

MARA LÚCIA MARTINS MAGELA

FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA NA COMPOSIÇÃO DE FERTILIZANTES
ORGANOMINERAIS PELELIZADOS NA CULTURA DO MILHO

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

Orientador

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

Coorientadora

Prof.^a Dr.^a. Regina Maria Quintão Lana

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

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

M191f Magela, Mara Lúcia Martins, 1991-
2017 Fontes de matéria orgânica na composição de fertilizantes
organominerais pelezizados na cultura do milho / Mara Lúcia Martins
Magela. - 2017.
70 f. : il.

Orientador: Reginaldo de Camargo.
Coorientador: Regina Maria Quintão Lana.
Dissertação (mestrado) -- Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Fertilizantes orgânicos - Teses. 3. Plantas -
Nutrição mineral - Teses. 4. Milho - Adubos e fertilizantes - Teses. I.
Camargo, Reginaldo de. II. Lana, Regina Maria Quintão. III.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Agronomia. IV. Título.

CDU: 631

MARA LÚCIA MARTINS MAGELA

FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA NA COMPOSIÇÃO DE FERTILIZANTES
ORGANOMINERAIS PELELIZADOS NA CULTURA DO MILHO

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

APROVADA em 13 de fevereiro de 2017.

Prof.^a Dr.^a. Regina Maria Quintão Lana
(Coorientadora)

UFU

Prof. Dr.^a Adriane de Andrade Silva

UFU

Prof. Dr. Reinaldo Silva de Oliveira

IFTM

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

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

DEDICO

Ao meu tio **Valdemar Alves dos Santos** (*in memoriam*)

OFEREÇO

Aos meus pais, **Geraldo e Valdivina**, pelo amor, apoio e cuidados incondicionais;

Ao meu irmão **Marcos André**, pelo companheirismo e amizade.

Minha gratidão!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e oportunidade de finalizar mais uma etapa.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pelo suporte, conhecimento concedido e oportunidade de realização do Mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudo durante o Mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Reginaldo de Camargo, e à Coorientadora Prof.^a Dr.^a. Regina Maria Quintão Lana, pela orientação, parceria, paciência, confiança e ensinamentos durante este período.

A todos os técnicos e funcionários do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), em especial aos do Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Uberlândia por todo auxílio durante o Mestrado.

Ao Laboratório Brasileiro de Análises Agrícolas Ltda - Monte Carmelo-MG pela realização das análises de metais pesados.

Às empresas Geociclo e Usina Vale do Tijuco pelo fornecimento dos insumos utilizados para a execução do trabalho.

Ao meu Pai, Geraldo Antônio Magela, a minha mãe, Valdivina Martins Magela de Oliveira, e ao meu irmão Marcos André Martins Magela, pelo amor incondicional e apoio constante.

A toda minha família pelo cuidado e companheirismo.

Aos meus amigos Rafael Finzi, Luciana Gontijo, Thays Bueno e Melissa Miranda que sempre me auxiliaram e estiveram presentes nesta trajetória acadêmica.

Aos colegas de sala pelo tempo proveitoso de convívio, estudo e aprendizado.

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1.....	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Importância econômica do milho.....	4
2.2 Construção da produtividade do milho.....	5
2.3 Uso de resíduos orgânicos na agricultura.....	8
2.4 Viabilidade do uso de resíduos na agricultura.....	9
2.4.1 <i>Torta de filtro</i>	10
2.4.2 <i>Lodo de esgoto</i>	11
2.5 Fertilizantes organominerais.....	15
REFERÊNCIAS.....	18
CAPÍTULO 2: ATRIBUTOS QUÍMICOS E METAIS PESADOS EM SOLO FERTILIZADO COM ORGANOMINERAL PELETIZADO.....	24
RESUMO.....	25
ABSTRACT.	26
3 INTRODUÇÃO.....	27
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1 <i>Condução</i>	31
4.2 <i>Avaliações</i>	33
4.3 <i>Análises estatísticas</i>	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
6 CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS.....	47
CAPÍTULO 3: FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS A BASE DE BIOSSÓLIDO E TORTA DE FILTRO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO.....	50
RESUMO.....	51
ABSTRACT.....	52

7	INTRODUÇÃO.....	53
8	MATERIAL E MÉTODOS.....	55
8.1	<i>Condução.....</i>	<i>56</i>
8.2	<i>Avaliações.....</i>	<i>57</i>
8.3	<i>Análises estatísticas.....</i>	<i>58</i>
9	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
10	CONCLUSÕES.....	68
	REFERÊNCIAS	69

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Página
FIGURA 1 Fósforo no solo (mg dm^{-3}) aos 65 dias após a semeadura com doses de fertilizante organomineral a base de biossólido.....	36
FIGURA 2 Fósforo no solo (mg dm^{-3}) aos 65 dias após a semeadura com doses de fertilizante organomineral a base de torta de filtro.....	37
FIGURA 3 Diâmetro de colmo (mm) de milho aos 35 dias após a semeadura em função da aplicação de doses de fertilizante organomineral a base de biossólido.....	62
FIGURA 4 Diâmetro de colmo (mm) de milho aos 35 dias após a semeadura em função da aplicação de doses de fertilizante organomineral a base de torta de filtro.....	62

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 Doses e tipos de fertilizante avaliados para adubação da cultura do milho. Uberlândia, 2015.....	30
TABELA 2 Caracterização química da amostra do Latossolo Vermelho. Uberlândia, 2015.....	31
TABELA 3 Atributos químicos do biossólido. Uberlândia, 2014.....	32
TABELA 4 Atributos químicos da torta de filtro. Uberlândia, 2014.....	32
TABELA 5 Fósforo no solo (mg dm^{-3}) aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	35
TABELA 6 Potássio no solo ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	38
TABELA 7 pH, Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Saturação por bases - V (%) e Soma de Bases - SB ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	39
TABELA 8 Cobre, Ferro e Zinco no solo (mg dm^{-3}) aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	40

TABELA 9	Boro no solo (mg dm^{-3}) aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	41
TABELA 10	Manganês no solo (mg dm^{-3}) aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	42
TABELA 11	Carbono orgânico e matéria orgânica no solo aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	43
TABELA 12	Cromo, Molibdênio e Chumbo (mg L^{-1}) aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	44
TABELA 13	Doses e tipos de fertilizante avaliados para adubação da cultura do milho. Uberlândia, 2015.....	55
TABELA 14	Caracterização química da amostra do Latossolo Vermelho. Uberlândia, 2015.....	56
TABELA 15	Atributos químicos do biossólido. Uberlândia, 2014.....	57
TABELA 16	Atributos químicos da torta de filtro. Uberlândia, 2014.....	57

TABELA 17	Altura de plantas (cm) aos 35 e 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	59
TABELA 18	Diâmetro de colmo (mm) aos 35 e 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	60
TABELA 19	Massa verde e seca (g) de parte aérea de plantas aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	63
TABELA 20	Massa verde e seca (g) de raiz de plantas aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	65
TABELA 21	Clorofila A, B e Total aos 35 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.....	66

RESUMO GERAL

MAGELA, MARA LÚCIA MARTINS. **Fontes de matéria orgânica na composição de fertilizantes organominerais peletizados na cultura do milho.** 2017. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – área de concentração em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

O objetivo do trabalho foi avaliar fontes alternativas de resíduos orgânicos para a produção de fertilizantes organominerais destinados à adubação do milho. Realizou-se um experimento em casa de vegetação no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, MG em delineamento em blocos casualizados com 4 repetições em esquema fatorial $2 \times 5 + 2$, correspondentes a 2 fontes de matéria orgânica (biossólido e torta de filtro), 5 doses (60, 80, 100, 120 e 140% de 120 kg ha⁻¹ da recomendação de P₂O₅ para a cultura do milho) e dois tratamentos adicionais que foram: controle com apenas adubação mineral (100% de P₂O₅) e controle testemunha (ausência de adubação). Aos 65 dias após a semeadura (DAS), foram analisados teores de fósforo, potássio, pH, cálcio, magnésio, saturação por bases, soma de bases, micronutrientes, carbono orgânico, matéria orgânica e metais pesados no solo. Além disso, avaliou-se a altura de plantas, diâmetro de colmo, clorofila A e B aos 35 DAS; e altura de planta, diâmetro de colmo, massa verde e massa seca da parte aérea e raiz aos 65 DAS. Os fertilizantes organominerais obtiveram desempenho semelhante a adubação mineral para a maioria das variáveis químicas, exceto para o teor de fósforo, boro e manganês que apresentaram aumentos nos seus níveis no solo com a utilização das fontes com material orgânico. As doses de 100 e 80% foram menos eficientes na disponibilização de potássio. As aplicações das fontes organominerais resultaram na ausência de metais pesados no solo. Fontes com biossólido e torta de filtro proporcionaram altura e diâmetro aos 35 DAS maiores que o encontrado pela fonte mineral. Independente da fonte de matéria orgânica do fertilizante, o diâmetro de colmo aos 35 DAS apresentou crescimento linear à medida que se aumentou as doses. O uso de fertilizante com base em biossólido levou a maior massa verde da parte aérea que a fonte com torta de filtro, independentemente da dose aplicada. De maneira geral, foram obtidos resultados superiores para a massa verde e seca de raiz para as maiores doses dos fertilizantes, em relação a fertilização mineral. Os fertilizantes organominerais formulados a base de biossólido demonstram ter potencial de serem utilizados para o fornecimento total ou parcial de nutrientes em substituição a fertilização mineral, pois proporcionaram resultados similares ou superiores para características químicas do solo e características de crescimento do milho.

Palavras-chave: Biossólido, torta de filtro, sustentabilidade, nutrição vegetal.

¹Comitê Orientador: Reginaldo de Camargo – UFU (Orientador) e Regina Maria Quintão Lana – UFU (Coorientadora).

GENERAL ABSTRACT

MAGELA, MARA LÚCIA MARTINS. **Sources of organic matter in the composition of pelletized organomineral fertilizers in maize.** 2017. 70 f. Dissertation (Master's Degree in Agriculture – Crop Sciences) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

This study evaluated alternative sources of organic residues for the production of organomineral fertilizers for maize fertilization. A greenhouse experiment was done at Campus Umuarama of Universidade Federal de Uberlândia, MG, in a randomized block design, as a 2 x 5 + 2 factorial, containing two sources of organic matter (biosolid and filter cake), five doses (60, 80, 100, 120 and 140% of 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅ recommendation for maize crop), and two additional treatments (mineral fertilization - 100% de P₂O₅, and a control with no fertilization), with four replications. Soil pH and contents of phosphorus, potassium, calcium, magnesium base saturation, base sum, micronutrients, organic carbon, organic matter and heavy metals were determined at 65 days after sowing (DAS). Also, plant height, stalk diameter, and chlorophyll A and B were determined at 35 DAS; plant height, stalk diameter, shoot and root fresh and dry matter were determined at 65 DAS. The organomineral fertilizers performed similarly to the chemical fertilization for most of the chemical variables, except for phosphorus, boron and manganese contents, which presented increases in soil contents with the use of sources with organic material. The doses 100 and 80% were less effective in supplying potassium. The use of organomineral sources resulted in the absence of heavy metals in the soil. Sources with biosolid and filter cake yielded greater height and diameter at 35 DAS than those of mineral fertilization. Regardless of the fertilizer organic matter source, stalk diameter at 35 DAS presented linear increase with increasing doses. The use of fertilizer based on biosolid resulted in greater shoot fresh matter than the filter cake source, regardless of dose applied. In general, greater results were obtained for root fresh and dry matter at the greater fertilizer doses in comparison with the mineral fertilization. Organomineral fertilizers formulated with biosolid demonstrated potential for use for complete or partial supply of nutrients, replacing mineral fertilization, since similar or better results were found for soil chemical properties and maize growth characteristics.

Keywords: Biosolid, filter cake, sustainability, plant nutrition.

¹ Supervising committee: Reginaldo de Camargo – UFU (Supervisor) and Regina Maria Quintão Lana – UFU (Co-supervisor)

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil ocupa o terceiro lugar na produção mundial de milho totalizando na safra de 2015/2016, 66.979,5 mil toneladas do grão em uma área de 15.922,5 mil ha. A maior parte desta produção é destinada para as indústrias de ração animal, principalmente para os setores de avicultura e suinocultura (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB, 2016a; GERVÁSIO, 2016).

Apesar do alto potencial produtivo do milho e do seu destaque no cenário mundial, na prática, a produtividade média do cereal no Brasil ainda é considerada baixa devido a grande amplitude de variação de produção e produtividade entre as regiões brasileiras (COELHO et al., 2002).

Dentre os vários fatores norteadores da construção de uma boa produtividade, estão a fertilidade e a nutrição de plantas, sendo estes os principais responsáveis pela baixa produtividade média do milho no Brasil, em função das características dos solos cultivados e também ao uso inadequado de algumas práticas, como a calagem e fertilização.

Além disso, os principais híbridos plantados atualmente são altamente exigentes em fertilidade e possuem grande capacidade de extração. Entretanto, a maior parte da área cultivada de milho no país está localizada em regiões intemperizadas, ácidas e de baixa fertilidade natural, exigindo a adição de nutrientes através da adubação.

Segundo Coelho (2008a), as áreas de alta produtividade, dentre outras práticas, têm em comum o manejo que prioriza a produção de matéria orgânica que pode ter origem de diferentes fontes e setores produtivos.

O grande desafio no uso dos fertilizantes organominerais é fornecer e facilitar a manutenção da matéria orgânica no solo, bem como possibilitar que as quantidades de nutrientes requeridas pelas plantas sejam disponibilizadas e absorvidas dentro de um determinado período de tempo, assim como diminuir as perdas por lixiviação, volatilização ou adsorção.

Diante dessa realidade, o fertilizante organomineral se constitui uma tecnologia importante, pois permite a reciclagem dos nutrientes através da utilização de vários resíduos orgânicos da agroindústria, como restos culturais e dejetos animais. Porém, ainda são incipientes os estudos a respeito da utilização de outras fontes orgânicas, como o lodo de esgoto que, segundo Bettiol et al. (2006), é gerado como subproduto

nos processos de tratamento de esgoto e caracteriza-se por ser rico em matéria orgânica e nutrientes.

Entretanto, existem outros resíduos tradicionalmente utilizados na agricultura, como a torta de filtro, que é rica em macro e micronutrientes, gerada em grandes volumes pela indústria sucroalcooleira, que reutilizam esse material na própria área produtiva da cana-de-açúcar (AVARENGA; QUEIROZ, 2008).

Diante na necessidade de se aumentar a eficiência do fornecimento dos nutrientes para as plantas ao mesmo tempo em que se busca fazer a destinação correta de resíduos que podem ser eficientes para a agricultura, objetivou-se abordar a importância de se encontrar alternativas de uso de diferentes resíduos orgânicos para a constituição de fertilizantes organominerais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância econômica do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais antigas da história da humanidade e os primeiros relatos sobre o gênero sinalizam sua origem sendo nas Américas (México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos). Posteriormente, com as grandes navegações do século XVI, o milho foi levado à Europa de onde passou a ser plantado em escala comercial seguindo para todos os outros continentes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DE MILHO-ABIMILHO, 2015; AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA-AGEITC, 2015).

O milho destaca-se por sua versatilidade de uso que abrange desde a alimentação animal, que é sua mais ampla destinação, até os diversos setores industriais de alta tecnologia, como a produção de etanol. Além disso, este cereal constitui fonte de alimentação importante para populações, com destaque para regiões de baixa renda, constituindo cerca de 21% da nutrição humana (AGEITC, 2015; GERVÁSIO, 2016).

No Brasil, a cultura do milho também tem grande importância no cenário agrícola nacional, sendo implantada em praticamente todo o território brasileiro, concentrando-se principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Na safra 2014/2015, o milho nacional alcançou 84.6 milhões de toneladas e 66.9 milhões de toneladas na safra 2015/2016 (21% menor que a anterior) (AGEITC, 2015; CONAB, 2016a; GERVÁSIO, 2016).

De acordo com Departamento do Agronegócio-DEAGRO/FIESP (2016), o 8º levantamento do departamento de agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture-USDA) da safra 2016/ 2017 estimou que a produção mundial superará um bilhão de toneladas (1.039,7 milhões de t), ultrapassando a safra 2015/2016 em 78.6 milhões de t.

Essas cifras confirmam o crescimento da cultura no Brasil em que foi verificado aumento expressivo do cereal nas últimas décadas, principalmente devido sua maior aplicação no setor industrial, pois a produção nacional acompanhou a demanda de milho como insumo básico para avicultura e suinocultura (AGEITC, 2015).

2.2 Construção da produtividade do milho

A produtividade média do milho no Brasil na safra 2015/016 foi de 4.207 kg ha⁻¹. Nos Estados Unidos, para o mesmo período, a produtividade foi de 10.700 kg ha⁻¹. Essa discrepância da produtividade média nacional demonstra que o desempenho do país ainda está muito abaixo dos alcançados pelos maiores produtores (VIANA, 2011).

Grande parte deste resultado pode ser atribuído a variação de produtividade que existe entre as diferentes regiões produtoras de milho. Além disso, existe um conjunto de fatores que influenciam diretamente no ambiente produtivo para obtenção de alta produtividade, como o aprimoramento das condições do solo, genética e qualidade das sementes, época de plantio, espaçamento e densidade de semeadura, manejo integrado de pragas, agricultura de precisão e fatores edafoclimáticos (VIANA, 2011).

No âmbito do aprimoramento das condições do solo, destaca-se a fertilidade e nutrição do mesmo. Estes são um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade média do milho no Brasil, tanto para a produção de grãos como para a de forragem, pois grande parte das áreas destinadas para o plantio é de baixa fertilidade associada a práticas inadequadas de calagem e adubações (COELHO, 2008a; COELHO; FRANÇA, 2015).

A produtividade do milho apresenta estreita relação com as taxas de nutrientes extraídas pelas plantas e isso faz com que a fertilidade seja um dos principais influenciadores da produtividade dentro do manejo do solo.

O milho possui diferentes períodos de intensa absorção de nutrientes, sendo o primeiro deles acontecendo durante a fase de desenvolvimento vegetativo, V12 a V18 (12 a 18 folhas completamente desenvolvidas), momento que a definição do número potencial de grãos está sendo estabelecido. O segundo momento de maior absorção de nutriente acontece durante a fase reprodutiva ou formação da espiga, quando o potencial produtivo é atingido (COELHO et al., 2003; RESENDE et al., 2012).

De todos os macronutrientes essenciais as plantas, o nitrogênio é o mais requerido em quantidade pela cultura do milho. Trata-se de um nutriente muito solúvel e móvel no solo, perdendo-se facilmente no perfil do mesmo por processos de lixiviação e escoamento superficial através da precipitação e irrigações inadequadas. Além disso, é facilmente perdido por processos de volatilização e desnitrificação no solo (BARROS; CALADO, 2014).

Segundo Broch e Ranno (2012), o nitrogênio é o nutriente que mais limita a produtividade do milho, sendo um constituinte essencial das proteínas que interfere diretamente no processo de fotossíntese. Entretanto sua eficiência de utilização pela cultura não ultrapassa os 60% e por isso é recomendado o parcelamento da dose indicada para a cultura.

De acordo com estes mesmos autores, o fornecimento do nitrogênio para o milho ocorre através da mineralização da matéria orgânica, da reciclagem dos resíduos de culturas anteriores e dos fertilizantes nitrogenados minerais ou orgânicos adicionados.

As quantidades e ritmos de absorção deste nutriente variam ao longo do ciclo da cultura do milho, sendo que a absorção de nitrogênio acontece em dois períodos de máxima absorção, que são durante as fases desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (BARROS; CALADO, 2014; COELHO et al., 2003).

Outro importante macronutriente para o milho é o potássio que se constitui no segundo nutriente mais absorvido. Entretanto é menos lixiviado que o nitrogênio, mas é mais que o fósforo neste processo. O coeficiente de utilização do potássio é cerca de 40%, sendo o padrão de absorção diferente em relação ao nitrogênio e ao fósforo.

A máxima absorção do potássio ocorre no período vegetativo, com elevada taxa de acúmulo nos primeiros 30 a 40 dias de desenvolvimento, sugerindo maior exigência de potássio na fase inicial como um elemento de “arranque” (COELHO et al., 2003).

O potássio é um cátion de maior concentração nas plantas e possui diversas funções fisiológicas e metabólicas, como ativação de enzimas, fotossíntese, translocação de assimilados, absorção de nitrogênio e síntese proteica.

Outro importante nutriente é o fósforo que apresenta dinâmica bastante complexa e representa um dos nutrientes de mais difícil aproveitamento através da fertilização, pois o coeficiente de utilização médio está em torno de 20%, ou seja, 80% do fósforo aplicado tende a ficar indisponível para as plantas. Trata-se de um nutriente pouco solúvel e que pode ser retido no solo se tornando indisponível para as plantas e, por isso, dificilmente é perdido por lixiviação, como o nitrogênio e o potássio.

Assim como o nitrogênio, os períodos de maior requerimento do nutriente pelo milho ocorrem mais intensamente nas fases vegetativas e reprodutivas (BARROS; CALADO, 2014; COELHO et al., 2003).

Este nutriente desempenha diferentes funções nas plantas, sendo que no milho umas das principais participações do fósforo é na realização de transferências de energia e, conseqüentemente, é de vital importância para a síntese de proteínas, fotossíntese e

transformação de açúcares (RAIJ, 2011). Também é componente integral de compostos importantes das células vegetais, dentre eles fosfato-açúcares (intermediários da respiração e fotossíntese) e dos fosfolipídios que compõem as membranas vegetais (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, 2013).

Outros elementos como o cálcio, magnésio e enxofre são fornecidos através da calagem e gessagem. Já no que se referem aos micronutrientes, as quantidades que a planta de milho necessita são muito pequenas, porém não menos importantes que os demais nutrientes uma vez que a deficiência de apenas um deles já pode ser suficiente para causar danos diretos ao desenvolvimento da cultura, como desorganização de processos metabólicos e diminuição da eficiência de fertilizantes que contenham macronutrientes (BARROS; CALADO, 2014; KIRKBY; ROMHELD, 2007).

Atualmente existem diversas fontes de fertilizantes que buscam suprir as necessidades desses nutrientes para as plantas, entretanto grande parte delas enfrentam dificuldades de alcançar resultados ideais e desejáveis devido a particularidades de cada nutriente no solo. Para atender a todas essas exigências nutricionais para o milho, ou outra cultura, é necessária a aplicação de fertilizantes que disponibilizem os nutrientes para as plantas de maneira sustentável, eficiente e sincronizada com as demandas da cultura (TEIXEIRA, 2013).

Um dos grandes desafios encontrados é desenvolver produtos inovadores que forneçam estes nutrientes para as plantas de forma que as mesmas sejam capazes de assimilá-las no período de tempo adequado, assim como diminuir perdas por lixiviação, volatilização ou adsorção.

Dessa forma, busca-se por tecnologias capazes de minimizar problemas técnicos, energéticos e ambientais comumente enfrentados pelo segmento de fertilizantes. Para isso é necessário alcançar melhorias nos processos produtivos, reduzir consumo de energia e água, reduzir e/ou reutilizar a geração de rejeitos industriais e também urbanos, além de aumentar a eficiência na aplicação e absorção dos fertilizantes no solo (BORSARI, 2013; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA-CNI, 2010).

Para atender estes amplos desafios, surgiram diversas tecnologias no setor de fertilizantes, sendo uma delas os fertilizantes organominerais. Estes são fertilizantes que misturam fontes minerais e fontes orgânicas em uma única formulação em que a parte orgânica do fertilizante pode ter origem em distintas fontes, dentre elas de resíduos já usados na agricultura, como a torta de filtro e também de outras fontes não tradicionais como as escórias urbanas.

2.3 Uso de resíduos orgânicos na agricultura

Diferentes atividades produtoras dos setores urbanos, industriais e agrícolas geram grandes volumes de resíduos orgânicos que em sua maioria ainda não recebem o tratamento e destinação adequados. Esses resíduos são comumente descartados e não depositados, ou seja, são rejeitados de forma aleatória e não destinados para um fim com colocação metódica e planejada que vise a reutilização e não a simples eliminação (PIRES, MATTIAZZO, 2008).

No Brasil os resíduos urbanos são, em sua maioria, destinados para aterros sanitários que muitas vezes acabam não atendendo todas as exigências mínimas relacionadas a aspectos ambientais e também sociais.

Diante desta preocupação, foi instituída a Lei nº 12.305 (2010) que estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esta aborda sobre instrumentos importantes para permitir o avanço do país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos originados do manejo inadequado dos resíduos sólidos.

Observa-se também que as legislações ambientais estão cada vez mais exigentes no que se refere a gestão de resíduos e aos próprios princípios de reciclagem. Neste aspecto está incluída a disposição final de resíduos como o lodo produzido pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) que precisam considerar diversos preceitos de utilização segura de nutrientes e material orgânico dos seus resíduos. Além de buscar reduzir custos com energia, inativação microbiana e respeito às políticas de restrições relacionados ao aterramento dos materiais (MALDONADO et al., 2009).

Uma das alternativas para a reutilização dos resíduos provenientes das atividades dos diferentes setores é na agricultura. Países como os Estados Unidos, Holanda e Austrália, reciclam seus resíduos em solos agricultáveis.

Essa reutilização no meio agrícola fecha um ciclo ideal de equilíbrio onde se observa melhorias na sustentabilidade ambiental, na justiça social e na qualidade do solo, promovendo diminuição da poluição e do uso de matérias primas e fertilizantes minerais na agricultura (DINIZ, 2012; PIRES, MATTIAZZO, 2008).

Resíduos de origem animal, vegetal, agroindustrial, urbano e industrial são abundantes e podem ter potencial 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 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).

Além desses, destacam-se também outros compostos orgânicos urbanos como lixo orgânico, lodo de esgoto e resíduos oriundos da agroindústria, como os gerados pela indústria de açúcar e álcool (torta de filtro) que muitas vezes são reutilizados nas áreas das próprias usinas. Estes últimos possuem maiores probabilidades de apresentarem baixos níveis de contaminantes em sua composição.

Se por um lado a aplicação direta destes resíduos não se justifica por questões de viabilidade econômica e técnica, cada vez mais tem se buscado utilizá-los por outros meios, como na produção de fertilizantes especiais e outros produtos.

2.4 Viabilização do uso de resíduos na agricultura

A utilização de resíduos orgânicos na agricultura necessita ser preconizada por uma série de requisitos que irão viabilizar seu uso. Dessa forma, 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).

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.

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.

Pires e Mattiazzo (2008) citam que após a classificação do material, a próxima etapa do processo e reutilização dos resíduos é o plano de amostragem, que irá garantir que as amostras coletadas representem da melhor forma o resíduo que será 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) (PIRES; MATTIAZZO, 2008).

Também são necessários outros testes, como o de degradação da matéria orgânica; determinação da curva de neutralização para avaliação do poder do resíduo estudado 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 (PIRES; MATTIAZZO, 2008).

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 existe a necessidade de se investigar se haverá necessidade de pré-tratamentos, viabilidade de transporte, armazenamento, qual a dose a ser usada, local de aplicação, preparo da área e tipo de aplicação, cuidados durante a aplicação e monitoramento da área após a aplicação.

Dentre os diversos resíduos que podem ser destinados para a agricultura e que vem passando por todos esses processos de avaliações citados, estão a torta de filtro e o biossólido, cuja produção aumentou em ritmo acelerado em função do incremento das áreas de cultivo de cana-de-açúcar e investimentos em saneamento básico.

2.4.1 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 2015/2016 alcançou 665.586,2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar com estimativas de 684.773,9 milhões de toneladas para 2016/2017 (CONAB, 2016b).

Diante da importância, extensão e volume de produção da cultura, quantidades expressivas de resíduos são produzidas no setor sucroalcooleiro evidenciando a necessidade de se fazer uma reutilização eficiente de todo esse material gerado no processo. Esta realidade trouxe a possibilidade de direcionar o aproveitamento dos resíduos do setor para serem fontes de nutrientes para a própria cultura e também para

outras atividades agrícolas, reduzindo contaminação ambiental e custos com adubação (ALVARENGA; QUEIROZ, 2008).

Um dos resíduos produzidos no setor sucroalcooleiro é a torta de filtro que provem do processo de tratamento e clarificação do caldo da cana-de-açúcar, sendo um composto da mistura de bagaço moído e lodo de decantação. 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 é rica em matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio, ferro, manganês, zinco e cobre. 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).

Aproximadamente 30% do fósforo presente na torta de filtro está na forma orgânica e o nitrogênio está na forma proteica, o que faz a liberação dos elementos em questão serem altamente aproveitados pelas plantas. Além disso, a matéria orgânica desses resíduos atua nas melhorias das propriedades químicas e físicas do solo (SOUZA, 2013).

Souza (2013) também cita que a torta de filtro traz melhorias ao solo fazendo com que haja aumento da CTC, da capacidade de retenção de água e melhorias nas condições microbiológicas para o desenvolvimento das plantas.

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 também em outras conformações como na composição de fertilizantes organominerais.

2.4.2 Lodo de esgoto

Lodo de esgoto é um resíduo rico em material orgânico gerado durante o tratamento das águas residuárias nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). Os processos de tratamento de esgoto objetivam separar a parte sólida da líquida a fim de que o efluente tratado possa retornar aos corpos receptores sem causar danos ao meio ambiente (Corrêa et al., 2007). Nesse processo, o lodo torna-se rico em matéria orgânica e nutrientes, sendo assim considerado como subproduto do tratamento das ETEs (BETTIOL et al., 2006).

Dentre as várias alternativas para a disposição final do lodo de esgoto estão o reuso industrial (produção de tijolos e agregados leves), incineração, conversão em óleo combustível, utilização para fins agrícolas e florestais. Estas últimas duas apresentam-se como as mais convenientes, já que o lodo de esgoto é rico em macro e micronutrientes e matéria orgânica, sendo sua aplicação recomendada como condicionador do solo e fertilizante (BETTIOL et al., 2006).

Quando este resíduo é tratado para posterior uso na agricultura como adubo, passa a ser denominado como 'Biossólido'. Este termo foi criado pela Water Environmental 10 Federation (WEF) com o objetivo principal de distingui-lo, quando em condições de ser utilizado na agricultura, do material fecal que o origina, e com isso proporcionar a possibilidade de redução da rejeição e aumentar a difusão do conhecimento dos benefícios deste material (ANDREOLI; PEGORINI, 1998; PIRES; MATTIAZZO, 2008).

Trannin et al (2005), reforçam que o uso do lodo de esgoto na agricultura se mostra uma alternativa eficiente de reciclagem desse material que é produzido em grandes volumes pelos centros urbanos e industriais. Nos Estados Unidos, há estimativas que são utilizados na agricultura 3,5 milhões de t ano⁻¹ de lodo de esgoto, aproximadamente 54% do total produzido. Enquanto na Alemanha, Grã-Bretanha e França esse valor alcança, respectivamente, 2,5 milhões de t ano⁻¹ (32% do total), 1,08 milhão de t ano⁻¹ (55% do total) e 0,85 milhões de t ano⁻¹ (60% do total) (SILVA et al., 2006).

No Brasil, não há uma estimativa confiável sobre a utilização do lodo de esgoto em áreas agrícolas, evidenciando um sistema de saneamento público precário. Em 2004, do total do esgoto gerado nas cidades brasileiras, apenas 31.3% recebeu tratamento. Em 2014 este índice subiu para 40.8%, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento de 2014 (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO-SNIS, 2016).

A concentração dos nutrientes no biossólido varia conforme o tipo de esgoto e tratamento que recebe, sendo geralmente preciso a complementação com outras fontes de fertilizantes orgânicos ou químicos, de acordo com as necessidades nutricionais específicas das culturas (TAMANINI, 2004).

De acordo com Oliveira et al. (2007), um lodo de esgoto ou biossólido típico contém em torno de 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo e quase nenhuma presença de potássio (0,4%). Os demais macronutrientes (Ca, Mg e S) e

micronutrientes (B, Cu, Fe, Zn, Mo, Cl, Co, Si, Mn e Na) são encontrados em pequenas quantidades, salvo naqueles biossólidos higienizados através da calagem, quando grandes quantidades de Ca e Mg são adicionadas.

Entretanto, a utilização desse resíduo pode ser inviabilizada quando ocorrem restrições na sua composição em função de metais pesados, compostos tóxicos, presença de patógenos, potencial de acidificação ou salinização do solo.

Segundo Almeida et al. (2006), para utilizar o lodo de esgoto no meio agrícola deve haver aplicação de algum processo para redução de patógenos durante seu tratamento, entre os quais destacam-se: processos biológicos (compostagem, vermicompostagem); físicos (secagem térmica, solarização, radiação gama); e químicos (adição de cal virgem ou outras substâncias alcalinas).

A compostagem, tratamento térmico e caleação são procedimentos mais comumente empregados para higienizar o lodo de esgoto, pois apresentam baixo custo.

No processo de compostagem, há inativação dos microrganismos patogênicos devido à elevação da temperatura oriunda da decomposição da matéria orgânica. Enquanto que no tratamento térmico ocorre a aplicação de calor ao solo que leva a remoção da umidade e como consequência a inativação térmica dos microrganismos. Já na caleação, há adição de cal ao lodo de esgoto implicando em elevação do pH que é o responsável pela inativação microbiana, pois ocorre a desintegração de compostos orgânicos e a solubilização de células microbianas (ALVES FILHO, 2014; LIMA, 2010).

Outra forma, e uma das mais viáveis para higienizar o lodo, é a solarização, uma vez que no Brasil predomina-se clima tropical e com altos níveis de insolação durante o ano. Além disso, este procedimento não deixa residuais no solo (ALVES FILHO, 2014; LIMA, 2010).

Caso não haja problemas com o resíduo, a determinação da dosagem empregada deve ser feita com base no fornecimento de nitrogênio e de potássio, já que são encontrados em grandes quantidades e são potencialmente promotores de contaminação de corpos de água. Especificamente, deve se levar em conta necessidade de nitrogênio das plantas para evitar a formação de nitrato em excesso e minimizar perdas por meio de volatilização ou desnitrificação (BOEIRA et al., 2006).

Boeira et al. (2006) também informam que o nitrogênio na forma de nitrato (N-NO_3^-), de amônio (N-NH_4^+) e o na forma orgânica (que é mineralizado em um determinado tempo do processo) são as formas de N disponíveis para as plantas. No

lodo a maior parte do N está na forma orgânica, em que as proteínas são as formas que mais constituem a fração lábil da matéria orgânica e de fácil degradação pelos microrganismos. Isso faz acontecer uma rápida liberação do N mineral para solução do solo.

O biossólido vem sendo usado como um condicionador físico e químico de solos destinados para culturas agrícolas e florestais e que tem demonstrado melhorias significativas na fertilidade do solo, matéria orgânica e na nutrição das plantas (FAUSTINO et al., 2005; FREIER et al., 2006; ROCHA et al., 2004; TRIGUEIRO e GUERRINI, 2003)

Alves Filho (2014) estudando sobre a desinfecção do lodo de esgoto para fins agrícolas, constatou a viabilidade de uso do lodo caleado na agricultura desde que atenda aos demais requisitos explícitos na resolução CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE- CONAMA n. 375/2006 (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006). Enquanto Oliveira (2016) estudando o desenvolvimento do sorgo com a aplicação de fertilizantes organominerais constituídos de distintas fontes, verificou que fertilizantes organominerais formulados com biossólido, turfa e torta de filtro poderiam ser utilizados para substituir a adubação mineral no sorgo.

A Resolução nº 375 regulamentada pelo CONAMA, de 29 de agosto de 2006, define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodo de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário. Dentre eles ressalta-se que é proibido o emprego de lodo de esgoto em cultivo de olerícolas, pastagens, tubérculos, raízes e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo. Pode se aguardar como alternativa um período mínimo de 48 meses desde a última aplicação do biossólido para poder se plantar as culturas citadas.

De acordo com Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006, o lodo de esgoto poder ser caracterizado nas classes A ou B, sendo o lodo classe A aquele que atende os seguintes critérios: densidade de *Coliformes fecais* inferior a 10^3 NMP/g de sólidos totais e densidade de *Salmonella sp.* inferior a 3 NMP/4g de sólidos totais.

O lodo é considerado classe B quando a densidade de *Coliformes fecais* for inferior a 2.10^6 NMP/g de sólidos totais. No entanto, a comercialização do lodo de esgoto para uso agrícola só é permitida quando o material se encontra na primeira classe.

Outro fator limitador do lodo de esgoto para agricultura é o metal pesado que pode torna-se disponível na solução do solo trazendo toxicidade para as plantas, microbiota e também aos lenções freáticos e ao homem.

O termo “metal pesado” é dado aos elementos químicos que possuem massa específica superior a 5 g cm^{-3} que em quantidades altas são tóxicos e, ao contrário dos patógenos e dos compostos orgânicos usuais no lodo, podem acumular no solo por um período indefinido.

Porém, Nogueira et al. (2007) relatam que os metais pesados presentes em lodos de esgoto se mantiveram dentro dos limites fixados por normas em grãos de milho e que a adição ao solo de lodo de esgoto tratado com cal diminuiu, de modo geral, os teores disponíveis de metais pesados.

Alves Filho (2014) também confirma que os metais pesados (Zn, Cu, Cd, Cr, Ni e Pb) em seu trabalho sobre desinfecção do lodo de esgoto para utilização na agricultura estiveram abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 375/2006.

2.5 Fertilizantes organominerais

O fertilizante organomineral é produto procedente da mistura física ou associação de fertilizantes minerais e orgânicos. Trata-se do enriquecimento de adubos orgânicos com fertilizantes minerais (Sousa et al., 2012) em que a fração orgânica pode ser de diversas origens, como da agroindústria (dejetos animais e restos agrícolas) e escórias urbanas como os são o lodo de esgoto.

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 pelos mesmos.

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

A INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 25, DE 23 DE JULHO DE 2009, SEÇÃO V, Art.8º, § 1º (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009) 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 30% de umidade, CTC mínimo de 80 mmolc kg⁻¹ e no mínimo 10% de macronutrientes declarados para os produtos com macronutrientes primários.

Já para produtos fluidos, as especificações são: mínimo de 3% de carbono orgânico e no mínimo 3% dos macronutrientes primários declarados para os produtos com macronutrientes primários.

O mercado de fertilizantes organominerais cresceu a uma taxa média de 10 % ao ano na última década no Brasil e foi estimado um aumento na produção nacional de fertilizantes organominerais de 6,3 para 12 milhões de toneladas ano⁻¹ até 2015 e para 20 milhões de toneladas ano⁻¹ até 2020. Essa ampliação na produção implicará na redução da demanda externa por NPK no Brasil e representará cerca de 15% do consumo total de nutrientes até 2015, e 25% até 2020 (BENITES et al., 2010).

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) salientam que no decorrer do tempo, com incremento gradual da fertilidade do solo, pode haver a estabilização dos nutrientes e aumento da produtividade.

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 controlada ou *slow release* (GEOCICLO, 2016).

No fertilizante organomineral, os nutrientes solúveis estão envolvidos por uma matriz orgânica que protege o fósforo do contato direto com o solo evitando a perda por fixação (Geociclo, 2016). Em virtude da presença de maior quantidade de ânions orgânicos nos grânulos de fertilizantes organominerais, na qual competem pelos sítios de adsorção de P, ocorre redução momentânea da fixação desse nutriente, favorecendo a absorção pelas plantas (Benites et al., 2010). Do mesmo modo, a camada de matéria orgânica dificulta a lixiviação do nitrogênio e do potássio, já que a fase orgânica é insolúvel em água.

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 granulada fornece ao mercado produtos que são mais apropriados para misturas com fertilizantes granulados convencionais e apresenta-se 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, 2008b).

Diante das possibilidades de benefícios que os fertilizantes organominerais apresentam, várias pesquisas tem sido realizadas e os resultados são bastante positivos nas mais variadas culturas, como em milho (Sousa et al., 2012), cana-de-açúcar (Sousa, 2014), sorgo (Oliveira, 2016) e interação lavoura-pecuária-floresta (Franco, 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 também para outros menos utilizados, como o lodo de esgoto.

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.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA -AGEITC.
Importância socioeconômica do milho. 2015. Disponível em: <
http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html>. Acesso em: 04 jan. 2016.
- ALMEIDA, G. C.; FANHANI, J. M.; OLIVEIRA, P. S. D.; DANTAS FILHO, B. P. D. Eficiência dos Processos Químico e Térmico na Higienização de Lodo de Esgoto. **Iniciação Científica CESUMAR**, v. 8, n.1, p. 95-99, 2006.
- 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.
- ALVES FILHO, A. **Desinfecção de lodo de esgoto anaeróbico para fins agrícolas.** 2014. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.
- ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S. Gestão de Biossólidos: Situação e perspectivas. In: I SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIODISSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1998. **Anais...** Curitiba: [s.n.], 1998, 4 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MILHO-ABIMILHO.
Estatísticas. 2015. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/>>. Acesso em: 19 jun. 2016.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A Cultura do Milho.** Escola de Ciência e tecnologia Departamento de Fitotecnia [S.l.]. Universidade de Évora, 2014. 52 p. Disponível em:< file:///C:/Users/User/Downloads/Sebenta-milho.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2017.
- 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.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. de; GALVÃO, J.A.H.; GHINI, R. Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto: Descrição do Estudo. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Eds). **Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura.** Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente. 2006. p. 17-23.
- BOEIRA, R.. C.; MAXIMILIANO V. C. B. Dinâmica da mineralização de nitrogênio de lodos de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed). **Lodo de esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura.** Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente. 2006. p.126-137.
- BORSARI, F. Fertilizantes inteligentes. **Revista AgroDBO.** p. 54-57, 2013. Disponível em:<http://issuu.com/eriklm/docs/ed_agro_45_968a961f50d9b8>. Acesso em: 18 maio. 2016.

BRASIL. Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989: dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7804.htm>. Acesso em: 3 jan. 2017.

BROCH, D. L.; RANNO S. K. **Fertilidade do Solo, Adubação e Nutrição da Cultura do Milho.** [s.n.] 2012. Disponível em: <http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/26/26/5385dc19933c9005ab46b84a32174b176db9decceff6a_12-fertilidade-do-solo-adubacao-e-nutricao-da-cultura-do-milho_713827059.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2017.

COELHO, A. M. **Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008a. 10 p (Embrapa Milho e Sorgo, Circular técnica, 78). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2008/circular/Circ_111.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2017.

COELHO, A. M. **Indicadores do consumo de fertilizantes na cultura do milho no Brasil.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008b. (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 jan. 2017.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; P. FILHO, I. A. **Milho no Brasil: chegamos ao máximo?** 2002. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/F3AA1F06968A574E83257AA2005CF468/\\$FILE/Encarte%20101.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/F3AA1F06968A574E83257AA2005CF468/$FILE/Encarte%20101.pdf)>. Acesso em: 2 jan. 2017.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.101, 2003. Encarte Técnico. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/F3AA1F06968A574E83257AA2005CF468/\\$FILE/Encarte%20101.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/F3AA1F06968A574E83257AA2005CF468/$FILE/Encarte%20101.pdf)>. Acesso em: 5 jan. 2017.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Nutrição e adubação do milho.** 2015. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/deficiencia/deficiencia.html>>. Acesso em: 20 mai. de 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. Análises das culturas: culturas de verão. **Acompanhamento da safra brasileira grãos.** Brasília, CONAB, v. 3, Safra 2015/2016a, n. 12, p. 109, set. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_09_15_18_32_boletim_12_setembro.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. Cana-de-Açúcar. **Acompanhamento da safra brasileira.** Brasília, CONAB, v.3, Safra 206/2017, n. 2, p 1-18, ago.2016b. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_17_10_07_35_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_16-17.pdf>. Acesso em: 20 nov.2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA-CNI. **Novas Tecnologias para Processos Industriais**: eficiência energética na indústria. Brasília, 2010. 40 p. (Relatório 37). Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_24/2012/09/06/262/20121127180918714093e.pdf>. Acesso em: 5 de jan. 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE -CONAMA -. **Resolução nº 375**, define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. 41p. 2006. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Res-CONAMA-375-06.pdf>> acesso em: 9 de ago. 2011.

CORRÊA, R. S.; FONSECA, Y M. F.; CORRÊA A. S. Produção de biossólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.4, p. 420-426, 2007.

DEPARTAMENTO DO AGRONEGÓCIO- DEAGRO/FIESP. **Safra Mundial de Milho 2016/2017-8º Levantamento do USDA**. Informativo DEAGRO Dezembro de 2016. 2016. Disponível em :<[file:///C:/Users/User/Downloads/boletim_milho_dezembro2016%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/boletim_milho_dezembro2016%20(1).pdf)>. Acesso em: 4 de jan. de 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: 17 de abr. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília. Embrapa Solos, 2013. 353 p.

FAUSTINO, R.; KATO, M.T.; FLORÊNCIO, L.; GAVAZZA, S. Lodo de esgoto para a produção de *Senna siamea* Lam., **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande PB, DEAg/UFGC, v.9, (suplemento), p.278-282, 2005.

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.

FREIER, M; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeitos da aplicação de biossólido no crescimento inicial de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.2, p. 102-107, 2006.

GEOCICLO. Disponível em:

<<http://www.geociclo.com.br/index.php/fertilizantes/faq/>>. Acesso em: 24 ago. de 2016.

GERVÁSIO, E. W. **Milho Análise da Conjuntura**. SEAB-Secretaria de Estado da Agricultura e do abastecimento. DERAL- Departamento de Economia Rural. 2016. Disponível em:

<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/milho_2016.pdf> .Acesso em: 20 dez. 2016.

KIRKBY, E.A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na Fisiologia de Plantas: Funções, Absorção e Mobilidade. 2007.3p. (**Encarte Técnico – Informações Agronômicas n ° 118**). Disponível em: <[http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/\\$FILE/Encarte-118.pdf](http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/$FILE/Encarte-118.pdf)>. Acesso em: 5 jan. 2017.

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 de jan. 2017.

LEI Nº 7.804, DE 18 DE JULHO DE 1989. Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Disponível em :< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7804.htm>. Acesso em: 3 de jan. 2017.

LIMA, M.R.P. **Uso de Estufa Agrícola para Secagem e Higienização de Lodo de Esgoto**. 2012, 286 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MALDONADO, A. C. D.; FINZER, J,R, D.; LIMA VERDE, J. R. Secagem de lodo de reator anaeróbio em secador rotativo com recheio de inertes. **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 6, p. 53-82, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO
INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 25, DE 23 DE JULHO DE 2009 DAS/MAPA 25/2009. Disponível em: <

<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229186>>. Acesso em: 9 jan. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente

Resolução. n. 375, DE 29 DE AGOSTO DE 2006. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2017.

NOGUEIRA, T. A. R.; SAMPAIO, R. A.; FONSECA. I. M.; FERREIRA, C. S.; SANTOS, S. E.; FERREIRA, L. C.; GOMES, E.; FERNANDES L. S. A. Metais pesados e patógenos em milho e feijão caupi consorciados, adubados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 331-338, 2007.

OLIVEIRA, D. S.; MOREIRA, E. S.; PEREIRA, F.G.; LEMOS, J. E. D. S.; MARQUES, T. O. **Reaproveitamento do lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto (ETE's) da região metropolitana de São Paulo**. 2007, 122 f. Trabalho de

conclusão de curso (Técnico em Análises Químicas Industriais) - Escola SENAI Fundação Zerrenner, São Paulo. 2007.

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.

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.

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: 17 abr. 2016.

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

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; SANTOS, F. C. **Fertilidade do Solo e Manejo da adubação NPK para Alta Produtividade de Milho no Brasil Central**. Sete Lagoas, MG. Dezembro, 2012.(Circular técnica 181). Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/951901/1/circ181.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

ROCHA, G. N.; GONCALVES, J. L. M.; MOURA, I. M.. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.4, 2004.

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: 22 out.2016.

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, C. A.; RANGEL, O. J. P.; BETTIOL, W.; MANZATTO, C. V.; BOEIRA, R. C.; DYNIA, J. F. Dinâmica de Metais Pesados em Latossolo Adubado com Lodo de Esgoto e em Plantas de Milho. BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A (eds). **Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. p. 17-23.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO- SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2014** – Ministério das Cidades Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 212 p. 2016. Disponível em: <http://www.epsjv.fiocruz.br/upload/Diagnostico_AE2014.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2017.

SOUSA, R. T. X. **Fertilizante organomineral para a produção de cana-de-açúcar**. 2014, 71 p. Tese (Doutorado) - 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 ago. 2016.

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.

TAMANINI, C. R. **Recuperação Áreas Degradadas com a Utilização de Biossólido e Gramínea Forrageira**. 2004, 196 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: <http://www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/dissertacao/2004_12_14_tammanini.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2017.

TEIXEIRA, W. G. **Biodisponibilidade de fósforo e potássio provenientes de fertilizantes mineral e organomineral**. 2013, 115 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

TRANNIN, I. C. de Barros; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. de S. Avaliação agrônoma de um biossólido industrial para a cultura do milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.40, n. 3, 2005.

TRIGUEIRO, R. de M.; GUERRINI, I.A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**. v. 64, p.150 -162, 2003

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE- USDA. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. Washington, p. 1-40, 2015. ISSN: 1554-9089.

VIANA, GUILLERME. **Aumento da produtividade de milho depende da profissionalização do setor produtivo**. Jornal eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas-MG). EMBRAPA MILHO e SORGO (Sete Lagoas-MG). Setembro 2011. Disponível em :<http://www.cnpms.embrapa.br/grao/31_edicao/grao_em_grao_materia_01.htm>. Acesso em: 4 jan. 2017.

CAPÍTULO 2: ATRIBUTOS QUÍMICOS E METAIS PESADOS EM SOLO FERTILIZADO COM ORGANOMINERAL PELETIZADO

RESUMO

MAGELA, MARA LÚCIA MARTINS. Atributos químicos e metais pesados em solo fertilizado com organomineral peletizado.

O objetivo do trabalho foi determinar as alterações nos nutrientes, carbono orgânico, matéria orgânica e metais pesados no solo durante o cultivo inicial de milho com distintas fontes e doses. Objetivou-se também verificar se o emprego de biossólido na formulação do fertilizante organomineral para a cultura do milho apresentou maior eficiência que os efeitos promovidos pelos fertilizantes minerais e organominerais com torta de filtro já utilizados na agricultura. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia - Campus Umuarama. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 4 repetições em esquema fatorial $2 \times 5 + 2$, correspondentes a 2 fontes de fertilizantes organominerais constituídos de resíduos orgânicos (biossólido e torta de filtro); 5 doses de fertilizante organomineral (60, 80, 100, 120 e 140% da recomendação de P_2O_5 para o milho); um controle positivo com adubação mineral (100%) e outro controle negativo, ausência de adubação. Depois da retirada das plantas aos 65 dias após a semeadura, foram analisados teores de fósforo, potássio, pH, cálcio, magnésio, saturação por bases, soma de bases, micronutrientes, carbono orgânico, matéria orgânica e metais pesados no solo. Os fertilizantes organominerais a base de biossólido e torta de filtro proporcionaram aumento nos níveis de fósforo, boro e manganês, com destaque para a fonte com biossólido. Independente das fontes de matéria orgânica do fertilizante, o fósforo no solo apresentou incrementos lineares à medida que se aumentaram as doses das fontes. Doses iguais ou abaixo da recomendação para o milho (100 % de P_2O_5) foram menos eficientes na disponibilização de potássio. As fontes organominerais não resultaram em aporte de metais pesados no solo. Fertilizantes com base em biossólido podem fornecer nutrientes, como fósforo, boro e manganês com doses elevadas em substituição a adubação mineral, mantendo e construindo a fertilidade do solo sem contaminação por metais pesados.

Palavras-chave: Fertilizantes orgânicos, biossólido, torta de filtro, matéria orgânica, metais pesados, milho.

ABSTRACT

MAGELA, MARA LÚCIA MARTINS. Chemical attributes and heavy metals in soil fertilized with pelletized mineral fertilizer.

This study determined the changes in soil nutrients, organic carbon, organic matter and heavy metals during the early development stages of maize fertilized with different sources and doses. Also, this study confirmed that the use biosolid in the formulation of organomineral fertilizer for resulted in greater efficacy than the effects promoted by mineral or filter cake organomineral fertilizers already in agricultural use. The experiment was done in a greenhouse at the Universidade Federal de Uberlândia - Campus Umuarama. The experimental design was randomized block design, as a $2 \times 5 + 2$ factorial, containing two sources of organomineral fertilizer consisting of organic residues (biosolid and filter cake), five doses of organomineral fertilizer (60, 80, 100, 120 and 140% of P_2O_5 recommendation for maize crop), a positive control with mineral fertilization (100%), and a negative one, with no fertilization), with four replications. Subsequent to plant removal, 65 days after sowing, soil pH and contents of phosphorus, potassium, calcium, magnesium base saturation, base sum, micronutrients, organic carbon, organic matter and heavy metals were determined. The organomineral fertilizers based on biosolid and filter cake yielded increases in phosphorus, boron and manganese, especially the biosolid source. Regardless of fertilizer organic matter source, soil phosphorus increased linearly with increasing doses of the sources. Doses equal or below the recommendation for maize (100% P_2O_5) were less effective in supplying potassium. The organomineral sources did not add heavy metals to the soil. Fertilizers based on biosolid can supply nutrients, such as phosphorus, boron and manganese at high doses, replacing mineral fertilization, while maintaining and improving soil fertility with no contamination by heavy metals.

Keywords: Organic fertilizers, biosolid, filter cake, organic matter, heavy metals, maize.

3 INTRODUÇÃO

Com os atuais métodos e técnicas de cultivo disponíveis no mercado, a cultura do milho (*Zea mays* L.) adquiriu grande potencial em um cenário que demanda cada vez mais altas produtividades, ao mesmo tempo em que este crescimento da cultura precisa respeitar a sustentabilidade da cadeia produtiva.

No âmbito da nutrição de plantas e das alterações possíveis de serem realizadas através da fertilização, o milho se mostra altamente responsivo à adubação. Entretanto, ainda são notórias as demandas de melhorias e adequações no fornecimento dos nutrientes pelos fertilizantes, principalmente no que se refere ao nitrogênio, fósforo e potássio. Esses são os nutrientes mais extraídos pela planta e também são os mais perdidos por processos de lixiviação, volatilização e adsorção (COELHO; FRANÇA, 2015).

Diante dessa realidade, existem os fertilizantes organominerais que vem como alternativa para amenizar a problemática de fornecimento de nutrientes para as plantas. Estes fertilizantes são formulados com fontes orgânicas enriquecidas com fontes minerais.

A matéria orgânica presente nos fertilizantes organominerais pode exercer papel de condicionador do solo em longo prazo, pois influencia nas propriedades físicas e químicas do mesmo através da promoção de retenção de água, formação de agregados, aumento da capacidade de troca catiônica e de estoques de carbono, além de aumentar os níveis de nutrientes, uma vez que possibilita a redução dos efeitos de lixiviação do nitrogênio e do potássio e fixação do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio (BENITES et al., 2010; SOUSA et al., 2012).

Existe também a possibilidade de associar os micronutrientes com a matéria orgânica na formulação dessas tecnologias. Isso se constitui em outra vantagem dos fertilizantes organominerais, pois a fração orgânica se eleva e promove efeito quelante sobre os micronutrientes, como ferro, manganês, cobre, zinco e boro.

O zinco juntamente com o boro são os micronutrientes que mais tem limitado a produtividade no milho, devido sua deficiência frequente nas áreas destinadas a cultura (Jamami et al., 2006). Em se tratando do boro, sua deficiência é mais notória no desenvolvimento reprodutivo do milho, em que é observada a má formação de espiga e, conseqüentemente, redução na produção. Este micronutriente aniônico tem função no florescimento, no crescimento do tubo polínico, nos processos de frutificação, no

metabolismo do nitrogênio e na atividade de hormônios (DECHEN; NACHTIGALL, 2006; JAMAMI et al., 2006).

Na composição do fertilizante organomineral, a fração orgânica pode ser obtida de diferentes fontes, como da torta de filtro que, comercialmente, já é utilizada para a fabricação deste tipo de fertilizante. Este resíduo possui teores elevados de matéria orgânica, fósforo, cálcio e potássio, mas sua composição é variável de acordo com o tipo de solo, variedade e maturação da cana e o processo de clarificação do caldo.

De maneira geral o fósforo predominante na torta de filtro é orgânico, que juntamente com o nitrogênio, por processos de mineralização e ação dos microrganismos do solo, são liberados lentamente levando ao alto aproveitamento pelas plantas (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011; VAZQUEZ et al., 2015).

A tecnologia dos fertilizantes organominerais ainda sincroniza outros benefícios, como os relacionados aos aspectos socioambientais, pois permite a utilização de resíduos não comumente usados para esse fim, como o lodo de esgoto. Com incentivo da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), esse tipo de fertilizante permite a adequação de destino do lodo de esgoto, sendo uma alternativa que atende as demandas por processos produtivos mais sustentáveis (BENITES et al., 2014).

A utilização do lodo de esgoto na agricultura é uma prática realizada com frequência por países como Alemanha e França (SILVA et al. 2006). No Brasil, este é um assunto ainda questionado devido às possibilidades do uso inadequado poder proporcionar riscos ao meio ambiente e também a saúde humana.

Apesar disso, a utilização devidamente direcionada de resíduos urbanos como adubo representa uma importante alternativa, tanto para o problema sócio ambiental desses resíduos gerados em grandes quantidades pelas Estações de Tratamento de Esgoto, tanto para a agricultura no âmbito de alternativas de tecnologias de fertilizantes, pois o lodo de esgoto tratado pode ser parte constituinte de novas tecnologias de fertilização, como os são os fertilizantes organominerais (NOGUEIRA et al., 2007; RESOLUÇÃO nº 375, 2006).

Diversos estudos com o bioestabilizado realizados com o propósito de verificar sua eficiência como fonte recondicionadora das propriedades físicas e químicas do solo, verificaram seu potencial de recuperar solos degradados melhorando a fertilidade dos mesmos (BONINI et al., 2015; ROCHA et al., 2004).

Outros trabalhos citam sobre a versatilidade deste resíduo para ser usado como parte constituinte de substrato para mudas de espécies frutíferas e florestais (Trigueiro;

Guerrini, 2003). Enquanto Oliveira (2016) verificou que existe eficiência no uso de fertilizantes com organominerais constituídos de lodo de esgoto tratado na cultura do sorgo.

Entretanto, os estudos que verificam o potencial do biossólido como parte da matéria orgânica de fertilizantes organominerais ainda são incipientes. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de fertilizantes organominerais na cultura do milho com distintas fontes e doses. Empregou-se o biossólido na formulação do fertilizante para verificar se existe maior eficiência nos efeitos promovidos por ele em relação ao fertilizante organomineral constituído de torta de filtro e as fontes exclusivamente minerais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação instalada no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (ICIAG) no Campus Umuarama, localizada à 18°91'86" de latitude Sul e 48°27'72" de longitude Oeste de Greenwich, a uma altitude média de 800 m, no período entre 21/01 a 27/03 de 2015.

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com 4 repetições em esquema fatorial 2 x 5 + 2, correspondentes a 2 fontes de resíduos orgânicos (biossólido e torta de filtro), 5 doses de fertilizante organomineral (60, 80, 100, 120 e 140% da dose recomendada de P_2O_5 para o milho), um controle positivo representado pela adubação mineral (100%) e outro controle negativo, correspondente a ausência de adubação, totalizando 12 tratamentos (Tabela 1) e 48 parcelas.

TABELA 1. Doses e tipos de fertilizante avaliados para adubação da cultura do milho. Uberlândia, 2015.

Fertilizantes	*Percentual de Fósforo (%)	Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)
Organomineral biossólido	60	72
Organomineral torta de filtro	60	72
Organomineral biossólido	80	96
Organomineral torta de filtro	80	96
Organomineral biossólido	100	120
Organomineral torta de filtro	100	120
Organomineral biossólido	120	144
Organomineral torta de filtro	120	144
Organomineral biossólido	140	168
Organomineral torta de filtro	140	168
Controle Positivo (adubação mineral)	100	120
Controle Negativo (ausência de adubação)	—	—

* Percentual de fósforo em relação a 100% da dose (120 kg ha⁻¹) recomendada de acordo com “Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais” (ALVES et al., 1999).

As doses dos fertilizantes organominerais foram definidas tendo como referência o teor de P_2O_5 do solo e seguindo a “Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais” (ALVES et al., 1999), de modo que a dose 100% correspondeu a 120 kg ha⁻¹ de fertilizante para suprir a necessidade da cultura do milho em P_2O_5 e as demais doses foram em relação a esta dose de 100%.

A formulação elaborada dos fertilizantes organominerais com base em biossólido e torta de filtro foi de 5-17-10 (0,1% Boro + 3% Silício + 8% COT) produzidas pela empresa Geociclo, localizada em Uberlândia-MG.

No tratamento com adubação exclusivamente mineral, foi preparada a formulação 5-17-10, utilizando-se ureia (42%), superfosfato simples (18%) e cloreto de potássio (58%) para o fornecimento de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. Essas fontes foram homogeneizadas e aplicadas ao solo para o fornecimento de 100% da recomendação de P_2O_5 para a cultura do milho. Dessa forma foi feita a aplicação de 1.76g da formulação 5-17-10 em 5 kg de solo (correspondente a 120 kg ha^{-1} de P_2O_5).

4.1 Condução

Cada parcela do tratamento foi constituída de dois vasos com capacidade de 5 quilogramas de solo, medindo 20 cm de altura, 20 cm de diâmetro superior e 17 cm de diâmetro inferior.

O solo foi coletado na fazenda experimental Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia, na cidade de Uberlândia- MG e caracterizado como Latossolo Vermelho Eutrófico conforme a metodologia da Embrapa (2013) (Tabela 2).

Não foi necessária a aplicação de corretivos para correção de acidez, uma vez que o mesmo estava dentro da faixa ideal de pH para a cultura. O híbrido de milho utilizado foi o DKB 390.

Os fertilizantes organominerais e as fontes exclusivamente minerais foram aplicados e homogeneizados aos 5 kg de solo.

TABELA 2. Caracterização química da amostra do Latossolo Vermelho. Uberlândia, 2015.

pH água (1:2,5)	P _{meh-1}	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T		
-----mg dm ⁻³ -----		-----cmol _c dm ⁻³ -----									
6.2	2.3	0.31	2.3	0.8	0	2.8	3.41	3.41	6.21		
V	m	M.O.		C.O.	B			Cu	Fe	Mn	Zn
-----%-----		-----dag kg ⁻¹ -----				-----mg dm ⁻³ -----					
55	0	2.7		1.6	0.07			8.6	10	7	1.7

P, K=(HCL 0.05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0.0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al= (Solução Tampão – SMP a pH 7.5); SB= Soma de Bases; t= CTC efetiva; T= CTC a pH 7.0; V= Saturação por bases; m= Saturação por Alumínio (EMBRAPA, 1997), M.O= Método Colorimétrico. B = (BaCl₂.2H₂O 0.0125% à quente); 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).

Para o experimento, o lodo de esgoto usado na composição do fertilizante organomineral foi proveniente da estação de tratamento DMAE localizada no município de Uberlândia, MG e a torta de filtro foi fornecida pela Usina Vale do Tijuco, Uberaba, MG.

O lodo de esgoto foi higienizado com cal hidratada com proporção de 30% de cal hidratada na base seca visando a eliminação dos patógenos. E para a redução da umidade realizou-se secagem natural ao sol por 7 dias, conforme metodologia desenvolvida por Alves Filho (2014).

As características químicas do biossólido e da torta de filtro foram analisadas no Laboratório de Análise de Solo da Universidade Federal de Uberlândia (Tabelas 3 e 4).

TABELA 3. Atributos químicos do biossólido. Uberlândia, 2014.

TABELA 5: Atributos químicos do biossólido: Uberlândia, 2014.												
	pH água (1:2,5)	COT	P ₂ O ₅ Total		K ₂ O	Relação C/N				M.O		
			----- % -----							-----g Kg ⁻¹ -----		
	12.65	19.80	2.23		0.24	28/1				368.60		
Biossólido	C	N	Na	Ca	Mg	P	K	S	Mn	Fe	Al	
	----- g Kg ⁻¹ -----								-----mg dm ⁻³ -----			
	213.80	20.88	0.61	302.0	4.2	1.6	0.6	12.4	138.75	12753.25	20104.53	

Caracterizado conforme a metodologia da Embrapa (2013). COT: Carbono orgânico total.

TABELA 4. Atributos químicos da torta de filtro. Uberlândia, 2014

	pH_{água} (1:2,5)	COT	N Total	P₂O₅ Total	K₂O	Relação C/N
				----- % -----		
Torta de Filtro	6.81	23.49	0.61	0.95	0.30	13.72/1

Caracterizado conforme a metodologia da Embrapa (2013). COT: Carbono orgânico total.

A semeadura foi realizada no dia 21 de janeiro de 2015, na profundidade de três centímetros, sendo colocadas quatro sementes por vaso e após 15 dias foram realizados os desbastes deixando duas plantas por vaso. Realizou-se adubação de cobertura com 70 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio (20% N) quando as plantas apresentaram oito folhas completamente desenvolvidas, conforme “Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais” (ALVES et al., 1999).

Os fertilizantes organominerais e as fontes exclusivamente minerais foram homogeneizadas ao solo através de sacos plásticos.

4.2 Avaliações

Aos 65 dias após a semeadura, depois da retirada das plantas, foram coletadas amostras de solo obtidas através de amostras simples dos dois vasos que compunham a parcela. As amostras compostas de cada parcela experimental foram secas ao ar e posteriormente peneiradas e acondicionadas em sacos plásticos para a determinação dos macro e micronutrientes no Laboratório de Análises de Solos da Universidade Federal de Uberlândia.

Na determinação do fósforo disponível no solo foi usado o extrator Mehlich-1 e para os teores de Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn do solo usou-se a metodologia descrita por Raij et al (2001).

Também foram realizadas análises dos metais pesados Cromo (Cr), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Cobalto (Co) e Molibdênio (Mo) (mg L^{-1}) no solo pela mesma metodologia dos micronutrientes (DTPA 0.005 mol L^{-1} + TEA 0.1 mol L^{-1} + CaCl_2 0.001 mol L^{-1} a pH 7.3) pelo Laboratório Brasileiro de Análises Agrícolas Ltda, localizado na cidade de Monte Carmelo-MG.

4.3 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram inicialmente testados quanto às pressuposições de normalidade de resíduos (teste de Shapiro-Wilk), homogeneidade das variâncias (teste de Levene) e aditividade de bloco (Teste de Tukey para aditividade), utilizando o programa SPSS versão 20.0. Todos os dados foram submetidos a 0,01 de significância.

Posteriormente, as características avaliadas foram submetidas ao teste de F da análise de variância. O estudo dos fertilizantes organominerais formulados com lodo de esgoto e torta de filtro foi feito pelo Teste de Tukey para a comparação entre as médias dos tratamentos. O estudo das doses de fertilizantes organominerais foi realizado por regressão para obtenção de modelo estatístico.

Para os tratamentos adicionais, o controle positivo e o negativo, aplicou-se o Teste de Dunnett e as análises foram realizadas a 0.05 de significância, com auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA, 2016).

Para a busca de modelos de regressões dos dados quantitativos foi utilizado o software Sigma Plot for Windows Version 11.0 Build 11.0.0.77, admitindo como bons modelos aqueles que foram significativos e com coeficiente de determinação (R^2) acima de 70%.

As variáveis potássio (K), boro (B) e cobre (Cu) foram transformadas por $\sqrt{x+1}$ e atenderam as pressuposições a 0.01 de significância, com exceção do cobre que mesmo com transformação dos dados não foi significativo para aditividade de bloco. O fósforo (P) foi transformado por $\sqrt{x}$; Magnésio (Mg) e Molibdênio (Mo) por $\sqrt{x+1}$. A normalidade de resíduos não foram atendidas para P e Mg (sendo aceito transformação de dados apenas para P) e Mo atendeu apenas a pressuposição de aditividade de bloco. Todas as demais variáveis atenderam as pressuposições a 0.01 de significância sem necessidade de transformação de dados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de fósforo (P) no solo aumentaram com a aplicação dos fertilizantes organominerais com biossólido e torta de filtro, comparativamente aos tratamentos adicionais (Tabela 5). O organomineral a base de biossólido nas doses de 80, 100, 120 e 140% da dose recomendada de P_2O_5 , resultaram em maior disponibilização do nutriente, enquanto que para a torta de filtro, resultados semelhantes foram encontrados a partir da dose de 100%, em comparação à ausência de mineral (Tabela 5).

O fertilizante organomineral com biossólido nas doses 100, 120 e 140% e torta de filtro na dose de 100 e 120 % proporcionaram maior disponibilização de P que o observado com a fonte mineral (Tabela 5).

O fertilizante a base de biossólido aplicado com 80% da dose recomendada disponibilizou cerca de 36% a mais de fósforo em comparação com a ausência de fertilização. Enquanto que em relação à dose de 100% esta mesma fonte elevou o nível de fósforo em 39% a mais que o encontrado quando se fertilizou com fontes exclusivamente minerais (Tabela 5).

TABELA 5. Fósforo no solo ($mg\ dm^{-3}$)¹ aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

Percentual (%)	Fertilizante Organomineral	
	Biossólido	Torta de Filtro
60	4.10	4.18
80	4.43 *	4.33
100	5.15 °*	4.53 *
120	5.53 °*	5.13 °*
140	6.48 °*	5.88 °*
Média	5.13	4.81
Adubação mineral	3.15 °	
Ausência de adubação	2.82 *	

CV% = 9.04; DMS_{Dunnett} = 0.3958; DMS_{Fonte} = 0.1242; ³W = 0.890; **F lev=2.396; F adit= 0.523**

¹ P disponível (extrator Mehlich⁻¹) ². ° e *: diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ³W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

O fato do fertilizante com biossólido disponibilizar mais fósforo do que o fertilizante com torta de filtro, em relação ao fertilizante mineral e ausência, é

justificado pelo bio sólido ter maior concentração de P_2O_5 (2.23 %) e maior relação C/N (28/1) que a torta de filtro (0.95% P_2O_5 e 13,72/1 de relação C/N) (Tabela 3 e 4).

Alguns autores (Araújo; Machado, 2006; Novais; Smyth, 1999) afirmam que aplicação dinâmica de resíduos orgânicos, como esterco de curral, repõem de maneira constante os ácidos orgânicos que são responsáveis em restringir a adsorção do P, mantendo o bloqueio de sítios de adsorção do nutriente continuamente. Este efeito também é influenciado pela concentração de P do resíduo, onde se observa que em concentrações abaixo de 0.2% de P total, a imobilização do P da solução torna-se maior que a mineralização do P orgânico.

Silva et al. (2010) afirmaram que fertilizantes organominerais disponibilizam fósforo lentamente e a solubilização é gradativa no decorrer do desenvolvimento da cultura, pois a matéria orgânica transformada e rica em substâncias húmicas possui a propriedade de aumentar a disponibilidade de cargas negativas na região de liberação de fosfato dos fertilizantes organominerais. Em experimento conduzido pelos mesmos autores também foi possível observar maior liberação de fósforo para aqueles fertilizantes com maiores concentrações de P_2O_5 .

Os níveis de fósforo no solo aos 65 DAS variaram em função das doses crescentes dos fertilizantes organominerais, independentemente do tipo de matéria orgânica utilizada na fabricação dos mesmos. Observou-se que a quantidade de P aumentou linearmente à medida que houve acréscimo das doses dos organominerais, em que a cada 1 kg de fertilizante organomineral com bio sólido e torta de filtro aplicado, houve aumento de 0.0252 e 0.0203 $mg\ dm^{-3}$ de P no solo (Figuras 1 e 2)

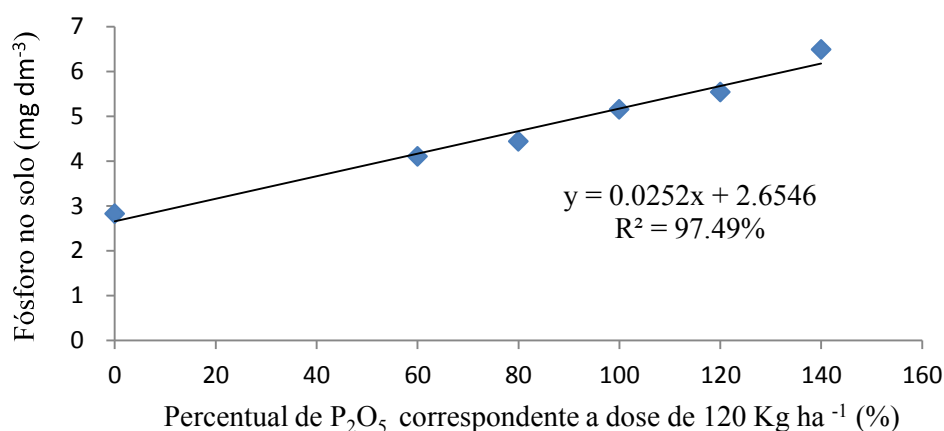


FIGURA 1. Fósforo no solo ($mg\ dm^{-3}$) aos 65 dias após a semeadura com doses de fertilizante organomineral a base de bio sólido.

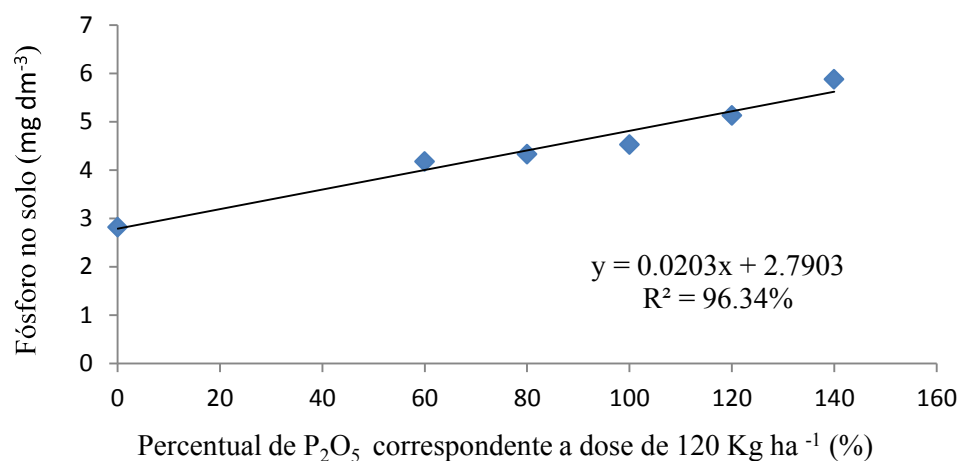


FIGURA 2. Fósforo no solo (mg dm⁻³) aos 65 dias após a semeadura com doses de fertilizante organomineral a base de torta de filtro.

Os resultados do fósforo confirmam a possibilidade de uso da torta de filtro na agricultura, especificamente para a cultura do milho, através da disponibilização do fósforo, principalmente em altas dosagens.

González et al. (2014) verificaram que a torta de filtro enriquecida com fosfato natural e biofertilizantes promoveram aumento da população de fungos e microrganismos solubilizadores de fosfato e que a curto prazo, a adição da torta de filtro enriquecida com fosfato natural, contribuiu para o fósforo solúvel no solo.

Os níveis de potássio (K) no solo também não foram influenciados pelas fontes orgânicas e doses dos fertilizantes organominerais, todavia os teores deste nutriente foram menores, em relação a fonte mineral, quando se usou uma dose igual a recomendada (120 kg ha⁻¹ de P₂O₅) com a fonte bio-sólido (Tabela 6).

Também se observou que a dose menor que a recomendada (80% de P₂O₅), para as duas fontes orgânicas, não disponibilizou quantidades de potássio como a adubação com fontes minerais (Tabela 6).

A matéria orgânica é capaz de reter nutrientes como potássio fazendo com que o mesmo não seja perdido através da lavagem do perfil do solo pelas águas da chuva ou irrigação. Neste trabalho, doses acima da recomendação (100%) mantiveram os níveis de potássio similares aos encontrados pela adubação mineral, enquanto que as menores quantidades de matéria orgânica presentes nas menores doses das duas fontes não foram suficientes para manter os níveis de K no solo (Tabela 6).

TABELA 6. Potássio no solo (cmolc dm^{-3}) aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

Percentual (%)	Fertilizante Organomineral	
	Biossólido	Torta de Filtro
60	0.14	0.14
80	0.12 °	0.12 °
100	0.13 °	0.14
120	0.14	0.14
140	0.16	0.16
Média	0.13	0.14
Adubação mineral		0.19 °
Ausência de adubação		0.14 *
CV% = 1.27; DMS _{Dunnett} = 0.0277; DMS _{Fon} = 0.0087; ² W= 0.934; F lev=1.639; F adit=1.809		

¹ ° e *: diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ² W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

Os baixos valores deste nutriente nas doses de 80 e 100% da dose recomendada, para ambas as fontes, em comparação a adubação mineral, podem ter ocorrido pela mineralização que possivelmente não ocorreu na totalidade, ou ainda pode se considerar que o potássio disponibilizado tenha sido mais absorvido e usado pelas plantas.

O fato do potássio ser um cátion monovalente faz com que o mesmo seja mais facilmente substituído nos processos de retenção no solo do que cátions bivalentes como o cálcio e magnésio. Dessa forma, o íon K^+ , frequentemente adsorvido como complexo de esfera-externa nos minerais de argila e na matéria orgânica do solo, se perde mais no meio em condições de menor presença de matéria orgânica (MEURER, 2006; MOSAIC, 2016).

Reforça-se ainda que o comportamento semelhante entre as duas fontes orgânicas, tanto para o fósforo quanto para o potássio, demonstra que o biossólido pode ser usado na agricultura assim como o é a torta de filtro.

Para a variável pH, notou-se que o solo utilizado para o trabalho esteve dentro do nível considerado adequado (Alvarez et al., 1999) (Tabela 7). Desta forma, não foi possível observar alterações nesta característica em detrimento das fontes e suas doses.

O pH está muito correlacionada a disponibilidade de outros elementos, como o cálcio e o magnésio que também não alteraram em função das fontes e doses aplicadas. Embora fora usada a cal hidratada para a higienização, a dose de fertilizante

organomineral é considerada pequena para promover alterações significativas no pH do solo.

TABELA 7. pH, Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Saturação por Bases-V (%) e Soma de Bases ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

Percentual (%)	pH água		Cálcio		Magnésio		V		SB	
	Fertilizante Organomineral									
	Bio.	T. F.	Bio.	T. F.	Bio.	T. F.	Bio.	T. F.	Bio.	T. F.
60	5.80	5.70	3.03	3.15	0.88	0.90	56.28	57.58	4.04	4.19
80	5.63	5.58	3.15	3.10	0.88	0.88	54.75	57.18	4.14	4.10
100	5.70	5.63	3.13	3.10	0.90	0.88	56.48	57.35	4.15	4.12
120	5.60	5.75	3.10	3.15	0.80	0.88	55.20	56.15	4.04	4.17
140	5.80	5.68	3.10	3.03	0.85	0.88	57.10	56.98	4.11	4.06
Média	5.71	5.67	3.10	3.11	3.10	3.11	55.96	57.05	4.09	4.13
Mineral	5.75 °		3.05 °		0.87 °		55.93 °		4.12 °	
Ausência	5.73 *		3.15 *		0.88 *		58.23 *		4.16 *	
CV%	2.60		5.51		7.09		5.32		5.59	
DMS Dunnett	0.3034		0.3509		0.1267		6.1824		0.4721	
DMS Fonte	0.0952		0.1101		0.0397		1.9397		0.2781	
²W	0.965		0.936		0.894		0.993		0.937	
F lev	1.234		2.778		1.654		1.476		2.330	
F adit	0.140		0.051		0.354		0.020		0.089	

¹ ° e *: diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ² W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

Como esses nutrientes não diferiram com as fontes de matéria prima permanecendo sem mudanças, a saturação por bases (V) e a soma de bases (SB) também se mantiveram constantes e sem alterações significativas (Tabela 7).

Semelhantemente ao analisado com os macronutrientes apresentados, os níveis dos micronutrientes cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Boro (Bo) e Manganês (Mn) no solo não foram influenciados pelas fontes de matéria orgânica e as doses crescentes. Nem mesmo quando se comparou isoladamente com a ausência de adubação e a fonte mineral (Tabela 8), exceto para o boro e manganês (Tabelas 9 e 10, respectivamente).

Para os micronutrientes que não obtiveram alterações, acredita-se que os incrementos possam ser melhores visualizados a longo prazo de aplicação do organomineral.

Trannin et al. (2005) também enfatizam as hipóteses de que os efeitos da utilização de resíduos orgânicos na agricultura pode ter seus resultados mais claros a

longo prazo. Em trabalhos conduzidos por esses autores, foram observados aumento nos teores de P e de outros nutrientes, como Zn, Cu Mn, Fe e Ni, principalmente após a segunda aplicação, sinalizando o efeito residual do mesmo.

TABELA 8. Cobre, Ferro e Zinco no solo (mg dm^{-3}) aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

Percentual (%)	Cu		Fe		Zn	
	Fertilizante Organomineral					
	Bio.	T. Filtro	Bio.	T. Filtro	Bio.	T. Filtro
60	¹ 8.57	8.45	25.00	24.00	4.78	4.73
80	8.65	8.55	25.50	24.75	4.85	4.75
100	8.38	8.20	25.75	25.75	4.73	4.53
120	8.55	8.45	25.00	23.00	4.83	4.95
140	8.05	8.30	24.75	26.00	4.53	5.03
Média	8.44	8.39	25.20	24.70	4.74	4.80
Adubação mineral	7.95 °		23.25 °		4.48 °	
Ausência de adubação	8.00 *		24.00 *		4.40 *	
CV%	4.11		6.32		6.56	
DMS Dunnett	0.7042		3.2085		0.6345	
DMS Fonte	0.2209		1.0067		0.1990	
² W	0.980		0.984		0.98	
F lev	0.659		0.453		1.154	
F adit	8.127		0.254		0.003	

¹ ° e *: diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ²W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

De maneira geral os níveis de boro no solo foram acrescidos em relação à testemunha, para ambas as fontes de resíduos orgânicos, em que a partir da dose de 80% (96 kg ha⁻¹ de P₂O₅) houve maior disponibilização do boro (Tabela 9).

Esses resultados são justificados devido as fontes organominerais conterem na sua composição 0.1% de boro, fazendo com que as altas dosagens refletissem em diferenças neste nutriente no solo.

O solo utilizado no trabalho apresentou o teor de boro classificado por Alvarez et al. (1999) como “muito baixo” (menor que 0.15 mg dm⁻³) e essa condição permitiu que houvesse incrementos do micronutrientes na solução do solo, principalmente para as maiores doses dos fertilizantes, confirmando o potencial do resíduo orgânico biossólido no organomineral de fornecer esse micronutriente de maneira eficiente para o milho.

TABELA 9. Boro no solo (mg dm^{-3}) aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

Percentual (%)	Fertilizante Organomineral	
	Biossólido	Torta de Filtro
60	0.20	0.18
80	0.24 *	0.22 *
100	0.19	0.22 *
120	0.29 ^{o*}	0.24 *
140	0.34 ^{o*}	0.32 ^{o*}
Média	0.25	0.24
Adubação mineral		0.14 ^o
Ausência de adubação		0.09 *

CV% = 2.25; DMS_{Dunnett} = 0.0509; DMS_{Fonte} = 0.0159; ² **W= 0.972; F lev=1.874; F adit=7.453**

¹ ^o e *: diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ²W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

O uso dos fertilizantes organominerais proporcionou resultados similares à adubação convencional quando da aplicação da totalidade da recomendação. Doses acima disso, trouxeram acréscimos nos teores de boro no solo, quando comparado com a adubação mineral, com destaque para a fonte biossólido que começa apresentar essa vantagem a partir da dose de 120 % de P_2O_5 (59% a mais de boro comparado com a fertilização mineral), enquanto que para a torta de filtro isso ocorreu apenas na maior dose (140% de P_2O_5) (Tabela 9).

Quanto ao manganês, observou-se maior disponibilização, em relação à testemunha e fertilização mineral, para 80 e 120 % da dose recomendada para ambas as fontes; sendo que a maior dose para a fonte com torta de filtro também proporcionou acréscimo para esse nutriente (Tabela 10).

TABELA 10. Manganês no solo (mg dm^{-3}) aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

Fertilizante Organomineral		
Percentual (%)	Biossólido	Torta de Filtro
60	¹ 10.95	11.13
80	11.65 ^{o*}	11.68 ^{o*}
100	10.98	11.18
120	11.93 ^{o*}	11.43 [*]
140	10.68	11.53 ^{o*}
Média	11.24	11.39
Adubação mineral	10.10 ^o	
Ausência de adubação	10.03 [*]	
CV% = 5.85; DMS _{Dunnett} = 1.33360; DMS _{Fonte} = 0.41845; ² W= 0.986; F lev=0.746; F adit=0.027		

¹ ^o e *; diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ² W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

Os níveis iniciais de manganês no solo encontravam-se como “médio” por Alvarez et al (1999), e com a aplicação dos fertilizantes organominerais ocorreu aumento desse micronutriente para uma dose menor na fonte com biossólido (80 e 120 % de P_2O_5), enquanto que com a torta de filtro exigiu-se maior dose (80 e 140 % de P_2O_5) para a elevação dos níveis de manganês no solo (em relação a fonte mineral).

Isso demonstra que o biossólido apresentava maiores teores de manganês que a torta de filtro, o que exigiu menor quantidade da fonte com biossólido para promover maior disponibilização do nutriente no solo.

Apesar dos fertilizantes não apresentarem na sua composição complementação de manganês, como ocorreu com o boro, sabe-se que os compostos orgânicos, como lodo de esgoto e torta de filtro, possuem em sua composição variáveis níveis de micronutrientes.

Essa resposta do solo ao manganês também pode estar relacionada ao pH permanecer em níveis adequados para o micronutriente (Dechen; Nachtigal, 2006) e também pela ação de fontes potássicas, como o cloreto de potássio, presentes no formulado, que podem promover efeito de solubilidade, mobilidade e disponibilização no manganês através dos ânions associados com essas fontes potássicas (SANTOS, 2013).

O carbono orgânico e a matéria orgânica não foram influenciados pelas fontes de resíduos orgânicos (biossólido e torta de filtro) ou doses crescentes. Assim como

também não foi observadas alterações nessas características no solo quando comparado com a fertilização mineral e nem mesmo com a ausência de adubação (Tabela 11).

TABELA 11. Carbono orgânico e matéria orgânica no solo aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

	Carbono Orgânico		Matéria Orgânica	
Percentual (%)	Fertilizante Organomineral			
	Biossólido	Torta de Filtro	Biossólido	Torta de Filtro
60	¹ 1.99	2.00	¹ 3.43	3.45
80	1.99	2.00	3.43	3.45
100	2.06	2.04	3.55	3.52
120	2.10	2.10	3.63	3.62
140	2.06	2.09	3.55	3.60
Média	2.04	2.05	3.10	3.11
Adubação mineral	2.02 °		3.48 °	
Ausência de adubação	1.97 *		3.40 *	
CV%	4.96		4.94	
DMS Dunnett	0.2071		0.3554	
DMS Fonte	0.0649		0.1115	
² W	0.979		0.979	
F lev	0.580		0.619	
F adit	0.101		1.416	

¹ ° e *: diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ² W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

A análise de caracterização do solo sinalizou que os teores de Carbono Orgânico e de Matéria Orgânica são considerados “médios” (1,17 - 2,32 dag kg⁻¹) (Alvarez et al., 1999), permanecendo nesta mesma classificação após 65 dias da aplicação dos fertilizantes organominerais.

Apesar da ausência de incrementos para essas características no solo, é possível associar que a presença desses elementos nos fertilizantes foram capazes de agir no favorecimento dos outros nutrientes, sendo que uma única aplicação em um período de tempo de 65 dias pode não ter sido suficiente para causar grandes alterações capazes de serem quantificadas.

Uma das formas de melhorar as características físicas, químicas e microbiológicas do solo é a aplicação de matéria orgânica. Ourives et al. (2010) verificando o uso de um composto orgânico (Bokashi) e seus efeitos na fertilidade do solo destinado para outra gramínea (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú), constataram

que a fonte orgânica conseguiu suprir o solo e as plantas em níveis considerados adequados de fósforo e outros nutrientes, mantendo produção de massa seca similares ao encontrado em uma adubação convencional, sendo que a elevação dos teores de fósforo aumentaram conforme o aumento das doses.

Quanto aos níveis de metais pesados, foram encontrados ausência de (Ni), Cádmio (Cd) e Cobalto (Co) para as duas fontes de todos os tratamentos. Enquanto que para os demais metais pesados investigados (Cromo-Cr, Molibdênio-Mo e Chumbo-Pb) não houveram alterações em seus níveis no solo em função das fontes e doses, bem como na comparação desses tratamentos com os adicionais (Tabela 12).

Tabela 12. Cromo, Molibdênio e Chumbo (mg L^{-1}) aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

Percentual (%)	Fertilizante Organomineral					
	Cr		Mo		Pb	
	Bio.	T. Filtro	Bio.	T. Filtro	Bio.	T. Filtro
60	¹ 4.40	4.70	¹ 0.05	0.04	¹ 3.71	4.16
80	4.73	5.11	0.02	0.02	3.97	3.61
100	4.59	6.07	0.02	0.04	3.98	3.75
120	5.17	2.78	0.02	0.03	3.87	3.99
140	2.64	3.70	0.02	0.01	3.96	3.36
Média	4.31	4.47	0.03	0.03	3.90	3.77
Adubação mineral	4.09 °		0.03 °		4.12 °	
Ausência de adubação	3.93 *		0.02 *		3.57 *	
CV%	50.38		102.61		15.98	
DMS Dunnett	4.4727		0.05373		1.2588	
DMS Fonte	1.4033		0.01686		0.3949	
² W	0.978		0.850		0.979	
F lev	0.921		3.683		1.495	
F adit	2.964		3.433		0.024	

¹ ° e *: diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ² W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

Supõe-se que os níveis de Ni, Cd e Co estiveram muito abaixo da sensibilidade da metodologia empregada, refletindo em resultados com ausência desses elementos no solo.

A maior preocupação quanto aos metais pesados esteve em relação ao lodo de esgoto, devido as suas características originais que tendem a elevados teores dessas substâncias. Entretanto, todos os metais pesados estiveram abaixo dos limites

estabelecidos pela Resolução do CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA 375/ 2006 (Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio, Ambiente, 2006) para cargas acumuladas teóricas permitidas pela aplicação de lodo de esgoto ou derivados em solos agrícolas (Ni-74; Cd-4;Cr-154; Mo-13; Pb-41 Kg ha⁻¹), reforçando que o uso de biossólido em fertilizante organomieral não resulta em contaminação do solo por esses metais pesados

Ressalta-se ainda que, quando do tratamento do lodo de esgoto, Alves Filho (2014) já havia observado baixos níveis de metais pesados para este mesmo lodo de esgoto higienizado.

Trannin et al. (2005) estudando os efeitos agronômicos da aplicação de um biossólido industrial para a cultura do milho, verificou que teores de Cd e Pd mantiveram limites aceitáveis de carga acumulada mesmo quando nos tratamentos de doses máximas e com repetidas aplicações. Enquanto que Anjos e Mattiazzo (2000) analisando partes da planta de milho, constataram que os metais Cd, Cr, Ni e Pb apresentaram-se com teores abaixo dos limites de determinação do método analítico empregado por eles, apesar dos metais terem sidos incorporados aos tratamentos com biossólido.

6 CONCLUSÕES

Os fertilizantes organominerais formulados a base de biossólido demonstraram ter potencial de serem utilizados para o fornecimento de nutrientes, principalmente fósforo, boro e manganês.

Doses iguais ou abaixo da recomendação de adubação para o milho foram menos eficientes na disponibilização de potássio.

O manganês no solo foi mais influenciado pelas doses elevadas das duas fontes, em relação a adubação mineral, sendo que biossólido exerceu essa influencia em uma menor dose (120% de P_2O_5).

Doses crescentes dos fertilizantes organominerais não demonstraram potencial de contaminação no solo quanto aos metais pesados Níquel, Cádmio, Cobalto, Cromo, Molibdênio e Chumbo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JUNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B. V.; GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande, v.15, n.10, p.1004-1013, 2011.
- ALVAREZ V., V. H., NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa, Comissão de Fertilizantes do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. p. 30 – 38.
- ALVES FILHO, A. **Desinfecção de Lodo de esgoto anaeróbico para fins agrícolas**. 2012, 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.
- ALVES, V. M. C.; CASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, C. A.; PITTA, G.V.; FRANÇA, G. E.; FILHO, A. R.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 381-383.
- ANJOS, A. R. M.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em plantas de milho cultivadas em latossolos repetidamente tratados com biossólido. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.769-776, 2000.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. FÓSFORO. In: FERNADES, M. S (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 254-273.
- 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: [n.s.], 2010, 4p.
- BENITES, V.; TEIXEIRA, P. C.; POLIDORO, J. C. **Fertilizante organomineral granulado obtido a partir de Cama de Aviário**. Fertilidade sustentável em suas mãos. Embrapa Solos. 2014.
- BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.4, p.388-393. 2015.
- BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 ago. 2010. Seção 1, p. 3-7.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Nutrição e adubação do milho**. 2015. Disponível em:<<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/deficiencia/deficiencia.html>>. Acesso em: 20 Maio. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA -. **Resolução nº 375**, define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. 41p. 2006. Disponível em <<http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Res-CONAMA-375-06.pdf>> acesso em: 9 de ago. 2011.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. MICRONUTRIENTES. In: FERNADES, M. S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 328-352.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília. Embrapa Solos, 2013. 353 p.

FALCÃO, N. P. S.; SILVA, J. R. A. **Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central**. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, INPA/CPCA, vol. 34 (3), 2004.

GONZÁLEZ, L. C.; PRADO, R. M.; HERNÁNDEZ, A. R.; CAIONE, G.; SELVA, E. P. Uso de torta de filtro enriquecida com fosfato natural e biofertilizantes em Latossolo Vermelho Distrófico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**., Goiânia, v.44, n.2, p.135-141, 2014.

JAMAMI, N.; BULL, L. T.; CORRÊA, J. C.; RODRIGUES, J. D. Respostas da cultura do milho (*Zea mays* L.) à aplicação de boro e de zinco no solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.28, n. 1, p.99-105, 2006.

MEURER, E. J. POTÁSSIO. In: FERNADES, M. S. (Ed). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 282-295.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO Nº 375**, DE 29 DE AGOSTO DE 2006. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 09 Jan. 2017.

MOSAIC. **Nutrição de Safras**. Disponível em:<<http://www.nutricaoodesafras.com.br/definicao-de-solo#overview>>. Acesso em: 08 de Dez. 2016.

NOGUEIRA, T. A. R.; SAMPAIO, R. A.; FONSECA, I. M.; FERREIRA, C. S.; SANTOS, S. E.; FERREIRA, L. C.; GOMES, E.; FERNANDES, L. A. Metais pesados e patógenos em milho e feijão caupi consorciados, adubados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.11, n.3, p.331-338, 2007.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

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.

OURIVES, O. E. A.; SOUZA, G. M.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Maramdú. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.2, p. 126-132, 2010.

RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico. 2001.284p.

ROCHA, G. N.; GONCALVES, J. L. M.; MOURA, I. M.. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.4, p.623-639, 2004.

SANTOS, G. A. **Formas de adição de micronutrientes a um formulado NPK e seu efeito sobre o desenvolvimento do milho**. 2013. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia. 2013.

SILVA, C.A.; RANGEL, O.J.P.; BETTIO, W.; MANZATTO, C.V.; BOEIRA, R.C.; DYNIA, J.F. Dinâmica de Metais Pesados em Latossolo Adubado como Lodo de Esgoto e em Plantas de Milho. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. p. 45-77.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT**: Versão 7.7 beta. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 03 de janeiro de 2016. Disponível em :< <http://www.assistat.com/indexp.html>>. Acesso em: 25 Set. 2016. .

SILVA, R. M. O.; RECH, I., FRABÇA, A. A.; SCHIAVINI, J. A.; PIRES C. A.; BALIEIRO, F. C.; POLIDORO, J. C.; CAMPOS, D. V. B. Liberação de fósforo de fertilizantes organominerais e sua influencia na fertilidade do solo. **In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 29.; **REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS**, 12.; **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO**, 11.; **REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO**, 8. 210. [S.l.]: FertBio, 2010.

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. 10p, 2012. Disponível em: <http://www.geociclo.com.br/wp-content/uploads/2012/07/Lamina-Geofert_MILHO.pdf> Acesso em: 20 ago. 2015.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Avaliação agrônômica de um biossólido industrial para a cultura do milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.246-269, 2005.

TRIGUEIRO, R. de M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**. v. 64, p.150 -162, 2003.

VAZQUEZ, G. H.; BOTOLIN, R.; VANZELA, L. S.; BONINI, C. S. B, BONINI NETO, A. Uso de fertilizante organofosfatados e torta de filtro em cana-planta. **Brazilian Journal of Biosystems engineering**, v. 9, n.1, p53-64, 2015.

CAPÍTULO 3: FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS A BASE DE BIOSSÓLIDO E TORTA DE FILTRO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO

RESUMO

MAGELA, MARA LÚCIA MARTINS. **Fertilizantes organominerais a base de biossólido e torta de filtro no desenvolvimento inicial do milho.**

A utilização de fertilizantes organominerais é uma alternativa a adubação exclusivamente mineral que pode trazer vantagens relacionadas ao meio ambiente e a produtividade das culturas. No cenário da agricultura atual, um dos principais objetivos é buscar tecnologias que sejam capazes de oferecer melhorias nas condições do solo de maneira mais eficiente para as plantas, uma vez que o fator fertilidade tem contribuído para as baixas produtividades de culturas importantes como a do milho. Dessa forma, objetivou-se analisar a eficiência de fertilizantes organominerais compostos por diferentes fontes orgânicas sobre fatores de crescimento na cultura do milho. Realizou-se um experimento em casa de vegetação no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia-MG, em delineamento em blocos casualizados com 4 repetições, em esquema fatorial $2 \times 5 + 2$, correspondente a duas fontes de fertilizantes (biossólido e torta de filtro), cinco doses (60, 80, 100, 120 e 140% da recomendação de P_2O_5 para a cultura); dois tratamentos adicionais: um controle com apenas adubação mineral (100% da recomendação de P_2O_5) e outro controle testemunha (ausência de adubação). Foram analisados: altura de plantas, diâmetro de colmo, clorofila A e B aos 35 dias após a semeadura (DAS). Aos 65 dias após a semeadura avaliou-se altura de plantas, diâmetro de colmo, massa verde e seca da parte aérea e raiz. As fontes organominerais com biossólido e torta de filtro proporcionaram altura e diâmetros aos 35 DAS maiores que o obtido pela fonte mineral. Independente das fontes de matéria orgânica do fertilizante, o diâmetro aos 35 DAS apresentou crescimento linear à medida que se aumentou as doses das fontes. O uso de fertilizante com base em biossólido acarretou em maior massa verde da parte aérea que a fonte com torta de filtro, independentemente da dose aplicada. De maneira geral, foram obtidos resultados superiores com fertilizantes organominerais nas maiores doses (120% e 140% da dose de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5) para a massa verde e seca de raiz, em relação a fertilização mineral. Os fertilizantes organominerais podem ser uma alternativa viável para substituição total ou parcial da adubação mineral, pois proporcionaram resultados similares e/ou superiores a fertilização com fontes minerais para as características de crescimento.

Palavras-chave: Fertilização, resíduos orgânicos, nutrição vegetal, sustentabilidade, peletizado.

ABSTRACT

MAGELA, MARA LÚCIA MARTINS. **Organomineral fertilizers based on biosolid or filter cake on early maize development.**

The use of organomineral fertilizers is an alternative to mineral fertilization that can bring advantages related to the environment and crop yield. In the current scenario, one of the main goals is to find technologies that are effective in providing soil conditioning improvement for plants, since the factor fertility has contributed for low yield in important crops, such as maize. Thus, this study analyzed the efficacy of organomineral fertilizers formulated with different organic matter sources on growth factors of maize. The experiment was done in a greenhouse at Campus Umuarama, Universidade Federal de Uberlândia-MG, in a randomized block design, as a $2 \times 5 + 2$ factorial, containing two sources of organic matter (biosolid and filter cake), five doses (60, 80, 100, 120 and 140% of P_2O_5 recommendation for the crop), and two additional treatments: mineral fertilization (100% de P_2O_5) and a control (no fertilization), with four replications. Plant height, stalk diameter, and chlorophyll A and B were determined at 35 days after sowing (DAS); plant height, stalk diameter, shoot and root fresh and dry matter were determined at 65 DAS. The organomineral sources with biosolid and filter cake yielded greater height and diameter at 35 DAS than those of mineral fertilization. Regardless of the fertilizer organic matter source, stalk diameter at 35 DAS presented linear increase with increasing doses of the fertilizer sources. The use of fertilizer based on biosolid resulted in greater shoot fresh matter than the filter cake source, regardless of dose applied. In general, greater results were obtained for root fresh and dry matter at the greater fertilizer doses (120% and 140% of $120 \text{ kg ha}^{-1} P_2O_5$) in comparison with the mineral fertilization. Organomineral fertilizers can be a viable alternative for partial or total substitution of mineral fertilization, since similar or better results were found for maize growth characteristics.

Keywords: Fertilization, organic residues, plant nutrition, sustainability, pelletized.

7 INTRODUÇÃO

O cultivo do milho no Brasil se tornou altamente tecnificado e atento pelo busca de lucratividade com base na maior eficiência dos processos produtivos e também na incorporação de conceitos de sustentabilidade durante todas as etapas de manejo da cultura. Nesse sentido, a preocupação com o uso de fertilizantes se intensificou e impulsionou a busca de fontes que fossem capazes de disponibilizar nutrientes de maneira mais sincronizada ao requerimento da cultura em quantidade e forma adequada.

Os fertilizantes organominerais são uma alternativa em tecnologia de adubação que vem ganhando importância em relação a fertilização exclusivamente mineral, pois incorpora benefícios ambientais e de construção da fertilidade do solo uma vez que intensificam a utilização de passivos ambientais, aumentam a disponibilidade de nutrientes para as plantas e amenizam as perdas dos nutrientes por processos de lixiviação, volatilização e fixação (BENITES et al., 2010; BORSARI, 2013; TIRITAN et al., 2012).

O fertilizante organomineral é resultante da combinação de fertilizantes minerais e orgânicos que podem ser formulados a partir de resíduos orgânicos de variadas origens (Benites et al., 2010; Sousa et al., 2012a). Dentre estas, destacam-se a torta de filtro e o lodo de esgoto que são encontrados em grandes quantidades pelos setores que os geram.

O primeiro é um tipo de resíduo rico em matéria orgânica; macro e micronutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, ferro, manganês, cobre e zinco e é gerado em abundância pela indústria sucroalcooleira. O lodo de esgoto, produzido nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) dos centros urbanos, também possui grande parte da sua composição em matéria orgânica, sendo as concentrações de seus nutrientes variáveis de acordo com o tratamento de higienização que recebe; podendo disponibilizar boas quantidades de nutrientes essenciais às plantas. Após os processos de higienização para posterior uso na agricultura, o lodo de esgoto passa a ser denominado de “Biossólido” (BETTIOL; CAMARGO, 2006; MELO; MARQUES, 2000; NUNES JÚNIOR, 2008).

Quando se comparam os fertilizantes organominerais às fontes solúveis minerais, evidencia-se que o primeiro possui um potencial químico relativamente inferior, entretanto sua solubilização ocorre gradativamente no decorrer do

desenvolvimento da cultura, podendo obter eficiência agronômica semelhante e até mesmo superior aos proporcionados por uma fertilização convencional (TOZATTI, 2013).

Segundo Lana et al. (2009), é possível correlacionar as medidas de crescimento da planta de milho, como altura de planta, diâmetro do caule e volume com a produção de grãos, pois tais características são altamente correlacionadas. Essa correlação se constitui em uma importante ferramenta que pode ser usada como parâmetro de avaliação de respostas das plantas aos fertilizantes, sendo destacada a vantagem de que é possível obter informações antecipadas sobre o desempenho da cultura.

Diante da possibilidade da utilização de resíduos como lodo de esgoto e torta de filtro para a composição de fertilizantes, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de fontes de matéria orgânica na composição de formulação de fertilizantes organominerais sobre o desenvolvimento inicial da cultura do milho. Espera-se também avaliar se o emprego do bio sólido na formulação proporciona melhores resultados em crescimento que os promovidos pelas fontes minerais e pelo fertilizante organomineral com torta de filtro.

8 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no período entre 21 de janeiro a 27 de março de 2015, em casa de vegetação no campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, na cidade de Uberlândia, MG, localizada a 18°91'86" de latitude Sul e 48°27'72" de longitude Oeste de Greenwich, á uma altitude média de 800 m.

Foram avaliados os efeitos de cinco níveis de adubação com fertilizantes organominerais formulados a partir de duas fontes de matéria orgânica. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com 4 repetições em esquema fatorial $2 \times 5 + 2$, correspondentes a 2 fertilizantes organominerais elaborados com resíduos orgânicos (biossólido ou torta de filtro), 5 doses de fertilizante organomineral (60, 80, 100, 120 e 140% de P_2O_5) realizadas a partir da dose de P_2O_5 recomendada para a cultura do milho segundo a Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (Alves et al., 1999) e que correspondeu a de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 ; um controle positivo correspondente a adubação mineral (100% da dose recomendada) e outro controle negativo que não recebeu adubação, totalizando 12 tratamentos (Tabela 13) e 48 parcelas.

TABELA 13. Doses e tipos de fertilizante avaliados para adubação da cultura do milho. Uberlândia, 2015.

Fertilizantes	*Percentual de Fósforo (%)	Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})
Organomineral biossólido	60	72
Organomineral torta de filtro	60	72
Organomineral biossólido	80	96
Organomineral torta de filtro	80	96
Organomineral biossólido	100	120
Organomineral torta de filtro	100	120
Organomineral biossólido	120	144
Organomineral torta de filtro	120	144
Organomineral biossólido	140	168
Organomineral torta de filtro	140	168
Controle Positivo (adubação mineral)	100	120
Controle Negativo (ausência de adubação)	—	—

* Percentual de fósforo em relação a 100% da dose (120 kg ha^{-1}) recomendada de acordo com “Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais” (ALVES et al., 1999).

Os fertilizantes foram elaborados na formulação 5-17-10 (0,1% Boro + 3% Silício + 8% COT) e produzidos pela empresa Geociclo localizada em Uberlândia-MG.

No tratamento com adubação exclusivamente mineral, foi preparada a formulação 5-17-10, utilizando-se ureia (42%), superfosfato simples (18%) e cloreto de potássio (58%) para o fornecimento de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. Essas fontes foram homogeneizadas e aplicadas ao solo para o fornecimento de 100% da recomendação de P_2O_5 para a cultura do milho. Dessa forma foi feita a aplicação de 1.76g da formulação 5-17-10 em 5 kg de solo (correspondente a 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5).

8.1 Condução

As parcelas dos tratamentos foram compostas por dois vasos com capacidade de cinco quilogramas de solo semeados com quatro sementes do híbrido DKB 390 a uma profundidade de três centímetros.

Após 15 dias foi realizado o desbaste deixando-se duas plantas por vaso. Efetuou-se adubação de cobertura com 70 kg ha⁻¹ com sulfato de amônio (20% N), quando as plantas apresentaram oito folhas completamente desenvolvidas.

O solo utilizado foi coletado na fazenda experimental Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia-Uberlândia, MG e caracterizado como um Latossolo Vermelho Eutrófico conforme a metodologia da Embrapa (2013) (Tabela 14).

TABELA 14. Caracterização química da amostra do Latossolo Vermelho. Uberlândia, 2015.

pH água (1:2,5)	P _{meh-1}	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T		
-----mg dm ⁻³ -----		-----cmol _c dm ⁻³ -----									
6.2	2.3	0.31	2.3	0.8	0	2.8	3.41	3.41	6.21		
V	m	M.O.		C.O.			B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----%-----		-----dag kg ⁻¹ -----				-----mg dm ⁻³ -----					
55	0		2.7	1.6			0.07	8.6	10	7	1.7

P, K=(HCL 0.05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0.0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al= (Solução Tampão – SMP a pH 7.5); SB= Soma de Bases; t= CTC efetiva; T= CTC a pH 7.0; V= Saturação por bases; m= Saturação por Alumínio (EMBRAPA, 1997), M.O = Método Colorimétrico. B = (BaCl₂.2H₂O 0.0125% à quente); 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).

Não foi necessária a aplicação de corretivos para correção de acidez, uma vez que o mesmo estava dentro da faixa ideal de pH para a cultura.

O lodo de esgoto usado na composição do fertilizante organomineral foi proveniente da estação de tratamento DMAE localizada no município de Uberlândia, MG e a torta de filtro foi fornecida pela Usina Vale do Tijuco, Uberaba, MG.

O lodo de esgoto foi higienizado com cal hidratada na proporção de 30% na base seca visando a eliminação dos patógenos. A redução da umidade foi realizada através de secagem natural ao sol por 7 dias, conforme metodologia desenvolvida por Alves Filho (2014).

Os fertilizantes organominerais e as fontes exclusivamente minerais foram homogeneizadas ao solo através de sacos plásticos.

As características químicas do biossólido e da torta de filtro foram analisadas no Laboratório de Análise de Solo da Universidade Federal de Uberlândia (Tabela 15).

TABELA 15. Atributos químicos do biossólido. Uberlândia, 2014.

Biossólido	Análise de Composição Química								Análise de Composição Mineral		
	pH água (1:2,5)		COT		P ₂ O ₅ Total		K ₂ O		Relação C/N	M.O	
					----- % -----					-----g Kg ⁻¹ -----	
	12.65		19.80		2.23		0.24		28/1	368.60	
	C	N	Na	Ca	Mg	P	K	S	Mn	Fe	Al
	----- g Kg ⁻¹ -----								-----mg dm ⁻³ -----		
	213.80	20.88	0.61	302.0	4.2	1.6	0.6	12.4	138.75	12753.25	20104.53

Caracterizado conforme a metodologia da Embrapa (2013). COT: Carbono orgânico total.

TABELA 16. Atributos químicos da torta de filtro. Uberlândia, 2014

	pH água (1:2,5)	COT	N Total	P₂O₅ Total	K₂O	Relação C/N
				----- % -----		
Torta de Filtro	6.81	23.49	0.61	0.95	0.30	13.72/1

Caracterizado conforme a metodologia da Embrapa (2013). COT: Carbono orgânico total.

8.2 Avaliações

Aos 35 e 65 dias após a semeadura (DAS) foram avaliadas a altura de planta, diâmetro de colmo, massa verde e seca da parte aérea e raiz, sendo as avaliações das

massas realizadas aos 65 DAS. Além disso, também foram mensuradas as clorofilas A e clorofila B aos 35 DAS.

A medição da altura das plantas foi realizada rente ao nível do solo até a curvatura da última folha totalmente expandida com uma trena graduada em cm; o diâmetro do colmo foi medido a 1 cm do nível do solo por meio de um paquímetro digital graduado em milímetros.

Aos 65 DAS as plantas foram colhidas e separadas em parte aérea e raiz. Logo em seguida foi aferida a massa úmida dessas partes e posteriormente o material foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas e novamente aferida sua massa.

As clorofilas A e B foram avaliadas pelo clorofilômetro Clorofilog®, sendo selecionadas as últimas duas folhas desenvolvidas por planta, totalizando oito amostras para cada parcela.

8.3 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram inicialmente testados quanto às pressuposições de normalidade de resíduos (teste de Shapiro-Wilk), homogeneidade das variâncias (teste de Levene) e aditividade de bloco (Teste de Tukey para aditividade), utilizando o programa SPSS versão 20.0. Todos os dados foram submetidos a 0,01 de significância.

Posteriormente, as características avaliadas foram submetidas ao teste de F da análise de variância e o estudo das fontes de fertilizantes organominerais foi feito pelo Teste de Tukey para a comparação entre as médias dos tratamentos. O estudo das doses de fertilizantes organominerais foi realizado por regressão para obtenção de modelo estatístico. Para os tratamentos adicionais, o controle positivo e o negativo, aplicou-se o Teste de Dunnett, em que as análises foram realizadas ao nível de 0,05 de significância, com auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA, 2016).

Para a busca de modelos de regressões dos dados quantitativos foi utilizado o software Sigma Plot for Windows Version 11.0 Build 11.0.0.77, admitindo como bons modelos aqueles que foram significativos e com coeficiente de determinação (R^2) acima de 70%.

Todas as variáveis atenderam as pressuposições a 0.01 de significância, com exceção da massa seca de raiz que mesmo após transformação de $\sqrt{x}$, seguiu não

atendendo a normalidade de resíduos e homogeneidade das variâncias. Admitindo-se então, os dados originais para esta característica.

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura de planta aos 35 e 65 dias após a semeadura (DAS) e diâmetro de colmo aos 65 DAS não foram influenciadas pelos fatores fontes e doses (Tabelas 17 e 18).

Entretanto, aos 35 dias após a semeadura, a altura de planta e diâmetro de colmo para todas as doses de fertilizantes organominerais com biossólido e torta de filtro obtiveram resultados superiores à ausência de adubação (Tabelas 17 e 18).

TABELA 17. Altura de plantas (cm) aos 35 e 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

Fertilizante Organomineral				
Percentual (%)	35 dias		65 dias	
	Biossólido	Torta de Filtro	Biossólido	Torta de Filtro
60	¹ 57.13 °*	53.97 *	¹ 118.66	115.94
80	58.76 °*	57.89 °*	117.11	125.96
100	59.31 °*	59.45 °*	120.16	122.35
120	59.82 °*	59.22 °*	120.83	117.03
140	61.16 °*	59.30 °*	123.47	122.13
Média	59.23	57.97	120.05	120.68
Adubação mineral	47.86 °		120.20 °	
Ausência de adubação	43.41 *		117.33 *	
CV%= 6.27		CV%= 7.96		
DMS _{Dunnett} =7.2656		DMS _{Dunnett} = 19.6209		
DMS _{Fonte} = 2.27962		DMS _{Fonte} = 6.15612		
² W= 0.984; F _{lev} =1.947; F _{adit} =1.609		² W= 0.986; F _{lev} = 1.830; F _{adit} = 2.091		

¹ ° e *: diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ² W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

Na comparação com adubação mineral, aos 35 DAS, a fonte organomineral constituído de torta de filtro na menor dose (60% de P₂O₅ da recomendação) proporcionou altura similar à fertilização mineral. Nas demais dosagens o crescimento foi superior a adubação mineral (Tabela 17).

Enquanto que para o diâmetro de colmo, as doses do fertilizante organomineral com as duas fontes orgânicas proporcionaram maiores valores que o encontrado pela fonte mineral a partir da dose de 80% da recomendada para a cultura (Tabela 18).

TABELA 18. Diâmetro de colmo (mm) aos 35 e 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

Percentual (%)	Fertilizante Organomineral			
	35 dias		65 dias	
	Biossólido	Torta de Filtro	Biossólido	Torta de Filtro
60	¹ 7.61 *	7.56 *	9.89	9.60
80	8.54 °*	9.00 °*	9.81	10.05
100	8.78 °*	8.63 °*	10.31	10.20
120	9.24 °*	8.34 °*	10.03	9.97
140	8.74 °*	8.56 °*	10.48 *	10.29
Média	8.58	8.42	10.10	10.02
Adubação mineral	6.84 °		10.25 °	
Ausência de adubação	5.60 *		9.30 *	
	CV% = 8.40		CV% = 5.40	
	DMS _{Dunnett} = 1.39910		DMS _{Dunnett} = 1.1104	
	DMS _{Fonte} = 0.43897		DMS _{Fonte} = 0.3484	
	² W=0.988; F lev=1.313; F adit= 0.025		² W= 0.995; F lev= 1.041; F adit= 0.526	

¹ ° e *: diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ² W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

De maneira geral, os resultados demonstraram que aos 35 DAS, as fontes organominerais levaram ao maior crescimento inicial do milho, inclusive em dosagem inferiores da recomendação, como observado com a fertilização com 20 e 40% abaixo da dose recomendada (120 kg de P₂O₅) para a cultura.

Além disso, a fonte biossólido conseguiu acompanhar os resultados proporcionados pela fonte torta de filtro, mostrando que o lodo de esgoto tratado pode ser utilizado para fertilização tanto quanto a torta de filtro.

Tal comportamento das fontes de matéria orgânica neste período, em relação aos tratamentos adicionais, sinaliza que provavelmente a liberação dos nutrientes na solução do solo ocorreu mais intensamente nessa primeira fase, uma vez que não se observou diferenças na altura do milho aos 65 DAS quando se comparou as fontes e suas respectivas doses com a fonte exclusivamente mineral e a testemunha (Tabela 17).

Observou-se a mesma tendência para diâmetro, exceto para o fertilizante com biossólido na dose de 140% da recomendação (168 kg ha^{-1} de P_2O_5) que proporcionou maior diâmetro em relação à ausência de fertilizante (Tabela 18).

Sugere-se que esse resultado de altura de planta e de diâmetro de colmo na primeira fase de avaliação foi em virtude da disponibilização de nutrientes pela parte mineral do fertilizante organomineral ter ocorrido mais intensamente nos primeiros 30 dias fazendo com que essas características fossem destacadas nos tratamentos com as fontes organominerais; e posteriormente a liberação dos nutrientes passou a ser mais lenta e gradual não demonstrando influência sobre a planta nestes requisitos para o período seguinte de avaliação.

Em trabalho conduzido por Santana (2012) com o objetivo de avaliar o comportamento do milho no sistema plantio direto em resposta a adubação com fertilizante organomineral, também não foi constatado o efeito da aplicação desta fonte sobre o comprimento da planta, bem como no diâmetro e inserção da espiga após 90 dias do plantio.

Neste mesmo sentido, Martins et al. (2016) também não constataram alterações nessas características em função das distintas fontes orgânicas na composição de fertilizantes organominerais e o uso de distintas doses, mas semelhantemente ao presente trabalho, a comparação com o controle sem adubação, mostrou-se diferente.

Mendes et al. (2011) avaliando uso de biossólido na crescimento da cultura do milho, verificou que o diâmetro médio dos colmos apresentou tendência ao aumento a partir da primeira amostragem (45 dias após a emergência –DAE) nos tratamentos que se aplicaram biossólido. Entretanto, aos 75 DAE a superioridade no diâmetro foi verificada para plantas que receberam fertilização exclusivamente mineral.

No período de 35 DAS, independente das fontes, as dosagens utilizadas influenciaram o diâmetro de colmo do milho (Tabela 18). O aumento das doses dos fertilizantes organominerais proporcionou acréscimo linear no diâmetro de colmo à medida que se aumentou as doses para as duas fontes de matéria orgânica. E a cada 1 kg do fertilizante com biossólido, houve aumento de 0.025 mm no colmo do milho (Figura 3), enquanto que na aplicação do fertilizante com torta de filtro este aumento foi de 0.021 mm (Figura 4).

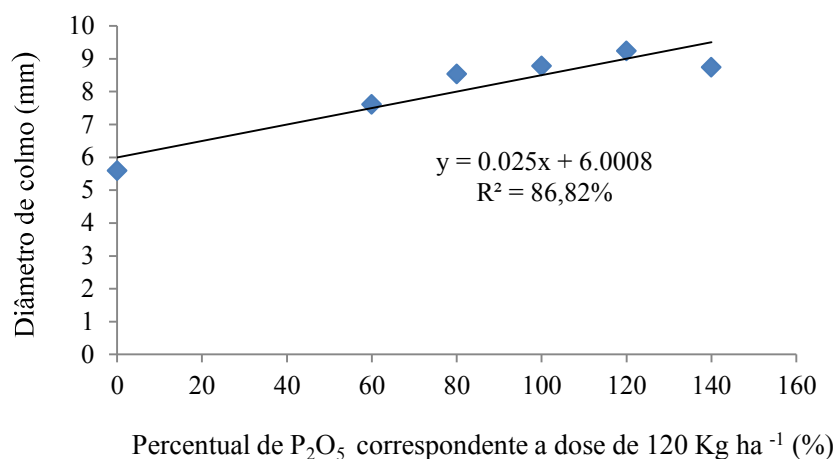


FIGURA 3. Diâmetro de colmo (mm) de milho aos 35 dias após a semeadura em função da aplicação de doses de fertilizante organomineral a base de biofertilizante.

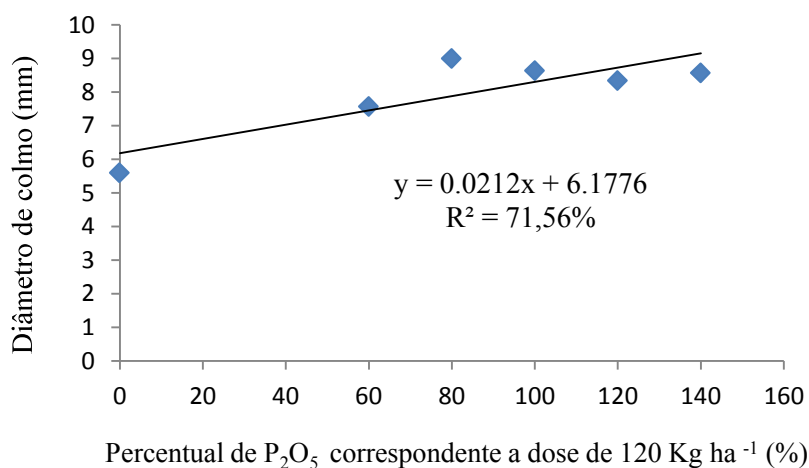


FIGURA 4. Diâmetro de colmo (mm) de milho aos 35 dias após a semeadura em função da aplicação de doses de fertilizante organomineral a base de torta de filtro.

Quanto à avaliação de massa verde da parte aérea (Tabela 19), observou-se que independente da dose aplicada, o fertilizante organomineral com base em biofertilizante proporcionou massa verde maior que a fonte com torta de filtro, sendo verificado que esse aumento foi de cerca de 8% com a utilização do biofertilizante como matéria orgânica para o fertilizante.

Comparando estes fertilizantes com a fertilização mineral e com a ausência de aplicação, notou-se que a dose de 80% da recomendação elevou a massa verde em relação à testemunha e os demais obtiveram valores semelhantes. Enquanto que na

comparação com a fertilização mineral os valores de massa verde foram todos semelhantes.

TABELA 19. Massa verde e seca (g) de parte aérea de plantas aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

Percentual (%)	Fertilizante Organomineral			
	Massa Verde		Massa Seca	
	Biossólido	Torta de Filtro	Biossólido	Torta de Filtro
60	¹ 125.73	110.92	12.92	12.73
80	154.41 *	132.72	14.43	14.36
100	138.24	130.06	13.35	14.25
120	144.76	130.83	14.67	13.05
140	141.36	140.12	14.79	15.50
Média	140.90 a	128.93 b	14.03 a	13.98 a
Adubação mineral	126.99 °		12.24 °	
Ausência de adubação	110.92 *		11.52 *	
	CV% = 13.39		CV% = 18.30	
	DMS _{Dunnet} = 36.3339		DMS _{Dunnet} = 5.1265	
	DMS _{Fonte} = 11.3998		DMS _{Fonte} = 1.6084	
	² W= 0.959; F lev= 1.088; F adit= 2.481		² W=0.977; F lev= 1.775; F adit= 0.045	

¹ ° e *: diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ²W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

Tal comportamento na massa verde da parte aérea é bastante positivo, pois demonstra o potencial de uso das fontes de matérias primas orgânicas (biossólido e a torta de filtro) na composição de fertilizantes organominerais, pois são capazes de proporcionar resultados similares aos encontrados com fontes exclusivamente minerais.

Entretanto, a massa seca de parte aérea de plantas (Tabela 19), não demonstrou ter sido influenciada pelas fontes e doses dos fertilizantes organominerais, bem como, não se notou diferenças nessa característica na comparação com os controles.

Esses resultados são distintos dos encontrados por Teixeira (2013) em trabalho conduzido em cana-de-açúcar para avaliar a biodisponibilidade de fósforo através de fertilizante mineral e organomineral. Este autor verificou que o acúmulo de fitomassa seca obteve aumento linear em função das doses independentemente da fonte utilizada (fertilizante organomineral e mineral).

Teixeira (2013) também constatou que houve incrementos nos tratamentos comparados com a ausência de adubação, mas não se notou diferenças entre as fontes,

demostrando que o fertilizante organomineral obteve eficiência semelhante ao mineral para o primeiro corte da cana-de-açúcar.

O comportamento da massa verde e seca da parte aérea se deu, provavelmente, em razão do curto período de condução do experimento, que pode ter sido insuficiente para a cultura expressar todo o seu potencial de extração e acúmulo de nutrientes, refletindo sobre o desenvolvimento da parte aérea da cultura.

Entretanto, Tiritan et al. (2010) observou que a aplicação de fertilizante organomineral no milho proporcionou eficiência em massa seca equivalente ao mineral 45 dias após a emergência, demonstrando a possibilidade de uso eficiente dessa tecnologia em fertilizantes devido obtenção de médias iguais ou superiores as obtidas pela adubação mineral.

A não observação de diferenças entre os fertilizantes também pode ser atribuída ao fato de que os fertilizantes orgânicos e organominerais apresentam os nutrientes associados a compostos orgânicos, o que lhes conferem solubilidade gradual, ou seja, o teor total não é solúvel plenamente em água, fazendo com que os nutrientes sejam liberados gradualmente ao longo do tempo.

Em trabalhos com outras culturas desenvolvidos por um período de tempo maior, como o conduzido por Silva e colaboradores (2012), foi observado que o uso de fertilizante organomineral proporcionou bons desempenhos de massa seca em *Brachiaria decumbens*.

Independente das fontes de fertilizantes organominerais, as doses crescentes proporcionaram diferenças no acúmulo de massa verde e seca de raiz (Tabela 20), entretanto, não foram encontrados modelos que fossem significativos para representar o comportamento dessas variáveis em relação às doses dos fertilizantes

De maneira geral, foram obtidos resultados superiores para a massa verde e seca de raiz para as maiores doses das duas fontes, quando comparadas com os adicionais (Tabela 20).

O fertilizante organomineral com biossólido na dose de 100% e 140% e o com torta de filtro na dose de 140%, atingiram maiores valores de massa verde na comparação com ausência de adubação. Na comparação com a fertilização mineral, o aumento continuou com as doses de 100% e 140% para o biossólido e com as doses de 120% e 140% para a torta de filtro.

TABELA 20. Massa verde e seca (g) de raiz de plantas aos 65 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

Fertilizante Organomineral				
Percentual (%)	Massa Verde		Massa Seca	
	Biossólido	Torta de Filtro	Biossólido	Torta de Filtro
60	36.92	35.13	4.97	5.52
80	41.56	38.31	6.83	5.46
100	47.03 °*	38.04	7.24	5.63
120	41.20	44.99 °	5.78	7.43
140	52.37 °*	46.68 °*	16.78 °*	8.31
Média	43.81	40.63	8.32	6.47
Adubação mineral	27.96 °		3.19 °	
Ausência de adubação	31.24 *		4.68 *	
CV% = 17.31		CV% = 66.59;		
DMS _{Dunnett} = 14.2532		DMS _{Dunnett} = 9.31506;		
DMS _{Fonte} = 4.4720		DMS _{Fonte} = 2.92263		
² W= 0.965; F lev= 1.231; F adit=0.435		² W= 0.778; F lev= 4.898; F adit= 3.769		

¹ ° e *: diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ² W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

Esses resultados mostram a eficiência do biossólido em promover crescimento das plantas mesmo em doses abaixo da recomendação, pois para as distintas doses crescentes este resíduo conseguiu ser similar ou superior no incremento de massa verde de raiz de plantas de milho. O que pode ser um reflexo do crescimento inicial em altura e diâmetro das plantas.

Destaca-se que na dose de 140% o fertilizante organomineral com biossólido produziu cerca de 11% a mais de massa verde de raiz em comparação com a produzida pela fonte com torta de filtro, enquanto que em relação a adubação mineral, o incremento desta característica foi de aproximadamente de 47% a mais com a utilização do fertilizante com biossólido na maior dose (Tabela 20).

Para massa seca de raiz (Tabela 20), a dose de 140% do fertilizante com biossólido foi a que proporcionou maior valor em relação a fertilização com mineral e a ausência de adubação.

Este resultado confirma a eficiência do biossólido na composição de fertilizantes organominerais, pois a maior dose com este resíduo orgânico resultou em cerca de 81% a mais de massa seca de raiz com relação a alcançada pelas plantas que receberam fertilização mineral.

Com maiores doses de fertilizante organomineral há maior disponibilidade de nutrientes para a planta de milho, principalmente do fósforo. A matéria orgânica presente nos fertilizantes organominerais pode aumentar a disponibilidade de fósforo através da maior disponibilidade de cargas negativas. Dentre outros fatores, o crescimento das raízes é influenciado pela disponibilidade de fósforo no solo, em especial no desenvolvimento de raízes laterais e fibrosas (FRAZÃO, 2013).

Dessa forma, provavelmente as maiores doses dos fertilizantes organominerais possibilitaram maior quantidade de fósforo na solução do solo, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular do milho.

Outra característica importante na avaliação de crescimento e desenvolvimento da cultura é a clorofila (Tabela 21), que exerce influencia na realização da etapa fotoquímica, absorção de luz e transferência de energia radiante para centros de reação (STREIT et al., 2005).

TABELA 21. Clorofila A, B e Total aos 35 dias após semeadura do milho submetido a diferentes doses de fertilizante organomineral composto por biossólido e torta de filtro em relação à adubação mineral e ausência de adubação.

Percentual (%)	Fertilizante Organomineral					
	Clorofia A		Clorofila B		Clorofila Total	
	Biossólido	Torta de Filtro	Biossólido	Torta de Filtro	Biossólido	Torta de Filtro
60	¹ 27.56	25.13	¹ 5.40	4.66	¹ 32.96	29.79
80	27.87	26.93	5.30	5.25	33.17	32.18
100	26.06	28.29	5.47	5.64	31.53	33.93
120	28.81	26.91	6.11	5.29	34.92	32.20
140	24.54	25.19	5.01	5.03	29.54	30.23
Média	26.97	26.49	5.46	5.18	32.42	31.67
Adubação mineral	24.20°		4.52°		28.72°	
Ausência de adubação	25.56*		4.73*		30.29*	
	CV% = 11.64		CV% = 16.21		CV% = 12.27	
	DMS _{Dunnett} =6.3083		DMS _{Dunnett} =1.7300		DMS _{Dunnett} = 7.9609	
	DMS _{Fonte} =1.9792		DMS _{Fonte} = 0.5428		DMS _{Fonte} = 2.4977	
	² W=0.979; F lev=2.298;		² W= 0.988; F lev= 2.364;		² W= 0.978; F lev= 2.300;	
	F adit= 0.821		F adit= 0.050		F adit= 0.502	

¹ ° e *: diferentes pelo teste de Dunnett a 0.05; médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05. ² W, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk, Levene e Tukey para aditividade, respectivamente; valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade, todos a 0,01 de significância.

Mas, não foram observadas diferenças na clorofila, A, B e Clorofila total aos 35 DAS em função das fontes e doses. Dessa forma, tais variáveis permaneceram com valores constantes diante dos tratamentos sem demonstrar alterações consideradas significativas (Tabela 21).

Entretanto, Oliveira (2016) estudando o desenvolvimento inicial do sorgo com fertilizantes organominerais, constatou incrementos nas clorofilas A e B em relação a ausência de adubação ou fertilizantes minerais.

Junek e colaboradores (2014) afirmam que a presença de composto orgânico na adubação aumenta a retenção de nutrientes no solo, pois a fração orgânica aumenta a capacidade de troca catiônica proporcionando menor perda de nutrientes por lixiviação e maior aproveitamento pelas plantas; embora comparados aos sintéticos, os fertilizantes organominerais apresentam liberação mais lenta.

Sousa et al. (2012) também afirmam que a superioridade das fontes orgânicas relaciona-se ao fornecimento contínuo de nutrientes para a cultura que, apesar de ser mais lenta que as fontes químicas, permite menores perdas por lixiviação e percolação no perfil do solo.

Nesse sentido, no presente trabalho, a não observação de diferenças em algumas variáveis foi devido, provavelmente, ao ciclo curto da cultura que não possibilitou que houvesse tempo adequado para a solubilização completa da matéria orgânica do fertilizante.

10 CONCLUSÕES

Fertilizantes organominerais com biossólido e torta de filtro proporcionaram altura e diâmetro aos 35 DAS maiores que o fertilizante mineral.

O diâmetro aos 35 DAS apresentou crescimento linear à medida que se aumentou as doses dos fertilizantes organominerais.

Independente da dose aplicada, o fertilizante organomineral com biossólido proporcionou massa verde da parte aérea maior que a torta de filtro.

As massas verde e seca da raiz foram maiores nas duas maiores doses dos fertilizantes organominerías, em relação a fertilização mineral.

O fertilizante organomineral mostrou ser uma alternativa viável e eficiente para substituição total ou parcial da adubação mineral.

O fertilizante a base de biossólido representa uma importante forma de reciclagem de matéria orgânica e nutrientes com bom aproveitamento desse tipo de resíduo na agricultura.

REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, A. **Desinfecção de Lodo de esgoto anaeróbico para fins agrícolas**. 2014, 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.
- ALVES, V. M. C.; CASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, C. A.; PITTA, G.V.; FRANÇA, G. E.; FILHO, A. R.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5**. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 381-383.
- 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.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. de; GALVÃO, J.A.H.; GHINI, R. Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto: Descrição do Estudo. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Lodo de Esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. p. 17-23.
- BORSARI, F. Fertilizantes inteligentes. **Revista AgroDBO**, n.45, p. 54-57, 2013. Disponível em: < http://issuu.com/eriklm/docs/ed_agro_45_968a961f50d9b8 >. Acesso em: 18 mai. 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília. Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- FRAZÃO, J. J. **Eficiência agronômica de fertilizantes organominerais granulados À base de cama de frango e fontes de fósforo**. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- JUNEK, J. O. M. O; LARA, T. S.; PAIVA, M. J. A.; MARTINS, D. B.; MORAIS, C. G. **Fertilizantes organominerais**. Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH), Araxá, 2014. Circular técnica 06.
- LANA, R.P.; GUIMARÃES, G.; ALCÂNTARA, P.H.R.; Baracho, F. A. O.; Silva, P. T.; Andrade, F. L.; Vargas L. M. Correlações entre algumas variáveis produtivas e parâmetros cinéticos da produção de milho em função de níveis de adubação. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL. Viçosa: UFV, 2009. p 568-573.
- MARTINS, D. C.; RESENDE, A. V.; GALVAO, J. C.; SIMÃO, E. P.; ALMEIDA, G. O.; FERREIRA, H. H. Características agronômicas de milho adubado com fertilizantes organominerais a base de cama de frango e fosfatos. In XXXI Congresso Nacional de milho e Sorgo, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves [s.n], 2016. p 404-407.
- MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.109-141.

MENDES, P.; RODRIGUES, E.; RODRIGUES FILHO, F. Uso de biossólido na cultura do milho (*Zea mays* L.): avaliação das propriedades físicas e químicas e sua influência no crescimento da planta. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, 5p. 2011.

NUNES JÚNIOR, D. Torta de filtro: de resíduo a produto nobre. **Idea News**, Ribeirão Preto, v. 8, n. 92, p. 22-30, 2008.

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.

SANTANA, C. T. C. **Comportamento de milho (*Zea mays* L.) e propriedades físicas do solo, no sistema plantio direto, em resposta a aplicação de fertilizante organomiral**. 2012. 58 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2012.

SILVA, A. A.; COSTA, A. M.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q. Reciclagem de nutrientes com aplicação de resíduos orgânicos em pastagens degradadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 405-414, 2012.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT: Versão 7.7 beta**. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 03 de janeiro de 2016. Disponível em :< <http://www.assistat.com/indexp.htm>>. Acesso em: 25 Set. 2016.

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. 10p, 2012a. Disponível em: <http://www.geociclo.com.br/wp-content/uploads/2012/07/Lamina-Geofert_MILHO.pdf> Acesso em: 20 ago. 2015.

SOUSA, R. T. X.; HENRIQUE, H. M.; KORNDÖRFER. Uso de fertilizante organomineral e a produtividade de híbridos de milho. **Geofert**. 10 p. 2012.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. C.; HECKTHEUER, L. H. As Clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria , v.35, n.3, p.748-755, maio-jun, 2005.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.C; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.748-755, 2005.

TEIXEIRA, W.G. **Biodisponibilidade de fósforo e potássio provenientes de fertilizantes mineral e organomineral**. 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Resposta do milho safrinha a adubação organomineral no município de Maracaju-MS. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, vol. 8, n. Especial, p. 24-31, 2012.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H.; FOLONI, J. S. S.; JÚNIOR, R. A. Adubação fosfatada mineral e organomineral no desenvolvimento do milho. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 6, n. 1, p. 08-14, 2010.

TOZATTI, G. **O uso de fertilizante organomineral**. In Simpósio IPNI EECB – Bebedouro, 2013.