. C. et al. Doses de nitrogênio e de fósforo recomendadas para produção econômica de milho-verde na Chapada do Apodi-RN. *Revista Caatinga*, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2012.

PAULETTI, V. et al. Rendimento de grãos de milho e soja em uma sucessão cultural de oito anos sob diferentes sistemas de manejo de solo e de culturas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.33, n.3, p. 491 - 495, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000300015>

PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances. A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. *Adv. Agron.*, v. 75, p. 57-134, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(02\)75003-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(02)75003-7)

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na agricultura. Circular Técnica 19. Jaguariúna, SP. 2008. Disponível em :<http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular_19.pdf>. Acesso em: 19 abril. 2019.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RAMOS, L. A., LANA, R. M. Q., KORNDORFER, G. H., SILVA, A. A. Effect of organo mineral fertilizer and poultry litter waste on sugarcane yield and some plant and soil chemical properties. *African Journal of Agricultural Research*, v.12, n. 1, p.20-27, 2017. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11024>
<https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11024>

REBEQUI, A. M. et al. Crescimento e produção de maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis e combinações de adubações nitrogenada e potássica no solo e foliar nas plantas. *Revista Magistra*, v. 23, n.1-2, p.45-52, 2011

REIS JR, R.A.; SILVA, D.R.G. Avaliação das características físicas e físico químicas de fertilizantes nitrogenados e fosfatados revestidos por polímeros. *Magistra*, Cruz das Almas, BA. vol. 24, n. 2, p. 145-150. 2012.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. Substâncias húmicas aquáticas: interação com espécies metálicas. São Paulo: Ed. UNESP, 2003. 138 p.

ROCHETTE, P. et al. Banding of urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil. *Journal of Environmental Quality*, Madison, WI, v. 38, p. 1383-1390, 2009. <https://doi.org/10.2134/jeq2008.0295>
<https://doi.org/10.2134/jeq2008.0295>

ROJAS, C.A.L. et al. Volatilização de amônia da ureia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura invernais no centro-sul do Paraná. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v. 39, p. 261-270, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100027>
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100027>

ROSA, A. H.; ROCHA, J. C.; SAREGENTINI JUNIOR, E. Humic substances and extraction. In: SWIFT, R. S.; SPARK, K. M. (Ed.). *Understanding and managing organic matter in soils, sediments and waters*. New York: Wiley & Sons, 2001. p. 41-46.

ROSA, C. M.; CASTILHOS, R. M. V.; VAHL, L. C.; CASTILHOS, D. D.; PINTO, L. F. S.; OLIVEIRA, E. S.; LEAL, O. A. Efeitos de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:959-967, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400020>

ROSATO, M.M.; BOLONHEZI, A.C.; FERREIRA, L.H.Z. Substâncias húmicas sobre qualidade tecnológica de variedades de cana-de-açúcar. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 43-48, 2010. <https://doi.org/10.5380/rsa.v11i1.16076>

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. *Adubação: resíduos alternativos*. Brasília, DF: EMBRAPA, 2007. Disponível em: Acesso em: 30 Mai. 2017.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. *Adubação: resíduos alternativos*. Brasília, DF: EMBRAPA, 2007. Disponível em: Acesso em: 30 Mai. 2019.

ROYO, J. *Adubação organomineral reduz aplicações de nutrientes em 40%*. 2010. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21891&secao=Agrotemas>. Acesso em: 20 maio. 2019.

SANGOI, L. et al. Volatilização de N-N₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v. 33, p. 87-692, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000400016>
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000400016>

SANGOI, L. SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. *Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos do milho*. Lages: Graphel, 2010b.

SANGOI, L.; SILVA P.R.F.; ARGENTA G.; RAMBO, L.; Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos. Lages: Graphel, 2010a.

SANTOS, A.; BELLIN, I. C.; CORBI, P. P.; CUIN, A.; ROSA, A. H.; REZENDE, M. O. O.; ROCHA, J. C.; MELNIKOV, P. Competition between humic "Substâncias húmicas: interações com nutrientes e contaminantes" 72 BOTERO, W. G. - Tese de Doutorado - IQAr - UNESP - 2010 substances and alpha-amino acids by metal species. J. Braz. Chem. Soc., v. 15, n. 3, p. 437-440, 2004.
<https://doi.org/10.1590/S0103-50532004000300016>

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade Tecnológica da Cana-de-Açúcar Sob Adubação com Torta de Filtro Enriquecida com Fosfato Solúvel. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Dourados, v. 15, n. 5, p. 443-449, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000500002>

SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999.

SERUDO, R.L.; ROCHA, J.C.; SILVA, H.C.; PATERLINI, W.C.; ROSA, A.H. Reduction of mercury (Hg) by tropical soil humic substances from Carvoeiro Region (battered by black water) - Rio Negro - AM/Brasil. In: INTERNATIONAL MEETING OF INTERNATIONAL HUMIC SUBSTANCES SOCIETY, 12., 2004, São Pedro. Humic substances and soil and water environment: proceedings... São Paulo: IHSS, 2004. p.78.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. Revista Biológica e Ciências da Terra, Campina Grande. v.5, n.1, p 1-5, 2004.

SILVA, J.G.; ARAÚJO, A.P.; VIEIRA, S.M.; FRANÇA, M.G.C. Tuber Chemical Composition and Acrylamide Formation Potential in three Potato Cultivars Supplied with two Nitrogen Sources. American Journal of Potato Research. v.93, p.572-580. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12230-016-9537-1>
<https://doi.org/10.1007/s12230-016-9537-1>

SIZMUR, T.; QUILLIAM, R.; PUGA, A. P.; MORENO, J. E.; BEESLEY, L.; GOMES, E. J. L. Application of biochar for soil remediation. Agricultural and Environmental Applications of Biochar: Advances and Barriers, p. 295-324, 2015.
<https://doi.org/10.2136/sssaspecpub63.2014.0046.5>

SOFFIONI, E. Peletização. 2015. Disponível em: < <http://cbna.com.br/arquivos/Palestra-6---Eduardo-Soffioni.pdf> >. Acesso em 01 junho 2019.

SOUSA, R. T. X. de S. Fertilizante organomineral para a produção de cana-de-açúcar. 2014. 87 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

SOUSA, R. T. X.; HENRIQUE, H. M.; KORNDÖRFER, G. H. Teste de performance em híbridos de Milho com uso de Geofert em Santana de Vargem - MG. Empresa Geociclo, Minas Gerais. 10 p, 2012. Disponível em: <http://www.geociclo.com.br/wp-content/uploads/2012/07/Lamina-Geofert_MILHO.pdf> Acesso em: 20 maio. 2019.

SOUSA, R. T. X.; HENRIQUE, H. M.; KORNDÖRFER, G. H. Teste de performance em híbridos de Milho com uso de Geofert em Santana de Vargem - MG. Empresa Geociclo, Minas Gerais. 10 p, 2012. Disponível em: <http://www.geociclo.com.br/wp-content/uploads/2012/07/Lamina-Geofert_MILHO.pdf> Acesso em: 20 maio. 2019.

SOUZA, B. R. F. Efeito residual da adubação orgânica e mineral nos atributos de produtividade e agroindustriais na cana-soca. 2013. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em agronomia. Aquidauana, 2013.

STEHLICKOVA, J.; SVAB, M.; WIMMEROVA, L.; KOZLER, J. Intensification of phenol biodegradation by humic substances. Int. Biodet. Biodegr., v. 63, p. 923-927, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2009.06.007>

STEHLICKOVA, J.; SVAB, M.; WIMMEROVA, L.; KOZLER, J. Intensification of phenol biodegradation by humic substances. Int. Biodet. Biodegr., v. 63, p. 923-927, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2009.06.007>

STEINER, J.; ZECH, W. TEIXEIRA, W. G. Microbial activity as soil quality indicator in annual and perennial plantations treated with charcoal, mineral or organic fertilizer in a highly weathered Amazonian upland soil. In: 18th. WORD CONGRESS OF SOIL SCIENCE. Philadelphia, Pennsylvania. Resumos. 2006. P.72

STEVENSON, F. J. Extraction, fractionation, and general chemical composition of soil organic matter. Humus chemistry. New York: Wiley & Sons, 1982. p. 26-53.

STEVENSON, F. J. Extraction, fractionation, and general chemical composition of soil organic matter. Humus chemistry. New York: Wiley & Sons, 1982. p. 26-53.

STEVENSON, F. J. Humus chemistry. 2nd ed. New York: John Wiley, 1994a. 496 p.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. Cycles of soil. carbon, nitrogen, phosphorus, sulphur, micronutrients. New York: John Wiley, 1985. 380 p.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. Cycles of soil. carbon, nitrogen, phosphorus, sulphur, micronutrients. New York: John Wiley, 1985. 380 p.

TAIZ, L; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TAIZ, L; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TASSO JÚNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; FRANCO, A.; NOGUEIRA, G. de A.; NOBILE, F. O. de; CAMILOTTI, F.; SILVA, A. R. da. Produtividade e qualidade de cana de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. Engenharia Agrícola, v. 27, n. 1, p. 276-283, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000100022>

TEIXEIRA, W.G; SOUSA, R.T.X., KORNDÖRFER, G. H. Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. Bioscience Journal, v. 30, n. 6, p. 1729-1736, 2014.

TEJADA, M.; BENITEZ. C.; GONZALEZ, J.L. Effects of Application of Two Organomineral Fertilizers on Nutrient Leaching Losses and Wheat Crop. Agronomy Journal, Madison, v.97, p.960-967, 2005. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0092>

TRENKEL, M.E. Slow and controlled release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture. Second edition, Ed. IFA. Paris. France, 2010.

VAN ZWIETEN, L.; KIMBER, S.; MORRIS, S. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility, Plant and Soil, Dordrecht, v. 327, p. 235-246, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0050-x>

VERHEIJEN, F.G.A.; JEFFERY, S.; BASTOS, A.C.; VAN DER VELDE, M.; DIAFAS, I. Biochar Application to Soils - A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. EUR 24099 EN, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 149pp. 2009

VIEIRA, B.A.R.M. de; TEIXEIRA, M.M. Adubação de liberação controlada chega como solução. Revista Campo & Negócios, v.41, n.3, p.4-8, 2004.

WARDLE, D. A., NILSSON, M. C.; ZACKRISSON, O. Fire-derived charcoal causes loss of forest humus, Science, New York, v. 320, n. 5876, p. 629, 2008. <https://doi.org/10.1126/science.1154960>

WEEKS JR., J.J.; HETTIARACHCHI, G.M. A Review of the Latest. In: Phosphorus Fertilizer Technology: Possibilities and Pragmatism. Journal of Environmental Quality. [s.l.] v. 48, n. 5, p. 1300-1313. 2019. <https://doi.org/10.2134/jeq2019.02.0067>

WERSHAW, R. L. Model for humus in soils and sediments. Environ. Sci. Technol., v. 27, n. 2, p. 814-816, 1993. <https://doi.org/10.1021/es00042a603>

YUAN, J.; XU, R.; QIAN, W.; WANG, R. Comparison of the ameliorating effects on an acidic ultisol between four crop straws and their biochars. *Journal of Soils and Sediments*, v. 11, n. 5, p. 741-750, 2011c. <https://doi.org/10.1007/s11368-011-0365-0>

ZAHRANI, S. Utilization of polyethylene and paraffin waxes as controlled delivery systems for different fertilizers. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Washington, v.39, n.3, p.367-371, 2000. <https://doi.org/10.1021/ie980683f>

CAPÍTULO 2

Efeito residual dos fertilizantes organominerais farelados a base de biochar e torta-de-filtro e sua influência nos fatores químicos do solo.

RESUMO

RODRIGUES, VINICIUS WILLIAM BORGES RODRIGUES. Efeito residual dos fertilizantes organominerais farelados a base de biochar e torta-de-filtro e sua influência nos fatores químicos do solo. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹

O uso dos fertilizantes organominerais (OM) é tido como uma opção para a adubação das plantas, sendo mais eficiente no fornecimento da demanda de nutrientes nos estágios iniciais das mesmas e promovendo um efeito residual no solo. O objetivo deste estudo foi analisar o residual, em casa de vegetação, dos fertilizantes organominerais farelados, sua mistura com substâncias húmicas (SH), e comparar com o uso de outros tipos de adubações na cultura do milho. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, num esquema fatorial 7x4+1, com quatro repetições por tratamento. O primeiro fator formado por sete diferentes fontes de fertilizantes (composto orgânico a base de torta-de-filtro, composto orgânico a base de biochar, OM Torta-de-filtro, OM Biochar, OM Torta-de-filtro + SH, OM Biochar + SH e mineral convencional), o segundo fator foi a variação de doses de nitrogênio (40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹ de N) e por final a adição de uma testemunha absoluta sem aplicação de fertilizantes. As avaliações foram compostas pelo teor de nutrientes residuais no solo aos 70 dias após semeadura. Foi encontrado maior teor de fósforo residual no solo na dose de 160 kg ha⁻¹ em todas as fontes aplicadas. Para o potássio residual destacaram os fertilizantes composto orgânico biochar, mineral e OM Torta-de-filtro. Os maiores teores de matéria orgânica residual no solo, foram observados com a aplicação dos fertilizantes a base de composto orgânico Biochar e Torta-de-filtro. Em geral, os tratamentos compostos de Biochar e Torta de Filtro foram os que obtiveram um melhor índice de efeito residual para nutrientes no solo

Palavras-chave: substâncias húmicas, eficiência agronômica, resíduos.

ABSTRACT

RODRIGUES, VINICIUS WILLIAM BORGES RODRIGUES. **Residual effect of organic-mineral fertilizers based on biochar and filter cake and their influence on soil chemical factors.** Thesis (Doctorate in Agronomy/Phytotechnics) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia¹

The use of organomineral fertilizers (OM) is considered an option for fertilizing plants, being more efficient in supplying the nutrient demand in the initial stages of the same and promoting a residual effect on the soil. The objective of this study was to analyze the residue, in a greenhouse, of mash organomineral fertilizers, their mixture with humic substances (SH), and compare with the use of other types of fertilization in the corn crop. The experimental design was in randomized blocks, in a 7x4+1 factorial scheme, with four replications per treatment. The first factor formed by seven different sources of fertilizers (organic compost based on filter cake, organic compost based on biochar, OM Pie-filter, OM Biochar, OM Pie-filter + SH, OM Biochar + SH and conventional mineral), the second factor was the variation of nitrogen rates (40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹ of N) and finally the addition of an absolute control without fertilizer application. The evaluations were composed by the residual nutrient content in the soil at 70 days after sowing. Higher residual phosphorus content was found in the soil at the rate of 160 kg ha⁻¹ in all applied sources. For residual potassium, biochar, mineral and OM organic compost fertilizers were highlighted. The highest levels of residual organic matter in the soil were observed with the application of fertilizers based on organic compost Biochar and Tarta-de-filter. In general, the treatments composed of Biochar and Filter Pie were the ones that obtained the best residual effect index for nutrients in the soil.

Keywords: humic substances, agronomic efficiency, residues.

¹Advisor Professor: Reginaldo Camargo – UFU

1. INTRODUÇÃO

A utilização dos fertilizantes especiais de liberação gradual ou controlado no campo tem aumentado a cada ano, reduzindo a problemática das perdas por fixação, lixiviação, volatilização e desnitrificação dos nutrientes. Vale destacar, que a utilização dos fertilizantes organominerais promovem melhorias físicas, químicas e biológicas no solo e potencializam o efeito agrônômicos dos fertilizantes minerais aplicados em conjunto (LEMOS, 2017).

Conforme a INSTRUÇÃO NORMATIVA DO MAPA, Nº 23, DE 13 DE AGOSTO DE 2005, da Legislação Brasileira, o fertilizante organomineral é resultante da mistura física ou líquida de fertilizantes orgânicos e minerais, podendo apresentar constituição física: farelada, peletizada, granulada ou líquida. A utilização dos fertilizantes organominerais têm ganhado mais espaço no mercado com o passar dos anos e, em 2018 e 2019 tiveram crescimento médio de 20% ao ano (Tera Ambiental, 2022). Segundo o mesmo autor, os grandes desafios estão na instalação de polos de produção próximo as fontes geradoras de resíduos e polos de produção mineral, ou seja, o fator logístico tem impactado e de certa forma segurado um crescimento mais acelerado para este setor, que segundo ele deve atingir 20% do mercado nacional até 2040.

Segundo Benites et al. (2010) uma das vantagens da utilização dos fertilizantes organominerais é a ciclagem dos nutrientes advinda do reaproveitamento dos resíduos orgânicos agroindustriais. Isto vai de encontro a atual política nacional de resíduos sólidos, que aborda a importância do reaproveitamento e destinação correta dos resíduos com alto impacto ambiental, agregando valor aos mesmos e reaplicando na agricultura.

Alguns autores têm sugerido a utilização dos fertilizantes organominerais para melhoria da qualidade dos solos do cerrado, proporcionando melhor desenvolvimento das plantas e fornecendo a demanda de nutrientes para as culturas de forma gradativa e ainda promovendo um efeito residual no solo (BARON et al., 1995; GONZALEZ et al., 1992).

Pauletti et al. (2003) afirmam que a utilização de fertilizantes organominerais promovem incremento gradual da fertilidade do solo, havendo a estabilização dos nutrientes e aumento da produtividade, visto que nos, quando há o ataque dos microrganismos do solo à matriz orgânica, ocorre a liberação gradual dos nutrientes (slow release) e substâncias húmicas.

Tal fato, quando em comparação com fertilizantes químicos, representa uma das maiores vantagens do fertilizante especial, visto que se os nutrientes forem imediatamente

disponibilizados no solo, podem ser perdidos por volatilização, fixação ou lixiviação. Já no fertilizante organomineral, quando há a ação dos microorganismos do solo à matriz orgânica, ocorre a liberação gradual dos nutrientes. Efeito este conhecido como liberação gradual ou “*slow release*” (TEIXEIRA; SOUSA; KORNDÖRFER, 2014).

Com o avanço da tecnologia, há uma alta demanda por fontes orgânicas para produção dos fertilizantes organominerais, com destaque para o uso da cama de frango, esterco e resíduos provenientes da atividade agroindustrial sucroalcooleira, como é o caso das cinzas e torta-de-filtro. Buscando melhorar a qualidade dos compostos orgânicos para produção dos fertilizantes organominerais, tem-se estudado a utilização da pirólise de biomassa para geração do biochar.

O biochar é um produto obtido da decomposição térmica do resíduo sólido entre 300 °C a 600 °C em condições de ausência total ou parcial de oxigênio (processo de pirólise). O Processo de pirólise proporciona que aproximadamente 50% do carbono contido no resíduo inicial, possa ser retido dentro do biochar. Possui como característica, forte estrutura com cadeias aromáticas e isto acarreta uma característica recalcitrante (difícil degradação) quando comparado à outras formas de matéria orgânica no solo Nóbrega (2011).

À medida que ocorre a oxidação do biochar no solo, ocorre a formação de radicais carboxílicos e fenólicos, que apresentam cargas negativas, efeito potencial para características como a capacidade de troca de cátions no solo. Fatores que implicam em maior ou menor oxidação são os fatores climáticos e características físicas do solo.

Além disso, biochar pode potencialmente influenciar um elevado número de propriedades do solo incluindo o pH, porosidade, capacidade de retenção de água e a densidade. A retenção dos íons da solução do solo através de uma combinação de complexação, principalmente para íons metálicos. No entanto, a influência do biochar nos solos pode variar significativamente visto que as suas propriedades variam muito, dependendo da qualidade e quantidade de biomassa e das condições da pirólise, não esquecendo que existe uma heterogeneidade a nível de solos.

Considerando os benefícios do uso dos fertilizantes organominerais adicionados a possível melhoria da matriz orgânica, principalmente quando atribuída a ela o processo de pirólise e produção do biochar, objetivou-se, neste trabalho, analisar o efeito residual dos fertilizantes organominerais farelados, sua mistura com substâncias húmicas e compará-los aos resultados alcançados quando utilizados outras fontes de nutrientes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Produção e obtenção dos fertilizantes

Os fertilizantes estudados aqui foram produzidos na empresa Geociclo Biotecnologia S/A, com sede em Uberlândia-MG, com as seguintes características:

- Torta defiltro compostada – neste processo a torta de filtro foi coletada nas usinas sucroalcooleiras. Posteriormente, passou por um processo de compostagem assistida, até obter a estabilização, com posterior secagem. Após alcançar a umidade em torno de 25%, esta foi separada em fertilizante orgânico e misturada aos fertilizantes minerais solúveis (ureia, mono amônio fosfato - MAP e cloreto de potássio) para obtenção do fertilizante organomineral farelado.
- Pirólise da torta-de-filtro para produção do biochar – Para este processo a torta de filtro foi adicionada a um reator de pirólise com temperatura constante de 400 °C. Após a carbonização deste material foi obtido um produto final, conhecido como Biochar, tendo o teor de cinzas em torno de 77%. Com isso, este material foi separado para produção do fertilizante orgânico a base de biochar para fabricação do fertilizante organomineral farelado em mistura com outros fertilizantes minerais solúveis.
- Adição de substâncias húmicas – Após a produção dos fertilizantes organominerais farelados, obtidos a partir da compostagem e pirólise da torta-de-filtro, foram separadas algumas amostras para adição de substâncias húmicas a base de ácidos húmicos advindos da extração destes a partir da Leonardita, na proporção de 15 kg ton⁻¹ de fertilizante organomineral produzido.
- Produção do fertilizante mineral convencional – este fertilizante foi obtido da mistura de grânulos a partir de matérias-primas minerais solúveis como ureia, MAP e cloreto de potássio.



Foto 1. Organomineral farelado a base de torta-de-filtro (A); Organomineral farelado a base de Biochar (B); Reator de Pirólise utilizado para produção do Biochar (C). Fonte (Rosa, 2017).

2.2 Dados gerais

2.3 A composição química dos fertilizantes utilizados está descrita na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros químicos, base úmida, dos fertilizantes utilizados no experimento.

Análises*	Formulações						
	Torta-de-filtro	Biochar	OM Torta-de-filtro	OM Biochar	Om Torta-de-filtro + SH	OM Biochar + SH	Mineral
Umid.	22,2	6,6	4,4	4,3	10,5	4,1	0,9
CO	16,6	16,0	8,2	8,1	7,7	7,9	0,0
N	0,5	0,4	12,0	12,0	12,0	12,0	18,0
P	0,8	0,5	12,0	12,0	12,0	12,0	18,0
K	0,4	0,3	12,0	12,0	12,0	12,0	18,0
CTC	366,1	221,9	110,2	116,3	187,5	198,8	0,0

*Determinações, Umid = umidade, %; CO = carbono orgânico, %; N = nitrogênio total, %; P = P₂O₅ total, %; CTC = Capacidade de Troca Catiônica, mmol kg⁻¹.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Uberlândia, Campus do Umuarama, no período de setembro a novembro de 2017, em vasos plásticos com aproximadamente 18kg de solo. Utilizou-se um Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) com 40% de argila, passado em peneira de malha 4mm. Ele recebeu calcário dolomítico, com PRNT DE 90%, teor de CaO em torno de 46% e MgO de 8%, na proporção de 18g por vaso, com posterior incubação por um período de 60 dias visando a correção da acidez e elevação da saturação por base para 60%. As características da composição química e física do solo, após a aplicação do calcário e incubação do mesmo, são descritas na tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química e física do solo após a aplicação do calcário e incubação por 60 dias.

Análise Química								
pH (H ₂ O)	Ca	Mg	Al	P	K	H+Al	CTC	S-SO ₄
1-2,5	cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³
6,7	1	0,5	0	1	20	1,7	3,25	41
M.O	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V%	M
----- dag kg ⁻¹ -----		----- mg dm ⁻³ -----				----- % -----		
0,6	0,4	0	0,7	9	2,4	0,5	58	0
Análise Textural								
Solo	Areia Grossa		Areia Fina		Silte		Argila	
----- g kg ⁻¹ -----								
LVd	297		250		54		400	

pH em H₂O; Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich⁻¹); S em fosfato de cálcio 0,01 mol L⁻¹; H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,1 mol L⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ a pH 7,3) cmol_c dm⁻³ x 10 = mmol_c dm⁻³ / mg dm⁻³ = ppm / dag kg⁻¹ = %; CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; M.O. = Método Colorimétrico; Metodologias baseadas em EMBRAPA (2009). Análise Textual pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 1997).

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, dispostos em esquema fatorial 7x4+1, com quatro repetições. O primeiro fator formado por sete diferentes fontes de fertilizantes (Tabela 1) e o segundo fator atendido pelo uso de diferentes doses baseados nos teores de nitrogênio dos fertilizantes nas doses de 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N. Devido a equidade dos teores de fósforo (P) e potássio (K) nos fertilizantes organominerais e minerais, os tratamentos com estes fertilizantes receberam estas mesmas doses em teor de nutrientes. Já nos fertilizantes orgânicos as doses de P e K foram diferentes como apresentados (Tabela 3). Assim, a dosagem dos tratamentos com biochar e torta foi estimada levando-se em consideração o teor de nitrogênio (%) presente nestes materiais orgânicos, fixando esse elemento para base de cálculo da dosagem a ser usada e apresentando pequenas variações nas doses de P e K, conforme demonstrando na tabela 3. Também foi realizado a adição de um tratamento controle adicional, sem aplicação de fertilizantes (Tabela 3).

Tabela 3. Tipo de fertilizante, quantidade dos nutrientes e das fontes fornecidas em cada tratamento.

Fonte	Doses			Dose aplicada no solo	Dose/planta	Dose/Fonte
	P ₂ O ₅	N	K ₂ O	kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹	g kg ⁻¹ solo
	kg ha ⁻¹					
	0	0	0	0	0	0
Orgânico Farelado a base de torta de filtro (Torta)	64	40	32	8000	72*	4,0
	128	80	64	16000	144*	8,0
	192	120	96	24000	216*	12,0
	256	160	128	32000	288*	16,0
Orgânico Farelado a base de torta de biochar (Biochar)	50	40	30	10000	90*	5,0
	100	80	60	20000	180*	10,0
	150	120	90	30000	270*	15,0
	200	160	120	40000	360*	20,0
Organomineral a base de torta de filtro (OM Torta)	40	40	40	333,33	3,0	0,17
	80	80	80	666,66	6,0	0,33
	120	120	120	1000	9,0	0,50
	160	160	160	1333,33	12,0	0,67
Organomineral a base de torta de biochar (OM Biochar)	40	40	40	333,33	3,0	0,17
	80	80	80	666,66	6,0	0,33
	120	120	120	1000	9,0	0,50
	160	160	160	1333,33	12,0	0,67
Organomineral farelado a base de torta de filtro + substâncias húmicas (OM Torta + AH)	40	40	40	333,33	3,0	0,17
	80	80	80	666,66	6,0	0,33
	120	120	120	1000	9,0	0,50
	160	160	160	1333,33	12,0	0,67
Organomineral farelado a base de biochar + substâncias húmicas (OM Biochar + AH)	40	40	40	333,33	3,0	0,17
	80	80	80	666,66	6,0	0,33
	120	120	120	1000	9,0	0,50
	160	160	160	1333,33	12,0	0,67
Fertilizante mineral convencional (Mineral)	40	40	40	222,22	2,0	0,11
	80	80	80	444,44	4,0	0,22
	120	120	120	666,66	6,0	0,33
	160	160	160	888,88	8,0	0,44

*Dosagem aplicada em g vaso, baseada nos teores de nitrogênio presentes nas matérias primas utilizadas.

Utilizou-se da torta de filtro, subproduto da atividade canavieira como base orgânica para formação dos fertilizantes organominerais e biochar proveniente da torta de filtro. Foram semeadas, em cada vaso, cinco sementes de milho, cultivar DKB 310 Pro 2. Aos quinze dias após a semeadura (DAS), foi realizado o desbaste deixando-se apenas uma planta por vaso e aos 20 DAS realizou-se a suplementação de macro e micronutrientes (S, Zn, B, Cu e Mn) aplicados de forma líquida aos vasos na proporção de 60; 6,0; 2,2; 1,5;

2,0 kg ha⁻¹ de enxofre, zinco, boro, cobre e manganês respectivamente. Durante toda condução do experimento a irrigação dos vasos manteve-se constante, com capacidade de campo em torno de 80% para todos os tratamentos. Aos 70 DAS, retirou-se as plantas e coletou-se o solo dos vasos para avaliação do efeito residual das fontes dos fertilizantes.

Para determinar o efeito residual da aplicação dos fertilizantes sobre a melhoria das características químicas do solo, após a retirada das plantas e raízes do mesmo, foi coletada uma amostra de solo de cada vaso, sendo encaminhada para o laboratório de análises químicas (macro e micronutrientes), segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (2009).

Os resultados obtidos foram primeiramente submetidos aos testes de pressuposições, homogeneidade, heterogeneidade e aditividade, a fim de avaliar a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias, respectivamente. Após, os dados foram submetidos à análise de variância no programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011) e as médias foram comparadas pelos Testes de Scott-Knott (0,05 de significância) e Dunnet (0,05 de significância). Para a avaliação dos efeitos das doses dos fertilizantes, utilizou-se regressões polinomiais a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, avaliando-se os teores residuais de fósforo resina disponível no solo, não houve correlação significativa entre as fontes de fertilizantes. Assim, independente da fonte avaliada, houve uma tendência de acréscimo nos valores de P-resina à medida que se aumentou as doses dos fertilizantes aplicados no solo, conforme Figura 1. De acordo com a equação linear ajustada, pode-se inferir também que a cada 10 kg de N aplicados no solo, houve um incremento de 9,4 mg dm⁻³ de fosforo disponível, independente da fonte aplicada (Figura 1).

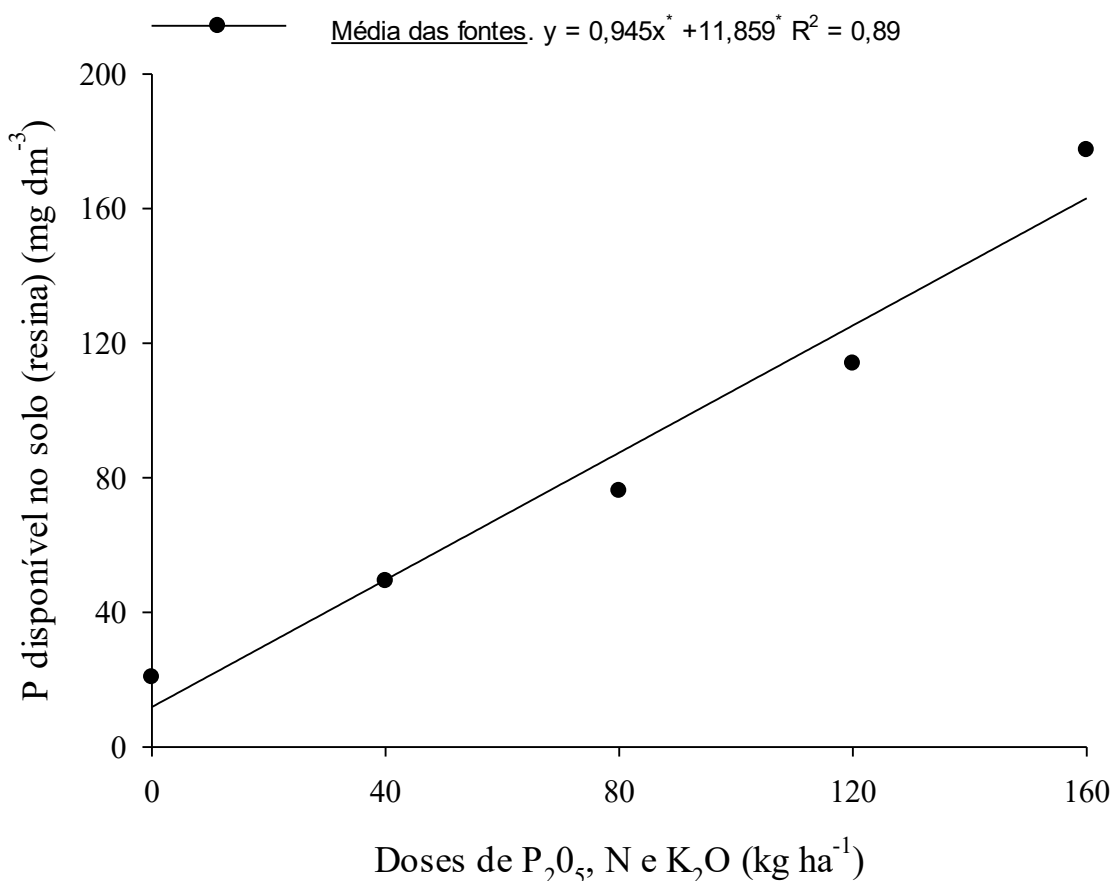


Figura 1. Teores de P disponível no solo (Resina) (mg dm⁻³) em função da aplicação de doses crescentes de P₂O₅, N e K₂O (kg ha⁻¹) através de diferentes fertilizantes

O aumento de P disponível no solo (resina), proporcionado pela aplicação de fertilizantes organominerais, também foi observado por Kiehl (2013) e segundo o autor, este aumento pode estar ligado a presença da matéria orgânica nestes fertilizantes.

A presença da matéria orgânica proporciona o incremento na biodisponibilidade de fósforo solúvel através da complexação de Fe⁺² e Al⁺³ em solos ácidos e do Ca⁺² em solos

alcalinos. Ocasionam o aumento da CTC e da matéria orgânica, corroborando para menor perda de nutrientes (SASAL et al., 2000; TEJADA et al., 2008; GONZÁLEZ et al., 2010).

Segundo Machado et al. (2011), a disponibilidade de P no solo é influenciada pela textura, dose do fertilizante fosfatado e pelo tempo de contato do íon com o solo. Lana et al. (2014) afirmam que quanto maior o teor de argila, maior será a adsorção do P no solo e menor será sua disponibilidade para as plantas. SOUSA et al. (2004) destacam que os solos argilosos quando comparados aos arenosos, requerem quantidades mais elevadas de P para atender à demanda das culturas.

Avaliando-se o teor de P no solo em resposta a aplicação de fertilizantes minerais e organominerais, foi constatado que o efeito da matéria orgânica presente no fertilizante organomineral pode ter contribuído na redução da fixação deste nutriente no solo, favorecendo assim a presença de maiores teores deste elemento na solução (FERNANDEZ et al., 2015).

Martins (2018) avaliando o efeito residual de fósforo no solo após a aplicação de fertilizantes organominerais e minerais na cultura do milho, constatou que não houve diferença significativa para as fontes de organomineral aplicadas no solo, contudo houve tendência de aumento do P disponível quando avaliadas fontes de organominerais em comparativo a fonte mineral TSP isolada.

Tabela 4. Teores de K, Ca e Mg no solo em função da aplicação de doses crescentes de P₂O₅, N e K₂O (kg ha⁻¹) através de diferentes fertilizantes

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Fonte						
	Torta	Biochar	OMTorta	OMBiochar	OMTAH	OMBAH	Mineral
K no solo (mg dm⁻³)							
0	14,7						
40	59,0 a	69,0 a	27,3 a	42,5 a	18,3 a	16,7 a	10,9 a
80	163,0 a*	138,0 a*	55,3 b	53,5 b	29,4 b	19,3 b	13,3b
120	96,0 b*	220,0 a*	178,9 a*	56,3 b	73,2 b	112,4 b*	203,1 a*
160	100,5 d*	308,3 a*	174,4 c*	163,5 c*	104,1 d*	116,5 d*	220,6 b*
Média	102,9	183,6	109,6	77,2	53,8	65,5	111,7
Ca no solo (cmol_c dm⁻³)							
0	0,87						
40	1,33 b	1,93 a*	1,40 b	1,07 c	0,83 c	1,23 b	0,95 c
80	2,43 b*	3,37 a*	1,17 c	1,10 c	1,00 c	0,87 c	0,90 c
120	2,47 b*	3,13 a*	0,73 c	1,13 c	1,00 c	0,93 c	1,03 c
160	4,57 a*	2,97 b*	0,87 c	1,10 c	1,00 c	0,93 c	1,08 c
Média	2,70	2,85	1,04	1,10	0,96	0,99	0,99
Mg no solo (cmol_c dm⁻³)							
0	0,40						
40	0,67 b	0,90 a*	0,53 c	0,43 c	0,53 c	0,53 c	0,35 c
80	0,90 b*	1,40 a*	0,63 c	0,50 c	0,47 c	0,50 c	0,35 c
120	0,63 b	1,40 a*	0,40 c	0,55 b	0,30 c	0,50 b	0,45 c
160	0,63 b	1,47 a*	0,33 b	0,50 b	0,43 b	0,40 b	0,45 b
Média	0,71	1,29	0,48	0,49	0,43	0,48	0,40
S no solo (mg dm⁻³)							
0	43,33						
40	79,00 a	35,67 a	43,00 a	30,00 a	31,00 a	48,33 a	53,00 a
80	62,33 a	66,33 a	44,00 a	42,33 a	39,00 a	50,00 a	58,33 a
120	125,33 a*	67,33 b	43,67 b	43,33 b	55,00 b	38,00 b	64,00 b
160	148,00 a*	92,33 b*	31,25 c	40,00 c	69,00 c	37,00 c	50,00 c
Média	103,67	65,42	40,48	38,92	48,50	43,33	56,33

K no solo - DMS_{Dunnet}: 72,1; CV (%): 35,1. **Ca no solo** - DMS_{Dunnet}: 0,54; CV (%): 17,1. **Mg no solo** - DMS_{Dunnet}: 0,29; CV (%): 22,3. **S no solo** - DMS_{Dunnet}: 48,1; CV (%): 40,8.

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. *Diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Quanto ao teor de potássio presente no solo, o tratamento biochar nas doses de 160 e 120 kg ha⁻¹ e os tratamentos Mineral e OM Torta na dose de 160 kg ha⁻¹ foram os que apresentaram melhores incrementos quando comparados aos demais fertilizantes e doses aplicadas (Tabela 4).

Analisando o efeito residual dos fertilizantes organomirais potássicos na cultura da cana-de-açúcar, Welldy (2013) verificou que a aplicação do fertilizante OM proporcionou um acréscimo médio de 18% no teor de K no solo em relação ao fertilizante mineral. Segundo o mesmo autor, esta diferença pode estar associada ao poder de liberação

gradativa dos fertilizantes organominerais “slow release”, conferido pela presença da matéria orgânica, reduzindo as perdas de potássio no solo por lixiviação.

Em compensação, Wietholter et al. (1994) avaliando e fontes minerais e organominerais a base de cama de aviário, não verificaram diferença significativa no teor de potássio no mesmo, independentemente da fonte utilizada, assim como verificado na dose de 40 kg ha⁻¹ do experimento.

O aumento do teor de P e K no solo neste estudo pode ser explicado pelo efeito da liberação gradual de nutrientes conferido pela fração orgânica do fertilizante organomineral, que pode ter levado a uma menor liberação do P e K logo após ser feita a adubação e a diminuição da perda do K por lixiviação, assim como observado por Teixeira (2013).

Para o estudo do teor de cálcio presente no solo, o tratamento Biochar apresentou os melhores resultados para incrementos deste elemento no solo quando comparado às demais fontes, nas doses de 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ e o tratamento Torta na dose de 160 kg ha⁻¹ (Tabela 4). Quando comparado ao tratamento controle, observamos que somente onde foram aplicados a fonte Biochar, independente da dose utilizada e Torta a partir de 80 kg ha⁻¹ apresentaram diferenças estatísticas para incremento no teor de Ca no solo. Quando avaliamos a aplicação das fontes na maior dose 160 kg ha⁻¹, o tratamento Torta proporcionou maior incremento de Ca disponível no solo.

Major et al. (2010) trabalhando com a aplicação de diferentes dosagens de biochar em uma latossolo de cerrado colombiano durante um período de 4 anos (2003 a 2016) constatou um aumento progressivo no valor de pH do solo após as aplicações do biochar. Neste mesmo estudo, quando avaliado os teores de Ca, Mg e K, também foi observado um aumento expressivo destes cátions de caráter básico com adição do biochar no solo, fato esse que também explica o aumento do pH no solo e a neutralização da acidez.

Quanto ao estudo do teor de magnésio presente no solo, a fonte de fertilizante Biochar apresentou os melhores resultados quando comparada às demais, independente da dose utilizada. Um fato bastante interessante, visto que esta fonte, conseguiu proporcionar teores extremamente significativos no solo, sendo que em solos do cerrado a disponibilidade deste elemento é limitada e muitas vezes compete com cálcio e potássio na solução do solo. Outro fator observado, foi que para Biochar, independente da dose utilizada e Torta na dose de 40 kg ha⁻¹, apresentaram significância para incremento no teor de Mg encontrado no solo, quando comparado às demais fontes.

Ao avaliar teor de enxofre residual no solo, não houve diferença significativa entre as fontes para as doses de 40 e 80 kg ha⁻¹. Somente observamos significância para incremento no teor de S no solo, quando avaliamos nas doses mais elevadas 120 e 160 kg ha⁻¹, sendo a fonte Torta superior às demais fontes. Esta fonte apresentou um crescimento linear para incremento de S quando aplicado a Torta no solo, contudo não significativo quando avaliada a dose frente as fontes estudadas. Quando comparado ao tratamento controle, somente torta como fonte nas doses 120 e 160 kg ha⁻¹ e Biochar na dose 120 kg ha⁻¹ apresentaram significância para incremento de enxofre nos teores residuais no solo.

Tabela 5. Teores de Fe, Zn, Mn e B no solo em função da aplicação de doses crescentes de P₂O₅, N e K₂O (kg ha⁻¹) através de diferentes fertilizantes

Dose de P ₂ O ₅ , N e K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Fonte						
	Torta	Biochar	OMTorta	OMBiochar	OMTAH	OMBAH	Mineral
Fe no solo (mg dm⁻³)							
0				7,33			
40	5,50 a	7,00 a	4,00 a	6,67 a	4,75 a	7,33 a	4,75 a
80	30,30 a*	13,25 b	5,75 c	5,25 c	3,75 c	3,75 c	4,00 c
120	24,00 a*	15,67 b	11,75 c	5,00 c	11,33 c	7,00 c	10,67 c
160	72,00 a*	16,00 b	16,33 b	14,00 b	10,67 b	11,67 b	12,00 b
Média	33,0	12,98	9,46	7,72	7,63	7,44	7,85
Zn no solo (mg dm⁻³)							
0				3,60			
40	7,90 b*	3,03 d	10,43 a*	2,67 d	2,47 d	5,13 c	5,13 c
80	10,85 a*	2,97 b	3,92 b	4,13 b	4,77 b	3,46 b	3,70 b
120	7,63 a*	4,01 c	3,27 c	3,50 c	5,13 b	2,80 c	5,22 b
160	16,90 a*	4,43 b	4,17 b	4,77 b	5,33 b	2,93 b	4,03 b
Média	10,80	3,61	5,47	3,77	4,42	3,58	4,52
Mn no solo (mg dm⁻³)							
0				2,77			
40	2,97 b	2,73 b	4,53 a*	2,90 b	2,18 b	3,87 a	2,03 b
80	3,10 a	4,33 a*	3,57 a	2,73 a	3,20 a	3,93 a	3,50 a
120	2,90 c	5,70 a*	3,03 c	3,90 c	4,23 b	4,63 b*	4,88 b*
160	3,93 c	4,53 c*	6,23 a*	6,77 a*	5,30 b*	4,03 c	4,98 b*
Média	3,23	4,33	4,34	4,08	3,73	4,11	3,85
B no solo (mg dm⁻³)							
0				0,43			
40	0,85 a	0,74 a	0,41 a	0,53 a	0,73 a	0,68 a	0,54 a
80	0,95 a	0,77 b	0,94 a	0,67 b	1,05 a*	0,48 b	0,91 a
120	0,71 b	1,31 a*	0,89 b	1,05 b*	1,23 a*	0,86 b	0,98 b
160	1,40 a*	1,15 a*	1,03 a*	1,08 a*	1,27 a*	0,55 b	1,24 a*
Média	0,97	0,99	0,82	0,83	1,07	0,64	0,92

Fe no solo - DMS_{Dunnet}: 9,92; CV (%): 38,9. **Zn no solo** - DMS_{Dunnet}: 2,99; CV (%): 27,9. **Mn no solo** - DMS_{Dunnet}: 1,55; CV (%): 18,8. **B no solo** - DMS_{Dunnet}: 0,55; CV (%): 29,78.

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. *Diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

De acordo com Santos et al. (2007) a presença de matéria orgânica e substâncias húmicas promove a formação de complexos com micronutrientes de plantas (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo e outros), favorecendo à maior biodisponibilidade dos mesmos para as plantas. Com isso, avaliamos os teores de micronutrientes disponíveis no solo em função das fontes de fertilizantes aplicados no solo.

Avaliando as variações do teor de ferro (Fe), nota-se que para as diversas fontes aplicadas, na dose de 40 kg ha⁻¹, não houve diferença entre elas, sendo constatada a superioridade em incremento e disponibilidade do teor de Fe para a fonte Torta nas demais doses aplicadas quando comparada as outras fontes de fertilizantes. Do mesmo modo, somente a fonte Torta, nas doses 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ apresentou significância para maior disponibilidade de Fe quando comparada ao tratamento controle.

Para este nutriente o fator dose e fonte apresentou interação significativa em alguns casos, sendo possível observar nas equações apresentadas, incrementos lineares na proporção de 0,38; 0,65; 3,70; 0,64 e 0,67 mg dm⁻³ de ferro no solo para cada 10 kg de nutriente aplicados nos tratamentos Mineral, Biochar, Torta, OM Torta e OMBAH nesta ordem (Figura 2).

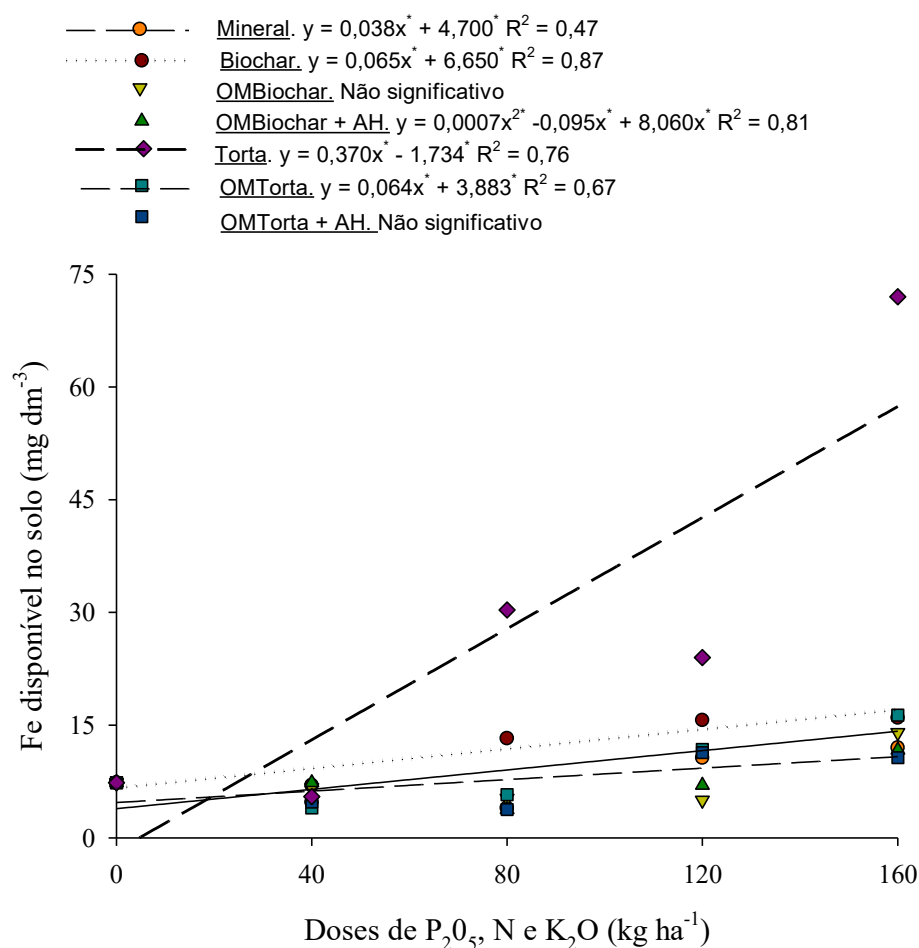


Figura 2. Teores de Fe disponível no solo (mg dm^{-3}) em função da aplicação de doses crescentes de P_2O_5 , N e K_2O (kg ha^{-1}) através de diferentes fertilizantes

Quando avaliado o teor de zinco (Zn) no solo, avaliando as fontes aplicadas na dose de 40 kg ha^{-1} , OMTorta apresentou superioridade no incremento e efeito residual deste elemento no solo. Para a fonte Torta, observamos a superioridade nas demais doses aplicadas quando comparada as outras fontes de fertilizantes. Do mesmo modo, as fontes Torta, nas doses $80, 120$ e 160 kg ha^{-1} e OMTorta 40 kg ha^{-1} , apresentaram significância na disponibilidade de Zn quando comparada ao tratamento controle. Não houve efeito significativo para a interação entre dose e fontes dos fertilizantes.

Avaliando os teores de Mn no solo, podemos observar que as fontes aplicadas na dose de 40 kg ha^{-1} , OMTorta e OMBAH apresentaram superioridade no incremento e efeito residual deste elemento no solo. Com o aumento da dose dos fertilizantes (80 kg ha^{-1}), não houve significância para as diferenças entre fontes. O que pode ter influenciado é a adição de água constante nos vasos, promovendo a oxidação dos micronutrientes, como no caso do manganês. Quando foi estudada a dose de 120 kg ha^{-1} , a fonte que apresentou maior eficiência para incremento no efeito residual do Mn foi o Biochar e na maior dose os

fertilizantes organominerais OMTorta e OMBiochar, apresentaram os melhores resultados para teores de manganês no solo.

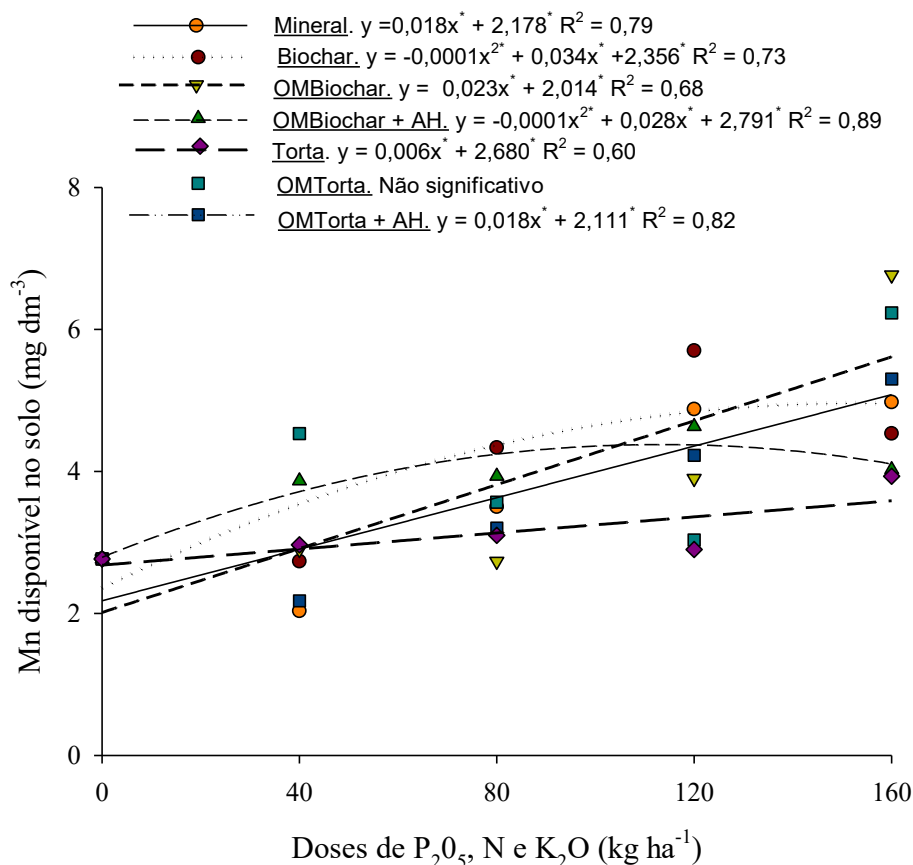


Figura 3. Teores de Mn disponível no solo (mg dm^{-3}) em função da aplicação de doses crescentes de P_2O_5 , N e K_2O (kg ha^{-1}) através de diferentes fertilizantes.

Analisando as equações de regressão testadas, verificou-se que somente OMTorta não apresentou modelo significativo para as doses aplicadas. Avaliando as fontes na Figura 3, observamos que as fontes OMBiochar, Mineral, OMTorta+AH, Torta apresentaram modelos lineares para doses crescentes destas fontes, sendo observado o maior teor $6,23 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mn no solo, na dose de 160 kg ha^{-1} da fonte OMBiochar.

Para as fontes Biochar e OMBiochar+AH, verifica-se um comportamento polinomial da curva, ou seja, há um crescente teor até a dose de 120 kg ha^{-1} de Mn com posterior decréscimo. Desta maneira, o efeito dose pode ter efeito de redução do incremento e efeito residual do manganês na dose mais elevada, quando comparada às demais fontes.

Avaliando o teor de B no solo em função da aplicação de doses crescentes de P_2O_5 , N e K_2O (kg ha^{-1}) através de diferentes fertilizantes, pode-se observar que quando as fontes foram aplicadas na dose de 40 kg ha^{-1} não houve diferença entre elas. A fonte de fertilizante OMTAH apresentou os melhores teores, independente das doses aplicadas e o OMBAH a

partir da dose de 80 kg ha⁻¹ até a mais elevada, apresentou os piores resultados para incremento e efeito residual de boro no solo, sendo esta fonte a única que não se diferiu do tratamento controle, independente da dose avaliada.

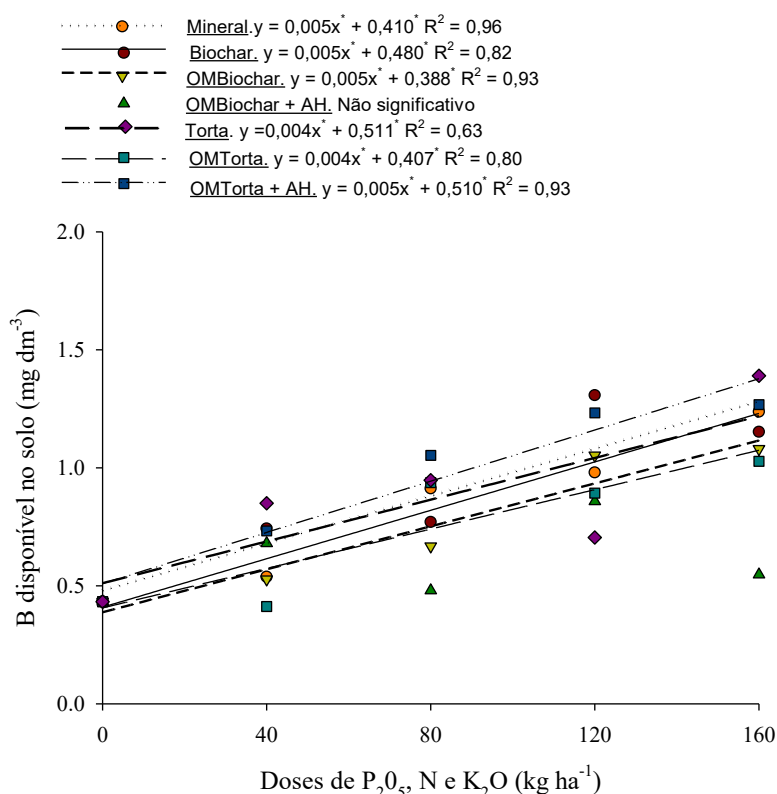


Figura 4. Teores de B disponível no solo (mg dm⁻³) em função da aplicação de doses crescentes de P₂O₅, N e K₂O (kg ha⁻¹) através de diferentes fertilizantes

Ao avaliarmos as equações de regressão em função da dose de fertilizante aplicada e teor de boro disponível no solo, a única fonte que não apresentou significância para os modelos ajustados foi a OMBAH. Quando analisamos as demais fontes, observamos um comportamento linear e um incremento médio de 0,05 mg dm⁻³ de boro disponível no solo para cada 10 kg de N aplicados. A fonte mais responsiva de acordo com as equações apresentadas na Figura 4, foi a Torta. Pode ser que haja uma correlação entre origem do resíduo e a disponibilidade do nutriente no solo, visto que a cultura da cana-de-açúcar demanda altas quantidades de boro durante seu ciclo.

Para a análise de carbono orgânico total presente no solo, somente os tratamentos Biochar nas doses de 80, 120 e 160 kg há⁻¹ e Torta nas doses de 80 e 160 kg ha⁻¹ apresentaram diferença significativa em relação a testemunha (Tabela 6).

Tabela 6. Teor de Carbono orgânico total do solo em função da aplicação de doses crescentes de P₂O₅, N e K₂O (kg ha⁻¹) através de diferentes fertilizantes.

Dose de P ₂ O ₅ , N e K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Fonte						
	Torta	Biochar	OMTorta	OMBiochar	OMTAH	OMBAH	Mineral
0				1,51			
40	1,50 b	2,00 a	1,00 b	1,10 b	1,00 b	1,30 b	1,10 b
80	2,30 b*	5,00 a*	1,20 c	1,20 c	0,90 c	1,20 c	1,20 c
120	1,80 b	6,10 a*	1,50 b	1,50 b	1,30 b	0,90 b	1,20 b
160	2,70 b*	5,91 a*	1,40 c	1,40 c	1,20 c	1,20 c	1,40 c
Média	2,07	4,76	1,26	1,29	1,10	1,12	1,22

DMS_{Dunnet}: 0,45; CV (%): 20,2.

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

*Diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Avaliando o teor de carbono orgânico total residual no solo, a fonte Biochar foi a que apresentou os resultados mais significativos.

Um fator que pode explicar o elevado teor de carbono orgânico disponível no solo é a característica do biochar, possuindo forte estrutura com cadeias aromáticas e isto acarreta uma característica recalcitrante (difícil degradação) quando comparado à outras formas de matéria orgânica no solo, conforme salienta Nóbrega (2011). Segundo o mesmo autor, à medida que ocorre a oxidação do biochar no solo, ocorre a formação de radicais carboxílicos e fenólicos, que apresentam cargas negativas, efeito potencial para características como a capacidade de troca de cátions no solo (Tabela 7). Dentre os fatores que podem ter implicado em maior ou menor oxidação foram os fatores climáticos e características físicas do solo, de textura argilosa.

Além disso, a adição da COT na mistura favorece a proliferação de microorganismos que solubilizam os fertilizantes minerais proporcionando maior efeito residual da fertilização fosfatada no solo, através da competição entre os ácidos orgânicos liberados e os íons fosfato para os sítios de adsorção no solo (FERNANDES et al., 2015, HIGASHIKAWA; MENEZES JÚNIOR et al., 2017).

Analizando as equações de regressão testadas, verificou-se que somente as variáveis Biochar e Torta tiveram modelos lineares significativos ajustados. Para o tratamento Biochar, a dose de 120 kg ha⁻¹ foi a que forneceu maior incremento de carbono orgânico no solo, com valor observado de 6,08 dag dm⁻³. Já para o tratamento Torta, a dose de 160 kg ha⁻¹ foi a que obteve melhor resultado, sendo que a cada 10 kg nutriente aplicado

no solo, obteve-se um aumento de $0,51 \text{ dag dm}^{-3}$ de carbono orgânico total disponível no solo (Figura 5).

Avaliando o efeito da rotação de plantas de cobertura associado a três fontes de adubação (mineral, orgânica e organomineral) sobre os atributos químicos de um Latossolo Vermelho eutrófico Steiner et al. (2011), constatou-se que os maiores valores para carbono orgânico total e matéria orgânica em amostras realizadas de 0-10, encontraram-se nos tratamentos onde realizaram adubação orgânica.

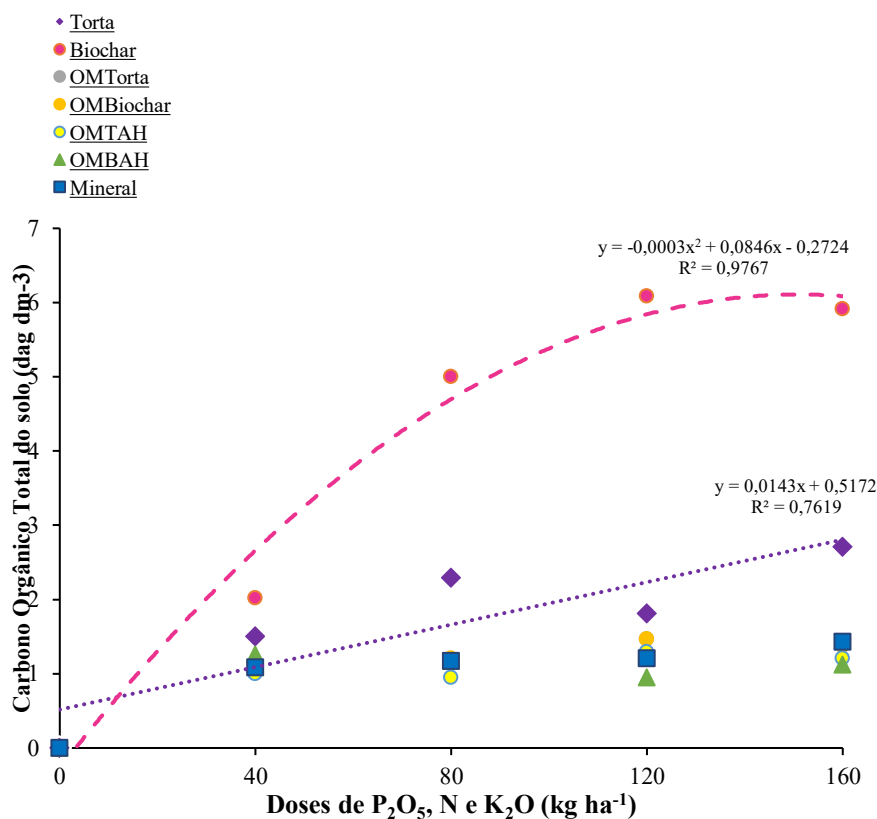


Figura 5. Teores de B disponível no solo (mg dm^{-3}) em função da aplicação de doses crescentes de P_2O_5 , N e K_2O (kg ha^{-1}) através de diferentes fertilizantes

Ao avaliar a capacidade de troca catiônica a pH 7 do solo em função da aplicação de doses crescentes de P_2O_5 , N e K_2O (kg ha^{-1}) através de diferentes fertilizantes, somente as fontes Torta e Biochar apresentaram diferença significativa quando comparadas ao tratamento controle.

Biochar foi a fonte que apresentou os maiores efeitos significativos para aumento na CTC, independente das doses aplicadas, sendo a fonte Torta apresentou resultados igualitários somente na dose de 160 kg ha^{-1} .

O biochar possui grande capacidade de troca de cátions, ou seja, possui elevada concentração de cargas eletronegativas que proporcionam a associação de íons metálicos junto às partículas do biochar, formando complexos com K, Na, Ca, Mg, bem como

micronutrientes metálicos com cargas positivas. Outro fator é a disponibilidade do íon fosfato para as plantas, visto que poderiam ser complexados com H^+ e Al^+ , sendo estes ligados as partículas eletronegativas do biochar, deixando o fosforo disponível na solução do solo para as plantas (YUAN et al., 2011c); (NOVAK et al., 2009).

Tabela 5. Capacidade de troca catiônica a pH 7 do solo em função da aplicação de doses crescentes de P_2O_5 , N e K_2O ($kg\ ha^{-1}$) através de diferentes fertilizantes

Dose de P_2O_5 , N e K_2O ($kg\ ha^{-1}$)	Fonte						
	Torta	Biochar	OMTorta	OMBiochar	OMTAH	OMBAAH	Mineral
0				1,30			
40	2,15 b*	3,00 a*	2,00 b	1,59 c	1,40 c	1,81 b	1,33 c
80	3,74 b*	5,12 a*	1,95 c	1,73 c	1,54 c	1,41 c	1,28 c
120	3,33 b*	5,09 a*	1,58 c	1,83 c	1,48 c	1,72 c	2,00 c
160	5,45 a*	5,22 a*	1,65 b	2,01 b	1,70 b	1,62 b	2,09 b
Média	3,67	4,61	1,80	1,79	1,53	1,64	1,68

DMS_{Dunnet}: 0,76; CV (%): 15,4.

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. *Diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

4. CONCLUSÃO

Independente da fonte avaliada, houve uma tendência de acréscimo no teor de P-resina à medida que se aumentou as doses dos fertilizantes aplicados no solo.

Os fertilizantes Biochar, Mineral e OM Torta proporcionaram um melhor efeito residual de potássio no solo após o cultivo do milho nos vasos.

O fertilizante Biochar, proporcionou um melhor efeito residual de cálcio, magnésio, carbono orgânico total e capacidade de troca de cátions no solo após o cultivo do milho nos vasos.

Torta de filtro proporcionou um melhor efeito residual de enxofre, ferro e zinco no solo após o cultivo do milho nos vasos.

A fonte Orgamineral produzido com torta de filtro, não apresentou efeito residual de manganês após o cultivo do milho nos vasos.

A fonte orgamineral produzido com torta de filtro associado a ácido húmico, proporcionou um melhor efeito residual de boro no solo após o cultivo do milho nos vasos.

REFERÊNCIAS

- BARON, R.; BENITEZ, I. C.; GONZALEZ, J. L. 1995. Influência de la dosis creciente de un abono orgánico en un cultivo de trigo. *Agrochimica*, v. 39, p. 280-289.
- BENITES, V. N.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. In: FERTBIO, 2010. Anais... Guarapari: [s.n.], 2010, 4 p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 628p.
- FERNANDES, D.M.; GROHSKOPF, M.A.; GOMES, E.R.; FERREIRA, N.R.; BÜLL, L.T. Fósforo na solução do solo em resposta à aplicação de fertilizantes fluidos mineral e organomineral. *Irriga, Botucatu*, v.1, p.14-27, 2015. DOI: <http://doi.org/10.15809/irriga.2015v1n1p14>. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v1n1p14>
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- GONZALEZ, J. L.; BENITEZ, I. C.; PEREZ, I. M.; MEDINA, M. Pig slurry compost as wheat fertilizers. *Bioresource Technology, Barking*, v. 40, p. 125-130, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(92\)90197-6](https://doi.org/10.1016/0960-8524(92)90197-6)
- GONZÁLEZ, M.; GOMEZ, E.; COMESE, R.; QUESADA, M.; CONTI, M. Influence of organic amendments on soil quality potential indicators in an urban horticultural system. *Bioresource Technology, New York*, v.101, p. 8897-8901, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.095>
- HIGASHIKAWA, F.S.; MENEZES JÚNIOR, F.O.G. Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, produtividade, pós-colheita da cebola e na fertilidade do solo. *Scientia Agraria, Curitiba*, v.18, p.1-10, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/51219/32842>. Acesso em: 03 mai. 2012. <https://doi.org/10.5380/rsa.v18i2.51219>
- KIEHL, E. J. Fertilizantes organominerais. 5. ed. Atual. Piracicaba, Editora Degaspari, 2013. 142 p.
- LANA, M.C.; RAMPIM, L.; SCHULZ, L.R.; KAEFER, J.E.; SCHMIDT, M.H.; RUPPENTHAL, V. Disponibilidade de fosforo para plantas de milho cultivadas com fertilizante organomineral e fosfato monoamônico. *Revista Scientia Paranaensis, Mal. Cdo. Rondon*, v.13, n.3, p.198-209, 2014. <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v13n3p198-209>

MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B.B; LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. Bioscience Journal, Uberlândia, v.27, n.1, p.70-76, 2011. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7389>. Acesso em: 01 jul. 2019.

MAJOR, J.; RONDON, M.; MOLINA, D.; RIHA, S.J.; LEHMANN, J. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. Revista Plant Soil. v. 333, p. 117-128, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0327-0>

MARTINS, D. C. Adubação fosfatada organomineral no cultivo de grãos em solos de fertilidade construída. 2018. 45f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG/Brasil.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa 25, de 23 de julho de 2009. Diário Oficial, Brasília, DF, 28 de junho de 2009. Seção 1, p. 20. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumosagropecuarios/insumosagricolas/fertilizantes/legislacoes>> Acesso em: 15 Jan. 2022

NÓBREGA, I.P.C. Efeitos do biochar nas propriedades físicas e químicas do solo: Sequestro de Carbono no solo. 2011. 46p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa/Portugal.

NOVAK, J. N.; BUSSCHER, W. J.; LAIRD, D. L.; AHMEDNA, M.; WATTS, D. W.; NINANDOU, M. A. S. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. Soil Science, v. 174, n. 2, p. 105-112, 2009. <https://doi.org/10.1097/SS.0b013e3181981d9a>

PAULETTI, V. et al. Rendimento de grãos de milho e soja em uma sucessão cultural de oito anos sob diferentes sistemas de manejo de solo e de culturas. Ciência Rural, Santa Maria, v.33, n.3, p. 491 - 495, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000300015>

SANTOS, A.; BOTERO, W. G.; BELLIN, I. C.; OLIVEIRA, L. C.; ROCHA, J. C.; MENDONÇA, A. G. R.; GODINHO, A. F. Interaction between humic substances and metallic ions: a selectivity study of humic substances and their possible therapeutic application. J. Braz. Chem. Soc., v. 18, n. 4, p. 824-830, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532007000400023>

SASAL, C.; ANDRIULO, A.; ULLÉ, J.; ABREGO, F.; BUENO, M. Efecto de diferentes enmiendas sobre algunas propiedades edáficas, en sistemas de producción hortícola del centro norte de la región pampeana. Ciencia del Suelo, Buenos Aires, v. 18, p. 95-104, 2000.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

STEINER, F.; COSTA, M.S.S.M.; COSTA, L.A.M.C.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G. Atributos químicos do solo em diferentes sistemas de culturas e fontes de adubação. Gl. Sci. Technol., v. 04, n. 01, p.16 - 28, jan/abr. 2011.

TEIXEIRA, W. G. Biodisponibilidade de fósforo e potássio provenientes de fertilizantes mineral e organomineral. 2013. 115f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG/Brasil.

TEIXEIRA, W.G; SOUSA, R.T.X., KORNDÖRFER, G. H. Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. Bioscience Journal, v. 30, n. 6, p. 1729-1736, 2014.

TEJADA, M.; BENITEZ. C.; GONZALEZ, J.L. Effects of Application of Two Organomineral Fertilizers on Nutrient Leaching Losses and Wheat Crop. Agronomy Journal, Madison, v.97, p.960-967, 2005. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0092>
<https://doi.org/10.2134/agronj2004.0092>

Terá ambiental - A importância dos fertilizantes orgânicos no Plano Nacional de Fertilizantes | MAIS SOJA - Pensou Soja, Pensou Mais Soja. Acesso em: 22 jun. 2022.

WIETHOLTER, S.; SIQUEIRA, O.J.F.; PERUZZO, G.; BEM, J.R. Efeito de fertilizantes minerais e organominerais nos rendimentos de culturas e em fatores de fertilidade do solo. Ver. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.29, n.5, p.713-724, 1994.

YUAN, J.; XU, R.; QIAN, W.; WANG, R. Comparison of the ameliorating effects on an acidic ultisol between four crop straws and their biochars. Journal of Soils and Sediments, v. 11, n. 5, p. 741-750, 2011c. <https://doi.org/10.1007/s11368-011-0365-0>

CAPÍTULO 3

Fertilizantes organominerais peletizados a base de torta-de-filtro com adição de biopolímero e sua eficiência na cultura do milho safrinha.

RESUMO

RODRIGUES, VINICIUS WILLIAM BORGES RODRIGUES. **Fertilizantes organominerais peletizados a base de torta-de-filtro associados a biopolímero e sua eficiência na cultura do milho safrinha.** 2022. 23f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹

O uso dos fertilizantes organominerais (OM) assim como polímeros é tido hoje como tecnologias que agregam o desenvolvimento das plantas, sendo mais eficientes no fornecimento de nutrientes nos estágios iniciais das mesmas e promovendo uma melhor eficiência agrônomo. O objetivo deste estudo foi analisar a eficiência agrônomo, a campo, dos fertilizantes organominerais peletizados, associados à ao polímero AgRho S-Boost ELX em diferentes doses, na cultura do milho safrinha. O delineamento experimental foi um delineamento em blocos casualizados, composto por 6 tratamentos, sendo o formulado organomineral 06-14-12+3%S associado ao biopolímero nas doses 0; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2 kg tn⁻¹. A utilização do fertilizante organomineral associado ao AgRho S-Boost ELX na dose de 1 kg ha⁻¹ proporcionou maiores diâmetros de colmo, altura, massa fresca da parte aérea, massa fresca de raiz e produtividade. O incremento das doses do biopolímero promoveu um decréscimo nos parâmetros agrônômicos analisados a partir de 1 kg ha⁻¹ do S-Boost ELX.

Palavras-chave: Tecnologia, proteção, 2ª safra.

ABSTRACT

RODRIGUES, VINICIUS WILLIAM BORGES RODRIGUES. **Pelletized organomineral fertilizers based on filter cake associated with biopolymer and its efficiency in off-season corn.** 2022. 23f. Thesis (Doctorate in Agronomy/Phytotechnics) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia¹

The use of organomineral fertilizers (OM) as well as polymers is seen today as technologies that add to the development of plants, being more efficient in providing nutrients in the initial stages of the same and promoting better agronomic efficiency. The objective of this study was to analyze the agronomic efficiency, in the field, of pelletized organomineral fertilizers, associated with the AgRho S-Boost ELX polymer at different doses, in the off-season corn crop. The experimental design was a randomized block design, consisting of 6 treatments, with the organomineral formulated 06-14-12+3%S associated with the biopolymer at doses 0; 0.25; 0.5; 1.0; 1.5; 2 kg tn⁻¹. The use of organomineral fertilizer associated with AgRho S-Boost ELX at a dose of 1 kg ha⁻¹ provided greater stem diameter, height, shoot fresh mass, root fresh mass and productivity. The increment of the doses of the biopolymer promoted a decrease in the agronomic parameters analyzed from 1 kg ha⁻¹ of the S-Boost ELX.

Keywords: Technology, protection, 2nd crop.

¹Advisor Professor: Reginaldo Camargo – UFU

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor e segundo país que mais exporta milho no mundo. Na última safra 2020/2021, o país teve uma área cultivada com milho de 19,93 milhões de hectares, com produção de 87,06 milhões de toneladas (CONAB, 2022). A produtividade média de grãos de milho do Brasil foi de 4.366 kg ha⁻¹ na mesma safra, porém, a safra brasileira de milho é dividida basicamente em 1ª e 2ª safra, e a produtividade de milho cultivado na 1ª safra foi de 5.687 kg ha⁻¹, sendo maior que na 2ª safra, que foi de 4.050 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021).

A cultura do milho vem se sendo plantada amplamente na safrinha. Possui grande importância econômica, principalmente devido a sua diversidade de consumo, podendo ser utilizado na cadeia de alimentação, bem como na produção de biocombustíveis (FORNASIERI, 2007).

Ao longo dos anos, o milho tem alcançado números muito expressivos em produtividade, de acordo com pesquisas e uso de tecnologias para aperfeiçoamento do cultivo, o que permite influência nas técnicas empregadas visando lucro e redução de custos (ALVES et al., 2009).

A fertilidade do solo tem sido um dos principais fatores responsáveis pela produtividade na cultura do milho, sendo a exigência determinada pela quantidade nutricional extraída durante seu ciclo. Neste contexto, conhecer a demanda da cultura e contar com tecnologias capaz de atender a demanda de absorção da mesma é primordial (BULL, 1986).

Dentro dos componentes de produtividade, temos a população e características da planta como: número de fileiras, grãos por fileira e peso de grãos. O número de fileiras de grãos por espiga já está definido em V5, mas em V12, com doze folhas completamente desenvolvidas, o número de grãos em potencial e o tamanho das espigas serão definidos em uma planta de milho, e, em torno de V17, uma semana antes do espigamento, o número final de grãos por fileira está definido (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Um dos principais fatores que impactam na produtividade é o estresse nutricional. Entre V5 até V15, o tamanho da espiga será atingido; duas semanas após a polinização, o número final de grãos por espiga; e no período de enchimento de grãos, que se finaliza na maturação fisiológica, o peso de grãos poderá ser reduzido. As desfolhas afetam radicalmente o rendimento (BERGAMASCHI; MATZANAUER, 2014).

Dentro do contexto da essencialidade dos nutrientes que são fornecidos pelos fertilizantes, o fósforo se constitui como um dos mais limitantes para o desenvolvimento da cultura do milho. Baixos teores disponíveis no solo aliados a altas taxas de sorção do fósforo, tem sido considerado as limitações mais severas para aumento da produtividade. Além disto, os fosfatos são recursos naturais não renováveis e escassos. Principalmente para a cultura do milho, um suprimento inadequado de fósforo nos estádios iniciais de desenvolvimento promove redução no número de espigas por unidade de área, prejudicando em demasia a produção (SANTOS et al., 2008).

Assim, em todas as formas de cultivo do milho é sempre importante colocar à disposição das plantas as quantidades totais de nutrientes levando em conta o total exportado pelas mesmas, sendo que o fornecimento destes nutrientes deverá sempre ser fornecido através da adubação. Diante do déficit estrutural de produção de nutrientes vegetais e buscando a correção das deficiências estruturais dos solos brasileiros, o uso dos fertilizantes organominerais e orgânicos surgem como uma alternativa para o aumento da produção nacional de grãos (Polidoro, 2013).

Segundo Souza et al. (2012), os fertilizantes organominerais são resultado do enriquecimento de adubos orgânicos com fertilizantes minerais, gerando um produto inovador e alternativo. Neste modelo, o principal benefício da adição de nutrientes minerais aos fertilizantes orgânicos está ligado a diminuir a taxa de mineralização, fixação e lixiviação dos nutrientes. Geralmente, os fertilizantes organominerais são formulados a partir de resíduos orgânicos como esterco, turfa, resíduos da indústria sucroalcooleira, farinhas de ossos, tortas diversas, resíduos agroindustriais e lodo de esgoto. Neste sentido, o uso desses resíduos para a produção de fertilizantes organominerais pode eliminar imediatamente 50% do passivo ambiental gerado pelos mesmos, e até 2020 (BENITES et al., 2010).

Estes fertilizantes reduzem o processo natural de fixação do fósforo lábil, que se torna disponível às plantas por um tempo mais longo. Há diversas matérias primas, tais como lodo de esgoto, cama de aves, esterco animal, torta de mamona, torta de filtro oriundos do processamento de etanol e açúcar, adubos verdes, turfa, compostos orgânicos e resíduos do processamento de frutos, dentre outros. Algumas vantagens são a recuperação da flora microbiana, a redução da acidificação do solo e a liberação gradativa de nutrientes, que influenciam no melhor desenvolvimento do sistema radicular, menor fixação de fósforo aos coloides do solo e maior absorção de água (OLIVEIRA, 2014).

O custo operacional poderá ser reduzido com o uso destes organominerais e pela ampla disponibilidade de resíduos que podem ser utilizados na mistura para formação deste fertilizante (SOUSA, 2014). Organominerais provenientes de torta de filtro podem substituir parte do adubo mineral. Conforme o experimento de Santos et al. (2008), a mistura 30% de torta de filtro e 70% mineral apresentou-se superior estatisticamente na cultura do milho.

De acordo com Associação Nacional difusora de adubos (ANDA), o principal desafio tecnológico para ampliação do uso desses fertilizantes no Brasil está ligado a oferta de produtos padronizados e com concentrações de nutrientes equivalentes às fórmulas minerais comerciais, o que pode ser obtido através de modelos de produção voltados para fabricação de fertilizantes organominerais na forma granulada e/ou peletizada (ANDA, 2009).

Outra forma de se potencializar esse mercado e a tecnologia envolvida na fabricação dos fertilizantes está ligada ao estudo de alternativas capazes de melhorar as características físico-química destes produtos. Nestes contextos, algumas alternativas como a adição de polímeros, já vem sendo estudado com objetivo de se melhorar as características agronômicas destes fertilizantes, principalmente no que se remete à liberação gradual “slow release” e fornecimento de nutrientes durante todo o ciclo das culturas.

Para os fertilizantes com presença de polímeros, a grande vantagem é o uso desta camada protetora contra os agentes causadores de perda de nutrientes e o a mudança de comportamento destes fertilizantes encapsulados perante as fontes convencionais, promovendo inclusive uma disponibilidade gradativa dos elementos minerais para o sistema (SILVA et al., 2012).

Para isto, também tecnologias como o AgRho S-Boost ELX, que é uma classe de macromoléculas de origem natural, descoberto em 2012, vem sendo usado, principalmente junto a sementes para gerenciamento hídrico. O S-Boost ELX muda a capacidade de umidade do solo em torno da semente, fazendo o gerenciamento hídrico durante o ciclo da cultura garantindo uma maior demanda de água para as plantas sob condições de stress. Proporciona assim uma demanda de água e fornecimento contínuo de nutrientes para as plantas em situação de stress hídrico (RHODIA,2022).

A cadeia da indústria tem entregue cada vez mais sementes tratadas aos produtores e tratamento on-farm, tem dificultado o posicionamento desta tecnologia junto às sementes, desta forma, buscando estudar os benefícios da utilização dos fertilizantes especiais associado à um biopolímero com capacidade de gerenciar o fornecimento de água

e nutrientes no sistema solo-planta, objetivou-se com esse trabalho estudar a aplicação de fertilizante organomineral 06-14-12+3%S associado à diferentes doses do biopolímero, avaliando seu desempenho agrônômico na cultura do milho safrinha.

2. METODOLOGIA

2.1 Produção e obtenção dos fertilizantes

A produção e obtenção dos fertilizantes utilizados no experimento foram realizados seguindo os seguintes processos:

- **Compostagem da Torta-de-filtro** – neste processo a torta-de-filtro foicoletada nas usinas sucroalcooleiras. Posteriormente, passou por um processo de compostagem assistida até obter o processo de secagem e estabilização. A parti daí, após alcançar a umidade em torno de 20%, esta foi separada em fertilizante organo-composto, secagem e encaminhada para produção dos fertilizantes organominerais.
- **Secagem composto Orgânico da torta de filtro** – Para produção dos fertilizantes organominerais e garantir a qualidade físico-química dos mesmos foi realizado a secagem do composto orgânico em tambor rotativo com contrafluxo de ar quente passando pelo organocomposto. Para a produção do fertilizante organomineral nesta pesquisa, houve uma redução de umidade do composto orgânico à 15% para garantir a qualidade e estabilidade do grão após processo de peletização.
- **Processo de mistura dos fertilizantes** – Durante o processo de peletização, faz-se o balanço de massa das fontes (Orgânicos, minerais e biopolímeros), para atendimento das garantias da formulação, conforme estabelecido na IN 61 (MAPA,2020). Para o experimento, foi formulado o organomineral 06-14-12+3%S adicionando na formulação do orgnaomineral o biopolímero em diferentes doses (0, 250 g, 500 g, 1000, g, 1500 g, 2000 g). O biopolímero utilizado foi o AgRho S-Boost ELX. A mistura dos componentes em constituição física “pó” foi realizada em misturador intensivo, tipo paletas. A mistura foi realizada por 1 minuto até que ficasse totalmente homogênea.

Tabela 6. Balanço de massa para formulação de fertilizantes organominerais.

		BALANÇO DE MASSA ORGANOMINERAL												
Garantia Requerida		Umidade	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	C _{org}	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Mn	Prod. (kg)
Composição		Massa (kg)	%N	%P	%K	%C _{org}	%Ca	%Mg	%S	%B	%Zn	%Cu	%Mn	%Umidade
Composto Orgânico =	38,00%	380,00	0,00%	0,00%	0,00%	24,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	15,00%
MAP =	27,00%	270,00	11,00%	52,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,00%
Sulfato Amônio =	14,00%	140,00	22,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	24,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,00%
KCl =	21,00%	210,00	0,00%	0,00%	58,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,80%
Biopolímero	0,00%	0,00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Massa Total =	100,00%	1000,00	6,00%	14,00%	12,00%	9,12%	0,00%	0,00%	3,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,55%



Figura 6. Fertilizante organomineral farelado após processo de mistura.

- **Peletização dos fertilizantes** –Após o processo de mistura, dá-se origem ao fertilizante organomineral farelado, que é posteriormente, industrializado por um processo de peletização (extrusão), resultante de um processo industrial de compactação físico desta mistura e posterior formação do pellet. Este pellet por sua vez foi constituído de um polímero orgânico biodegradável solúvel em água, que tem a função de proporcionar a liberação gradual dos nutrientes e a retenção da fase mineral solúvel dentro da matriz orgânica porosa.

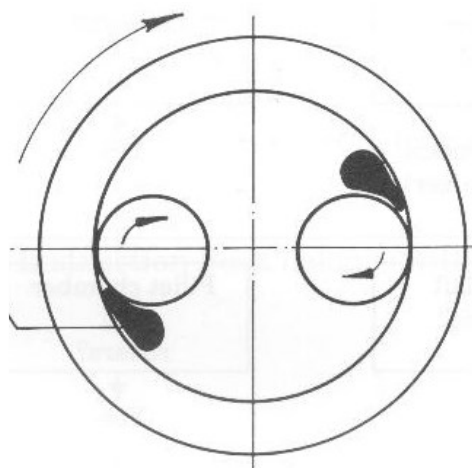


Figura 7. Esquema de peletização vertical de fertilizantes organominerais.

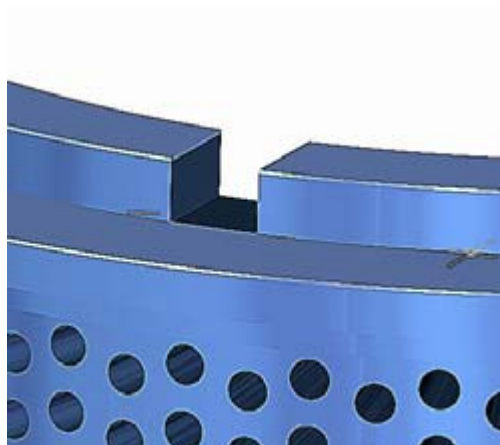


Figura 8. Orifícios da Matriz de peletização vertical de fertilizantes organominerais.



Figura 9. Matriz de peletização vertical de fertilizantes organominerais. Fonte (autoria própria, 2020).



Figura 10. Fertilizante Organomineral após passar pela peletização vertical.

- **Resfriamento e Peneiramento** – Para garantir a qualidade física do produto, o fertilizante organomineral após passar pelo processo de peletização é destinado a um sistema de peneiramento e resfriamento, garantindo a qualidade física, atendendo também aos padrões de garantias quanto aos índices de segregação granulométrica (GSI).



Figura 11. Sistema de Resfriamento e peneiramento fertilizantes organominerais. Fonte (Incomac,2022).

2.2 Dados Gerais

O experimento foi conduzido na Fazenda Primavera, situada no município de Cachoeira Dourada – GO. A instalação foi realizada em 20 de fevereiro de 2020 (2ª safra). Foi realizada a formulação do fertilizante organomineral e análise de para avaliação do teor de nutrientes no solo (Anexo 1 e 2).

O experimento foi instalado com 6 tratamentos, sendo 5 tratamentos com diferentes doses de AgRho S-Boost ELX adicionado ao fertilizante organomineral peletizado, mais uma testemunha com o fertilizante organomineral peletizado sem adição do biopolímero, cada um com 4 repetições, totalizando 24 parcelas (Figura 12). Cada parcela foi composta por 6 linhas com espaçamento de 0,50 m e comprimento de 8,0 m, totalizando 24,0 m². Sendo que a área útil de cada parcela foi constituída pelas 2 linhas centrais e pelos 6 metros centrais, ou seja, desconsiderou-se as 4 linhas de bordadura (2 de cada lado) e 1,0 metro inicial e final de cada parcela (Figura 13).

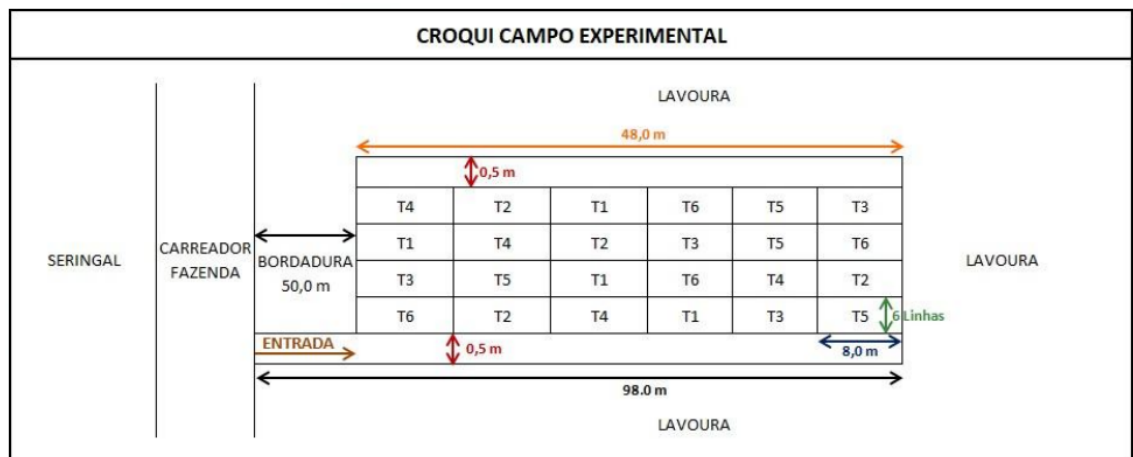


Figura 12. Croqui do experimento instalado e sorteio parcelas.

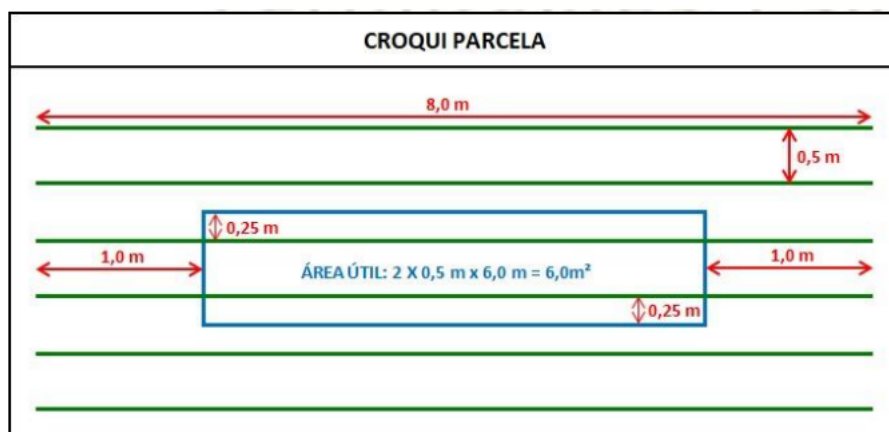


Figura 13. Croqui da parcela experimental.

Conforme o croqui, foi utilizada uma bordadura com milho entre o carreador da fazenda e o experimento com 50,0 metros, com o intuito de posicionar o experimento no local correto para ficar locado entre as passadas do pulverizador autopropelido, reduzir impactos negativos proporcionados por pisoteio, provocado por manobras de máquinas. Assim, resumidamente os tratamentos foram:

Tabela 7. Tratamentos utilizados, fertilizantes, tecnologia e doses do biopolímero utilizados na pesquisa.

Tratamento	Fertilizante Organomineral Peletizado	Dose Fertilizante (kg ha ⁻¹)	Tecnologia Agregada	Dose Biopolímero (kg ha ⁻¹)
1	06-14-12 + 3%S	250	AgRho S-Boost ELX	0,00
2	06-14-12 + 3%S	250	AgRho S-Boost ELX	0,25
3	06-14-12 + 3%S	250	AgRho S-Boost ELX	0,50
4	06-14-12 + 3%S	250	AgRho S-Boost ELX	1,00
5	06-14-12 + 3%S	250	AgRho S-Boost ELX	1,50
6	06-14-12 + 3%S	250	AgRho S-Boost ELX	2,00

Foram semeadas 3,2 sementes de milho por metro, cultivar Pionner 3707. A adubação nitrogenada em área total, 150 Kg Ureia por hectare, em uma única aplicação aos 48 DAE (Dias após emergência). Os manejos fitossanitários foram todos realizados em área total, não havendo distinção entre os tratamentos.

2.3 Avaliações

As avaliações foram realizadas no desenvolvimento inicial da cultura 30 dias após semeadura (DAS), quando a cultura estava no estágio fenológico V4.

Nas duas linhas laterais, sendo um de cada lado (1ª e 6ª linha de cada parcela) foram realizadas amostragens para avaliação do desenvolvimento das plantas: altura das plantas, do diâmetro dos colmos, da massa fresca da parte aérea e das raízes.

Aos 30 DAS quando as plantas apresentavam 4 folhas completamente desenvolvidas avaliou-se: altura de plantas (cm); diâmetro do colmo (mm); massa fresca da parte aérea e das raízes; massa seca de raiz (g); massa seca da parte aérea (g).

As avaliações foram realizadas através da medição da parte aérea com ajuda de uma régua graduada e diâmetro de colmo usando um paquímetro digital. Após estas avaliações iniciais as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e conduzidas para o laboratório de fertilidade de solo, onde foram realizadas as determinações de massa seca da parte aérea das plantas (folhas e colmos) e raiz, feitas através de estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, até peso constante.

Após a determinação da massa seca, as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey (2mm), armazenadas em sacos de papel e encaminhadas para o laboratório onde foram feitas as análises químicas de macronutrientes e micronutrientes da parte área das plantas seguindo metodologia descrita pela EMBRAPA (2009).

Com os dados dos teores de nutrientes na planta e a massa da matéria seca da parte aérea, foi estimado o acúmulo (extração) de nutrientes nas plantas de milho multiplicando a MSPA em gramas pelo teor de nutriente em gramas por kg.

A partir dos teores de nutrientes acumulados na parte aérea das plantas de milho estimou-se o percentual de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre recuperado para cada fonte testada a partir das equações:

$$\text{Eq Nutr. recuperado (\%)} = \frac{\text{Nut Ac Fontes} - \text{Nutr Ac Controle}}{\text{Dose Nutr aplicado}} \times 100$$

Onde:

Eq Nutr. recuperado (%): Percentual de nutriente recuperado do solo e translocado para parte aérea.

Nutr Ac fonte: Teor de nutriente acumulado nas doses de polímero (g kg^{-1}).

Nutr Ac Controle: Teor de nutriente acumulado no tratamento controle (g kg^{-1}).

Dose Nutr aplicado: Corresponde a dose do nutriente aplicado na fonte avaliada (g kg^{-1}).

O cálculo do nutriente recuperado foi feito segundo Baligar et al (2001).

Ao final do ciclo da cultura, foram coletadas as espigas das linhas centrais para estimativa de produtividade.

Os resultados obtidos foram submetidos aos testes de pressuposições, homogeneidade, heterogeneidade e aditividade, a fim de avaliar a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias, respectivamente. Para a avaliação dos efeitos das doses dos fertilizantes, utilizou-se regressões polinomiais a 5% de significância, através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, a utilização do AgRho S-Boost ELX, independente da dose utilizada, proporcionou acréscimo em diâmetro de colmo. Observando-se a (figura 14, há um aumento no diâmetro de colmo até a dose de 1 kg ha^{-1} , posteriormente com o aumento de dose ocorre um decréscimo. Provavelmente com o aumento de dose, ocorreu uma maior retenção de água próximo as raízes que comprometeu o desenvolvimento da planta.

O maior crescimento radicular durante a fase de desenvolvimento inicial do milho pode contribuir para a maior absorção de água e nutrientes, levando a maior tolerância das plantas a períodos de baixa disponibilidade hídrica a condições de excesso de sais, mantendo a atividade de processos fisiológicos importantes para o ciclo biológico da cultura.

Segundo Cruz et al. (2008), o diâmetro do colmo é uma característica que demonstra a capacidade da planta em acumular nutrientes e posteriormente redistribuí-los para os grãos na época enchimento, favorecendo também para redução no acamamento e quebra de plantas no campo e assim melhorando as características produtivas das plantas. Desta forma o uso de fertilizantes que proporcionem maiores valores para o diâmetro de colmo das plantas pode contribuir para um aumento de produtividade delas.

Moreira (2020) observou uma maior disponibilidade de água na região próxima às raízes, devido a utilização de gerenciador hídrico, provavelmente resultou na diluição e redução dos efeitos prejudiciais dos sais, que combinado com os efeitos benéficos da matéria orgânica promoveram maior crescimento radicular e de diâmetro de colmo.

Zhang et al. (2018) verificaram relação intimamente associada de polímero e condicionador orgânico na melhoria do nível nutricional das plantas, no ambiente da rizosfera, na fertilidade do solo e no crescimento das plantas cultivadas em solo com metais pesados.

Para Li et al. (2019) o uso combinado de biofertilizantes com polímero reduz o efeito adverso de déficit hídrico e aumenta a ação benéfica de biofertilizantes nas propriedades do solo.

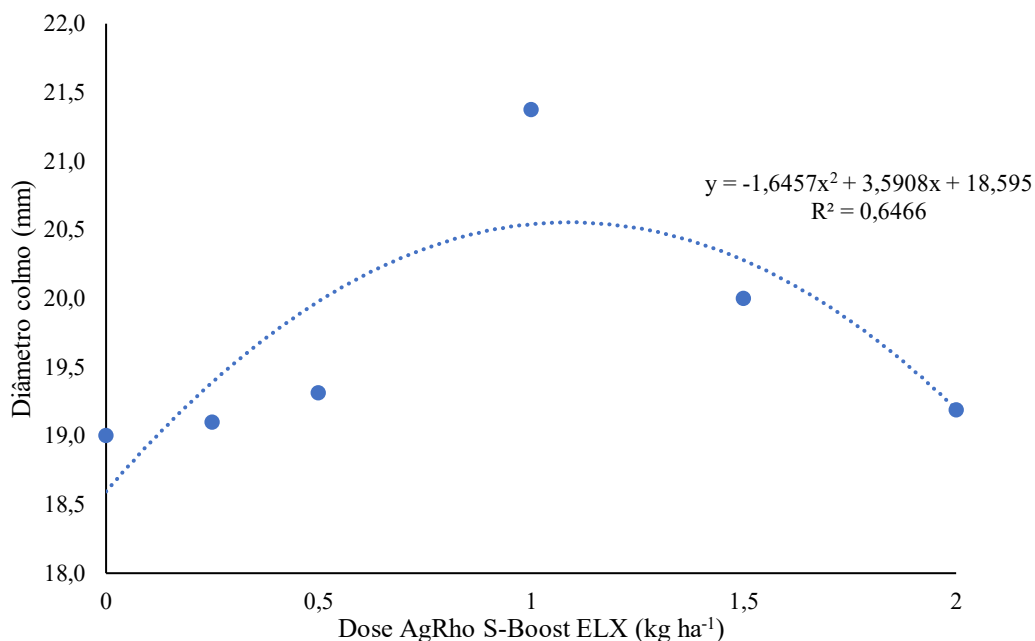


Figura 14. Diâmetro de colmo do milho em função das doses crescentes do polímero.

Tomaszewska et al. (2001) relatam melhores resultados atribuídos à maior eficiência da fonte proporcionada pela estrutura dos grânulos dos fertilizantes revestidos por polímeros, nos quais estes ao absorverem água do solo, solubilizam os nutrientes no interior das cápsulas, liberando-os gradativamente pela estrutura porosa na zona da raiz, atendendo assim às necessidades das plantas. O colmo funciona como estrutura de reserva, ocorrendo translocação de fotoassimilados do colmo para os grãos, proporcionando aumento de produtividade (SORATTO, et al., 2010).

Para altura de plantas, observamos o mesmo comportamento do diâmetro de colmos, contudo a dose de 2 kg ha⁻¹, promoveu um efeito de decréscimo na altura da planta, observando a menor média entre os tratamentos 107,4 (Figura 15). Maior efeito sinérgico para crescimento inicial da cultura do milho foi com a dose de 1 kg ha⁻¹, sendo observado 112 cm.

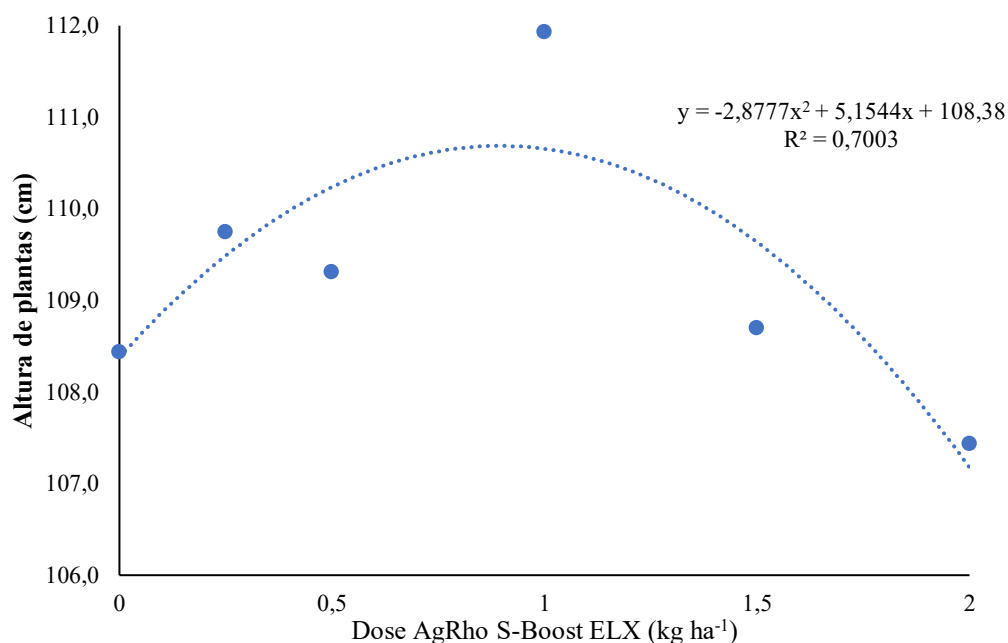


Figura 15. Altura da planta de milho em função das doses crescentes do polímero.

Quando analisada a massa fresca da parte aérea, observamos um decréscimo acentuado para as doses do AgRho S-Boost ELX acima de 1 kg ha⁻¹, que foi a dose mais responsiva para a variável. Podemos observar que em doses menores, a presença do polímero proporcionou um maior acúmulo de água nas plantas, proporcionando um incremento no diâmetro de colmos (figura 14), maior altura de plantas (figura 15) e massa fresca da parte aérea (figura 16).

Um fator que pode ter sido prejudicial para o decréscimo nas variáveis analisadas é o excesso de umidade junto à fração orgânica. O excesso de umidade afeta diretamente a degradação dos compostos orgânicos, e dependendo da quantidade não evita perdas dos nutrientes que estão expostos na solução.

Não foi observada diferença estatística entre os tratamentos para massa seca da parte aérea. Este resultado indica que a diferença estatística apresentada em massa fresca pode ter ocorrido dado o acúmulo de água no interior das células. É muito interessante, principalmente se tratando de milho safrinha que sempre passa por adversidades climáticas.

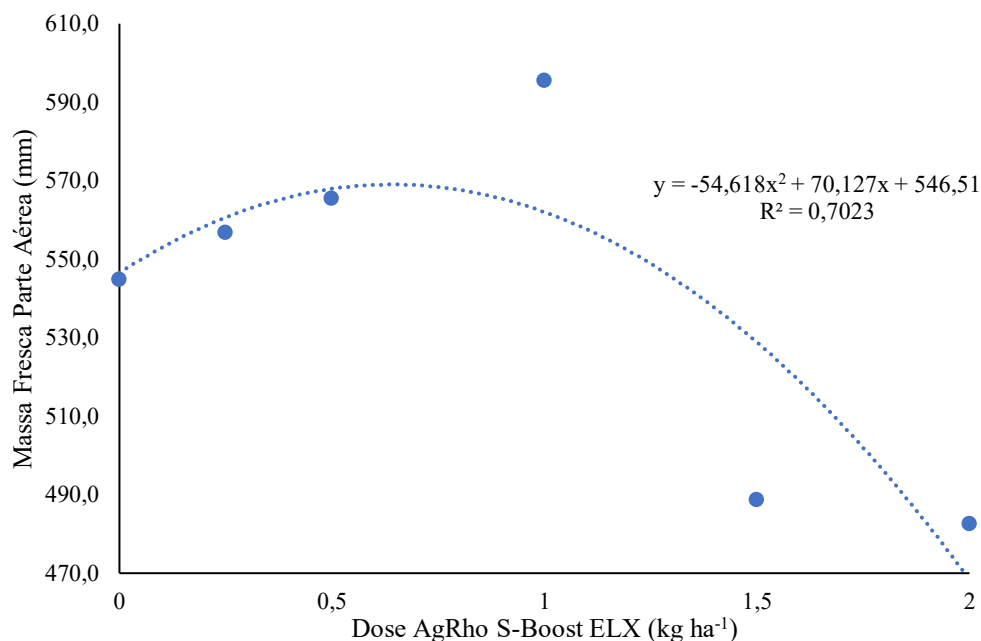


Figura 16. Matéria fresca da parte aérea da planta de milho em função das doses crescentes do polímero.

Do mesmo modo, o tratamento com melhor desempenho para massa fresca de raiz foram os fertilizantes organominerais associados à dose de AgRho S-Boost ELX de 1 kg ha⁻¹. Não foi observada diferença estatística para massa seca de raiz do milho. Desta forma, podemos dizer que nos tratamentos que foram superiores ao controle, dose 0 kg ha⁻¹ de AgRho S-Boost ELX, obtiveram maior acúmulo de água no interior das células das raízes. Isso remeta à uma maior resistência à seca, bem como uma continuidade na absorção dos nutrientes, principalmente aqueles por fluxo de massa e difusão. Em contrapartida, houve decréscimo da massa fresca de raiz, observado nas doses de 1,5 e 2 kg ha⁻¹. É um fato interessante, pois observamos também em áreas irrigadas menor massa de raízes, quando comparada às áreas de sequeiro.

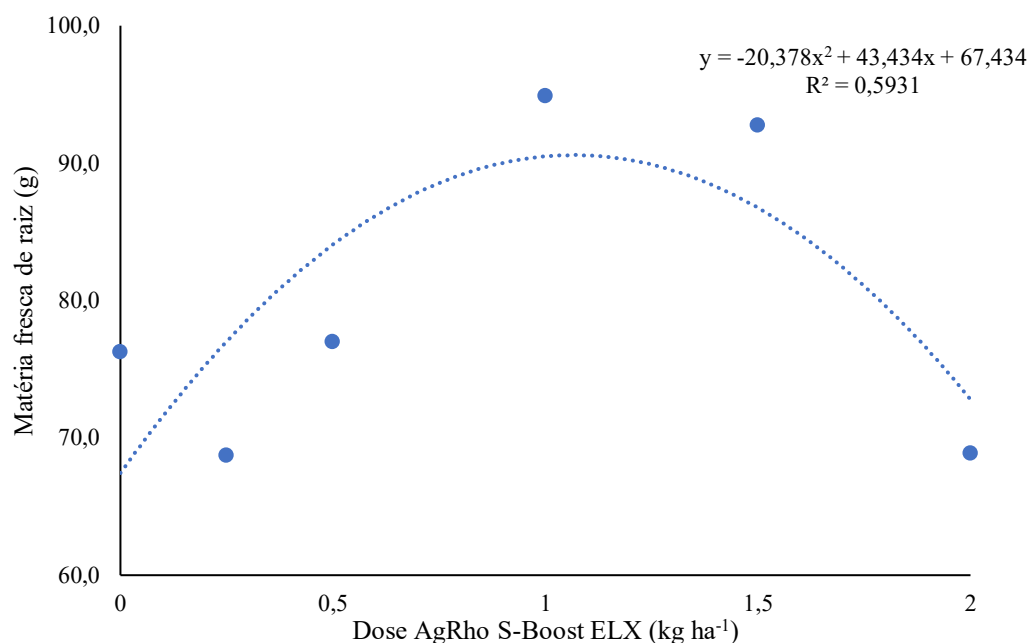


Figura 16. Matéria fresca da raiz de milho em função das doses crescentes do polímero.

Para teor de nutrientes acumulados na parte aérea das plantas aos 30 DAE, não houve diferença significativa entre os tratamentos analisados.

Tabela 8. Teor de nutriente acumulado na parte aérea das plantas e massa seca da parte aérea.

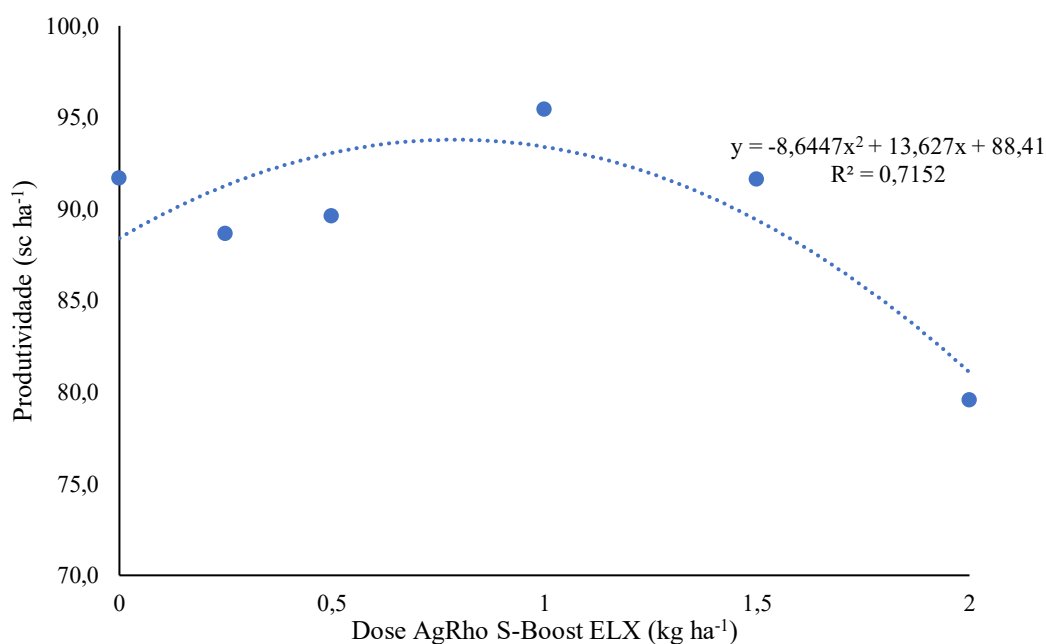
Dose AgRho S- Boost ELX (kg ha ⁻¹)	N Acu	P Acu	K Acu	S Acu	MSPA
	g kg ⁻¹				g
0	27,50	2,38	28,63	1,95	14,84
0,25	26,63	2,35	32,00	2,07	14,53
0,5	27,50	2,42	32,00	2,07	14,54
1	28,90	2,43	31,25	2,00	14,29
1,5	28,47	2,43	29,88	2,12	14,47
2	27,57	2,32	29,50	1,95	14,39

Tabela 9. Percentual de nutriente recuperado do solo e translocado para parte aérea das plantas de milho em relação à variação de doses de biopolímero.

Dose AgRho S- Boost ELX (kg ha ⁻¹)	N	P	K	S
% Recuperado				
0,25	-5,83	-0,1	11,25	1,67
0,5	0,00	0,1	11,25	1,67
1	9,33	0,1	8,75	0,67
1,5	6,50	0,1	4,17	2,33
2	0,50	-0,1	2,92	0,00

Analisando o percentual do nutriente recuperado no do solo e translocado para parte aérea, também não houve diferença estatísticas entre as médias dos tratamentos. No que remete à fisiologia do milho, um maior acúmulo de nitrogênio foliar promove maiores produção de aminoácidos e proteínas.

Para o percentual de acúmulo de potássio, também não houve diferença estatística entre os tratamentos, contudo podemos observar que numericamente os maiores valores observados estão nas menores doses do fertilizante organomineral associado ao polímero, 0,25 e 0,50 l kg ha⁻¹. Quando maior a dose do polímero menor foi o acúmulo deste nutriente no teor foliar.



Avaliando a produtividade, pode-se observar que a associação entre o organomineral e o AgRho S-Boost ELX na dose de 1 kg ha⁻¹ proporcionou uma maior

produtividade quando comparado aos demais tratamentos. É um reflexo das variáveis analisadas, visto que na mesma dose, houve maiores desempenhos agronômicos para as variáveis analisadas.

Outro resultado que corroborou com o que foi encontrado aqui. Figueiredo et al. (2012) constataram que o MAP revestido com polímero promoveu melhor desempenho do milho, quanto à produtividade, produção de massa da matéria seca total e altura de planta, em comparação com o MAP convencional.

4. CONCLUSÃO

A utilização do fertilizante organomineral associado ao AgRho S-Boost ELX na dose de 1 kg ha⁻¹ proporcionou maiores diâmetros de colmo, altura, massa fresca da parte aérea, massa fresca de raiz e produtividade do milho safrinha.

O incremento dos parâmetros agronômicos não é linear e promoveu decréscimo nos parâmetros agronômicos analisados: diâmetro de colmo, tamanho de plantas, matéria fresca de raiz, matéria fresca de parte aérea e produtividade à medida em que se aumenta a dose do biopolímero.

As doses superiores a proporcionaram menor desenvolvimento da parte aérea e raiz, promovendo menor produtividade ao final do ciclo, proporcionado pelo efeito antagônico das doses elevadas do biopolímero AgRho S-Boost ELX.

REFERÊNCIAS

Alegre. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em 15 dez. 2018.

ALVES; L. R. A.; FERREIRA FILHO, J. B. S.; BALLAMINUT, C. E. C.; OSAKI, M.;

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DO ADUBO - ANDA. Investimentos no Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimidia/investimentos.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2019.

BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; He Z. L. Nutrient use efficiency in plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis, Hangzhou, v. 32, p. 921-950, 2001. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104098>

BENITES, V. N.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. Anais... FertBio, Guarapari-ES. 4p, 2010

BERGAMASCHI, H; MATZENAUER, R. O milho e o clima. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014.

BULL, L. T. Influência da relação K (Ca+Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosas forrageiras. 107 f. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP, Piracicaba, 1986.

Companhia Nacional de Abastecimento (2022). Safra brasileira de grãos: boletim da safra de grãos, março 2022. <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos>.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Acompanhamento da safra brasileira: grãos 2021/2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/39691_7cfce4cdbe69deafc9a9a0cad72d554d>. Acesso em: 27 nov. 2021.

CRUZ, S.C.S.; PEREIRA, F.R.S.; SANTOS JÚNIOR; ALBUQUERQUE, A.W.; PEREIRA, R.G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.12, n.1, p.62-68, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000100009>

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 628p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21- 54.

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

FIGUEIREDO, C.C.; BARBOSA, D.V.; OLIVEIRA, S.A.; FAGIOLI, M.; SATO, J.H. Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho. Rev. Ciênc. Agron., v. 43, n. 3, p. 446-452, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000300005>

FORNASIERI FILHO, D. Manual da cultura do milho. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576 p.

Horticultura Brasileira, Vitória da Conquista, BA, v. 28, n. 3, p. 299-304, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300010>

LI, Y.; SHI, H.; ZHANG, H.; CHEN, S. Amelioration of drought effects in wheat and cucumber by the combined application of super absorbent polymer and potential biofertilizer. The Journal of Life and Environmental Sciences -PeerJ, San Diego, v.7, n. e 6073, p.235-241, 2019. <https://doi.org/10.7717/peerj.6073>

MOREIRA, V. O. G. CRESCIMENTO E FOTOSSÍNTESE DO MILHO CULTIVADO SOB ESTRESSE SALINO COM ESTERCO E POLÍMEROS SUPERABSORVENTE. Irriga, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 603-616, julho-setembro, 2020 <https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n3p603-616>

OLIVEIRA, D.P. Fontes de matéria orgânica para a formulação de fertilizantes organominerais peletizados no desenvolvimento da cultura do sorgo. 2016. 47f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG/Brasil.

POLIDORO, J. C. Fertilizantes Organominerais: Aspectos Mercadológicos e Tecnológicos - Rede FertBrasil. In: V FÓRUM ABISOLO. Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil: V Fórum Abisolo. 2013.

RHODIA - Disponível em: Linha AgRHO S-Boost | Rhodia Brasil . Acesso em 15/06/2022.

RIBEIRO, R. G. Avaliação econômica de milho geneticamente modificado resistente a

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; JUNQUEIRA FILHO, R. G.; LEONI JUNIOR, R. Resposta do milho submetido a adubação fosfatada organomineral com diferentes doses de torta de filtro. In: FertBio 2008 - Reunião Brasileira de Fertilidade e Biologia do Solo, 15 a 19 de setembro, Centro de Exposições e Eventos de Londrina/PR.

SORATTO, R.P.; EVANGELISTA, R.M.; NARDIN, I. Qualidade

SOUSA, R. T. X. Fertilizante organomineral para a produção de cana-de-açúcar. 2014. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG/Brasil.

SOUZA, J.R.; RIBEIRO, B.N.; RAPOSO, T.P.; FIORIN, J.E.; CASTRO, G.S.; MAGALHÃES, R.S. Eficiência do fósforo revestido com polímeros na cultura da soja. Acta Iguazu, Cascavel, v.3, n.4, p. 1-9, 2014.

TOMASZEWSKA, M.; JARPSOEWICZ, A.; KARAKKULSKI, K. Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. Deslination, Nottingham, v.146, n.3, p.319-323, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(02\)00501-5](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(02)00501-5)

YARAMI, N.; SEPASKHAH, A. R. Saffron response to irrigation water salinity, cow manure and planting method. Agricultural Water Management, Amsterdã, v. 150, n.1, p. 57-66, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.12.004>

ZHANG, J.F.; ZHAO, T.N.; SONG, S.S.S.; GUO, H.B.; SHEN, H.J.; WU, Y. Effects of biofertilizers and super absorbent polymers on plant growth and soil fertility in the arid mining area of Inner Mongolia, China. Journal of Mountain Science, Pequim, v.15, n. 9, p. 1920-1935, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11629-017-4801-5>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de biochar para a produção de fertilizantes orgânicos é uma boa alternativa para melhorar os atributos químicos do solo, visto que proporcionou um melhor efeito residual de cálcio, magnésio, carbono orgânico total e capacidade de troca de cátions no solo após o cultivo do milho nos vasos.

A utilização de biopolímeros associados à fertilizantes organominerais pode ser uma boa alternativa para aumentar a eficiência destes fertilizantes, contribuindo para um melhor aproveitamento dos nutrientes aplicados e diminuindo a demanda de importação por fertilizantes.

Avaliar a eficiência agrônômica do biochar em diferentes Classes de solo, principalmente em solos arenosos e com baixa CTC e COT.

Avaliar o efeito deste biopolímero AgRho S-Boost ELX na dose de 1 kg ha⁻¹ em diferentes fases do processo industrial, inserido na mistura, recobrimento das matérias primas antes do processo de mistura.