

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

DOUGLAS PRATES DE OLIVEIRA

**FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA PARA A FORMULAÇÃO DE  
FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS PELETIZADOS NO DESENVOLVIMENTO  
DA CULTURA DO SORGO**

UBERLÂNDIA

2016

DOUGLAS PRATES OLIVEIRA

FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA PARA A FORMULAÇÃO  
DE FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS PELETIZADOS NO  
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO SORGO

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: Profa. Dra. Regina Maria Quintão Lana

UBERLÂNDIA/MG

2016

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

---

O48f  
2016

Oliveira, Douglas Prates, 1990  
Fontes de matéria orgânica para a formulação de fertilizantes organominerais peletizados no desenvolvimento da cultura do sorgo / Douglas Prates Oliveira. - 2016.

47 f. : il.

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

1. Agronomia - Teses. 2. Sorgo - Adubação - Teses. 3. Fertilizantes orgânicos - Teses. 4. Plantas - Nutrição mineral - Teses. I. Camargo, Reginaldo de. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

DOUGLAS PRATES OLIVEIRA

FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA PARA A FORMULAÇÃO DE FERTILIZANTES  
ORGANOMINERAIS PELETIZADOS NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO  
SORGO

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 18 de março de 2016.

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Maria Quintão Lana  
(co-orientador)

UFU

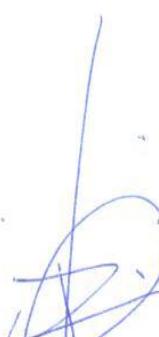
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriane de Andrade Silva

UFU

Prof. Dr. Luís Augusto da Silva Domingues

IFTM

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



UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2016

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sei que tudo que consegui até este momento na minha vida foi graças a Ele.

À minha família, principalmente à minha mãe (Anicebela) e à minha noiva (Francielle), por sempre estarem ao meu lado e me ajudarem das mais diferentes formas, desde apoio emocional até a execução do meu trabalho.

Ao meu orientador e amigo Reginaldo de Camargo, por ser uma pessoa muito paciente, educada e prestativa. Sempre me ajudou e aconselhou de diversas formas, inclusive sobre assuntos não vinculados à vida acadêmica. Foi a melhor pessoa com quem trabalhei durante toda minha vida.

À minha coorientadora, Professora Regina Maria Quintão Lana, por toda a sua disposição e ajuda na resolução de todos os contratemplos e adversidades que se apresentaram durante a condução e finalização do meu experimento. E por todo o apoio laboratorial para as diversas análises que foram necessárias.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), que me concederam essa oportunidade.

Aos meus professores Elias Nascente Borges, Beno Wendling e Denise Santana.

A todos os funcionários do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), em especial ao Eduardo Isaac, à Lara e à Júlia.

Aos meus amigos que me ajudaram durante a execução do meu experimento, principalmente ao Lucas, ao Ernane, à Ana Luísa, à Raquel, ao Vanderley e à Gabriela.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), por ter concedido a bolsa de estudos durante o meu Mestrado e me ter garantido, dessa forma, a disponibilidade integral para os estudos.

Ao Departamento de Água e Esgoto (DMAE) de Uberlândia, por ter concedido o lodo de esgoto necessário para os experimentos.

À Geociclo e à Agrária, por terem fornecido parte dos insumos necessários para a execução do trabalho.

E a todos que, de toda e qualquer forma, contribuíram para eu conseguir alcançar meus objetivos durante o Mestrado.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Fertilizantes utilizados na agricultura .....	3
2.1.1 <i>Fertilizante mineral</i> .....	3
2.1.2 <i>Fertilizante orgânico</i> .....	4
2.1.3 <i>Fertilizante organomineral</i> .....	5
2.2 Materiais orgânicos para a produção de fertilizantes organominerais .....	7
2.2.1 <i>Lodo de esgoto</i> .....	7
2.2.2 <i>Torta de filtro</i> .....	10
2.2.3 <i>Turfa</i> .....	13
2.3 Características e exigências nutricionais da cultura do sorgo .....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Caracterização da área.....	16
3.2 Tratamentos e delineamento estatístico .....	16
3.3 Caracterização do solo .....	17
3.4 Avaliações no sorgo .....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
5 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1. Grânulos de organominerais não solubilizados .....	25
FIGURA 2. Altura da planta de sorgo, cultivar 1G100, ao 30º dia, em função da aplicação de doses de organomineral à base de lodo de esgoto.....	27
FIGURA 3. Altura da planta de sorgo, cultivar 1G100, ao 30º dia, em função da aplicação de doses de organomineral à base de torta de filtro.....	28
FIGURA 4. Altura da planta de sorgo, cultivar 1G100, ao 30º dia, em função da aplicação de doses de organomineral à base de turfa .....	28
FIGURA 5. Diâmetro de plantas de sorgo, cultivar 1G100, ao 30º dia, em função da aplicação de doses de organomineral à base de turfa .....	30
FIGURA 6. Massa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivar 1G100, ao 60º dia, em função da aplicação de doses de organomineral à base de turfa, biossólido e torta de filtro. ....	31

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Características químicas do lodo de esgoto .....	10
TABELA 2. Constituição química da torta de filtro.....	11
TABELA 3. Composição média da turfa.....	13
TABELA 4. Tratamentos referentes ao experimento com sorgo granífero, cultivar 1G100.....	17
TABELA 5. Caracterização química da amostra do Latossolo Vermelho do experimento. .....	18
TABELA 6. Altura da planta (cm), diâmetro de caule (mm), clorofila A, clorofila B e área foliar (cm <sup>2</sup> ) em função das fontes de matéria orgânica na composição (F) e níveis dos fertilizantes organominerais (N) ao 30º dia na cultura do sorgo.....	19
TABELA 7. Altura da planta (cm), diâmetro de caule (mm), clorofila A, clorofila B, área foliar (cm <sup>2</sup> ) e massa seca da parte aérea (MSPA) (g) em função das fontes de matéria orgânica na composição (F) e dos níveis dos fertilizantes organominerais (N) ao 30º dia na cultura do sorgo. ....	20
TABELA 8. Altura da planta (cm), diâmetro de caule (mm), clorofila A, clorofila B e área foliar (cm <sup>2</sup> ) em função das fontes de matéria orgânica utilizadas na composição dos fertilizantes organominerais ao 30º dia na cultura do sorgo .....	20
TABELA 9. Teste de Tukey (p=0,05) para altura da planta (cm), diâmetro de caule (mm), clorofila A, clorofila B, área foliar (AF) (cm <sup>2</sup> ) e massa seca da parte aérea (MSPA) (g), ao 60º dia, em função das fontes de matéria orgânica utilizadas na composição dos fertilizantes organominerais aplicados à cultura do sorgo .....	21
TABELA 10. Altura da planta em cm (H), clorofila A (Clor A), clorofila B (Clor B), diâmetro de caule em mm (D) e área foliar em cm <sup>2</sup> (AF) de sorgo ao 30º dia com diferentes níveis de organominerais compostos com lodo de esgoto, torta de filtro e turfa.....	22
TABELA 11. Teste de Dunnet para altura da planta em cm (H), clorofila A (Clor A), clorofila B (Clor B), diâmetro de caule em mm (D), área foliar em cm <sup>2</sup> (AF) e massa seca da parte aérea em g (MSPA), ao 60º dia, de sorgo cultivado com diferentes níveis de fertilizantes organominerais compostos com lodo de esgoto, torta de filtro e turfa ..	24

## RESUMO

OLIVEIRA, Douglas Prates. **Fontes de matéria orgânica para a formulação de fertilizantes organominerais peletizados no desenvolvimento da cultura do sorgo.** 2016. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.<sup>1</sup>

Fertilizantes organominerais estão sendo utilizados para atender à necessidade nutricional das plantas e reduzir a dependência em relação aos adubos minerais. Essa prática aperfeiçoa o uso dos nutrientes pelas plantas e melhora a estrutura do solo devido à matéria orgânica presente nesses fertilizantes. Este trabalho teve como objetivo determinar o efeito de fontes de matéria orgânica utilizadas na composição de fertilizantes organominerais e compará-lo com o dos tradicionais adubos minerais no que diz respeito ao desenvolvimento inicial do sorgo. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Para a semeadura, foram utilizadas sementes de sorgo granífero, híbrido simples 1G100. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial  $4 \times 3 + 2$ , sendo os fatores quatro níveis (50, 75, 100 e 125% de  $450 \text{ kg ha}^{-1}$ , que é a dose recomendada para a cultura), três fontes de matéria orgânica para produção dos organominerais (lodo de esgoto, torta de filtro e turfa), o controle (adubação 100% mineral) e a testemunha (sem adubação). Cada parcela do experimento era composta por quatro plantas divididas em dois vasos. O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho. No 30º e 60º dias após a semeadura, foram realizadas análises da altura da planta, diâmetro de caule, clorofila A, clorofila B e área foliar. Ao final desse período, as plantas foram retiradas do solo, e separou-se a parte áerea para secá-la em estufa de ar forçado e, em seguida, aferir-lhe a massa seca. O uso dos fertilizantes organominerais apresentou médias superiores às do controle e às da testemunha para quase todas as variáveis analisadas no 30º dia – a única exceção foi a variável diâmetro, em relação à qual os organominerais foram superiores apenas à testemunha. O sorgo fertilizado com organominerais continuou apresentando boas médias nas variáveis analisadas no 60º dia: mesmo com a redução da dose, foi possível observar médias similares àquelas encontradas para o controle. Para algumas variáveis, como o diâmetro e a massa seca da parte áerea, houve níveis de organominerais que foram superiores aos do controle e aos da testemunha. Portanto, nas condições e variáveis do presente trabalho, o uso de organominerais é capaz de substituir a adubação mineral no desenvolvimento inicial do sorgo, mesmo com a redução da dose aplicada.

Palavras-chave: Organomineral. Lodo de esgoto. Turfa. Torta de filtro. Nutrição vegetal.

---

<sup>1</sup> Orientador: Reginaldo de Camargo – UFU; Coorientadora: Regina Maria Quintão Lana – UFU.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Douglas Prates. **Organic matter sources in the composition of pelletized organo-mineral fertilizers used in sorghum crops.** 2016. 47 p. Dissertation (Master's Degree in Agronomy/Crop Science) – Instituto de Ciências Agrárias, Federal University of Uberlândia, Uberlândia.<sup>2</sup>

Organo-mineral fertilizers have been used to both meet plants' nutritional needs and reduce producers' reliance on mineral fertilizers. This practice improves both the use of nutrients by plants and the soil structure due to the organic matter in these fertilizers. This study aimed to determine the effect of organic matter sources in the composition of organomineral fertilizers and compare it to the effect of traditional mineral fertilizers when it comes to the initial development of sorghum. Research was carried out in a greenhouse at the Federal University of Uberlandia, in Uberlandia, Minas Gerais, Brazil. Sorghum seeds of grain-bearing simple hybrid 1G100 were used in the seeding process. The experiment followed a randomized complete block design in a 4 x 3 + 2 factorial arrangement. Factors included four levels (50, 75, 100 and 125% of 450 kg ha<sup>-1</sup>, which is the recommended dose for sorghum crops), three organic matter sources in the composition of the organomineral fertilizers (sewage sludge, filter cake, and peat), a control (100% mineral fertilizer), and an untreated check (no fertilizers). Each experimental plot consisted of four plants divided into two pots. Oxisol was used in all pots. Analyses were performed at 30 and 60 days after seeding (DAS) and targeted: plant height, stem diameter, chlorophyll A, chlorophyll B, and leaf area. After this period, plants were removed from the soil, and had their aerial parts isolated to be dried in an air-forced oven before measurement of their dry mass. Means of the organomineral fertilizers outperformed those of both control and untreated check plots in almost all variables at 30 DAS. The only exception was variable stem diameter, in which organomineral fertilizers outperformed untreated check plots only. Sorghum fertilized with organomineral fertilizers also showed positive results in the variables analyzed at 60 DAS: even with dose reduction, their means were similar to those found in control plots. Organomineral fertilizers had higher means in some variables, such as diameter and dry mass of the aerial part, than both control and untreated check plots. In the conditions set in this study and considering the variables herein reported, organomineral fertilizers can substitute mineral fertilizers in the initial development of sorghum, even with some dose reductions.

Keywords: Biofertilizer. Sewage sludge. Filter cake. Peat. Plant nutrition.

---

<sup>2</sup> Supervisor: Reginaldo de Camargo – UFU; Co-supervisor: Regina Maria Quintão Lana- UFU.

## 1 INTRODUÇÃO

Os insumos são de elevadas despesas para a produtividade de grãos, sendo os fertilizantes os que representam os maiores gastos, com participação entre 23 e 27% do total gasto em um sistema produtivo (CASTRO; REIS; LIMA, 2006). Apesar de os valores serem altos, o bom manejo da fertilidade do solo, por meio do uso adequado dos corretivos e fertilizantes, eleva a produtividade das culturas (LOPES; GUILHERME, 2007).

A fim de melhorar a fertilidade do solo, os adubos minerais são os mais utilizados há vários anos para quase todas as culturas agrícolas. Porém, os preços dos fertilizantes minerais começaram a subir após a crise energética que ocorreu na década de 1970.

A adubação orgânica é uma das opções que vem sendo utilizada para a fertilização dos solos. Podem-se considerar adubos orgânicos quaisquer produtos oriundos de resíduos de origem animal, urbana, industrial e vegetal que seja composto de carbono degradável. Incluem-se também quaisquer substâncias mortas que estejam presentes no solo e tenham como fonte plantas, micro-organismos, excreções de animais da meso ou microfauna e tudo que se transforma em húmus após a decomposição (ROSSETTO; SANTIAGO, 2007; SILVA; MENDONÇA, 2007).

Diversos materiais podem ser utilizados como adubos orgânicos. O lodo de esgoto é um exemplo: trata-se de um resíduo que é produzido pelas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) e apresenta nutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetal. Além dele, há a torta de filtro, um subproduto da indústria agrícola que também pode ser utilizado na adubação orgânica devido à sua constituição química e às propriedades físicas.

O lodo de esgoto é um resíduo orgânico produzido pelas ETE que é depositado em aterros sanitários. No entanto, há alguns inconvenientes com essa prática, pois cerca de 50% do custo operacional de uma ETE está relacionado com essa alocação nos aterros. Além do alto custo, também há o problema concernente ao aumento da carga orgânica presente no aterro, dificultando o manejo do lixo urbano.

Alguns países já vêm pensando em formas de reduzir esses problemas relacionados ao lodo e encontraram como as formas mais viáveis a sua incineração ou a sua utilização em áreas agrícolas. A finalidade é avaliada dependendo das características

do resíduo e da legislação que controla o uso do lodo. Contudo, o uso em terras agrícolas é o melhor destino para o lodo tanto para a economia dos ETE quanto para os produtores (BETTIOL; CAMARGO, 2006).

A associação desses resíduos orgânicos com fertilizantes minerais é uma opção que está sendo utilizada para a geração dos adubos organominerais, os quais apresentam características dos dois fertilizantes. Sua formulação é variável, pois é influenciada pelas quantidades das fontes orgânica e mineral utilizadas na sua composição. Independentemente disso, os fertilizantes organominerais apresentam algumas características em comum, como: a liberação dos nutrientes de forma gradativa, elevando a eficiência agronômica; a correção da acidez do solo; e a melhoria das características físicas do solo (KIEHL, 2008).

O fertilizante organomineral é de grande interesse do ponto de vista ambiental, pois reduz a quantidade de resíduos orgânicos alocados de forma incorreta no meio ambiente, os quais podem contaminar os rios, o solo e o ar. Tanto esses fertilizantes quanto o lodo de esgoto vêm sendo avaliados para a adubação de várias culturas; porém, para a cultura do sorgo, há uma escassez de trabalhos, apesar de sua grande importância no cenário agrícola brasileiro.

O sorgo é uma planta C4 de origem tropical. Possui vantagem fotossintética, adapta-se melhor que o milho a condições de alta temperatura e déficit hídrico e é mais tolerante a variadas condições de fertilidade. Essas características permitem que o sorgo seja cultivado em uma ampla faixa de latitude, inclusive em áreas onde outros cereais apresentam produção antieconômica – por exemplo, em áreas de veranicos, muito quentes ou muito secas (MAGALHÃES; DURÃES; RODRIGUES, 2007; RIBAS, 2007).

A boa produtividade do sorgo necessita de diversos fatores, como um bom desenvolvimento inicial. Logo, o manejo adequado da adubação é um dos fatores primordiais para o bom estabelecimento da cultura, e o estudo de diferentes alternativas permite ao produtor utilizar a mais adequada ao seu nível de tecnologia.

Devido à necessidade de encontrar fontes alternativas para a redução dos custos relacionados à adubação e alocar de forma ambientalmente correta os resíduos produzidos por diversos setores, este trabalho objetivou avaliar a capacidade dos fertilizantes organominerais formulados a partir de diferentes fontes de matéria orgânica em substituir a aplicação dos fertilizantes minerais na cultura do sorgo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Fertilizantes utilizados na agricultura

#### 2.1.1 Fertilizante mineral

O uso de fertilizantes e de corretivos agrícolas está diretamente associado com o aumento da produtividade das culturas. Além disso, a evolução do consumo da fórmula NPK (nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente) está associada com o aumento da produção de diversas culturas agrícolas no Brasil entre os anos de 1970 e 2003 (LOPES; GUILHERME, 2007).

Dentre os elementos necessários para as plantas completarem seu ciclo de vida, três são fornecidos pela água e pela atmosfera, que são o carbono, o hidrogênio e o oxigênio; o restante, que corresponde a catorze, é retirado do solo (DECHEM; NACHTGALL, 2007). Todavia, raramente os solos apresentam os nutrientes necessários para o ciclo da planta em quantidades ideais, seja devido ao fato de sua origem não possuir esses elementos ou ao fato de já estar esgotado por causa de sucessivos ciclos agrícolas (MEURER, 2007).

Quando os solos não apresentam os nutrientes necessários para o desenvolvimento de alguma espécie vegetal e deseja-se utilizá-lo para o cultivo de alguma cultura agrícola, é necessária a utilização de adubos, sendo os fertilizantes minerais os mais utilizados para essa finalidade (ROSSETTO; SANTIAGO, 2007). O uso deles na agricultura já foi demonstrado por diversos trabalhos que estão relacionados aos altos rendimentos agrícolas (SILVA, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Diversos processos metabólicos que ocorrem nas plantas são influenciados diretamente, e de variadas formas, por diversos nutrientes presentes nos adubos minerais; logo, esses adubos exercem papel de grande importância (CIANCIO, 2010). O fertilizante NPK apresenta alguns dos nutrientes que são absorvidos em grandes quantidades pelas plantas e que cumprem papéis importantes, quais sejam: fósforo (atuação na síntese de substâncias orgânicas, respiração, desenvolvimento do sistema radicular, constituinte de ácidos nucleicos e participação da divisão celular), nitrogênio (atua na formação de proteínas e aminoácidos, clorofila, crescimento vegetativo e formação de frutos) e potássio (atuação no mecanismo de proteção contra pragas e

doenças, na ativação de enzimas, no controle estomático e na economia de água) (FILGUEIRA, 2000; MALAVOLTA, 2008).

A adubação mineral e a aplicação de corretivos são uma excelente opção para a melhoria da fertilidade do solo, pois corrigem a acidez e repõem os nutrientes (OLIVEIRA, 1999). Além disso, ainda há vantagens devido à sua facilidade de aplicação mecanizada, à sua grande e fácil disponibilidade no mercado e ao seu baixo custo de transporte (CIANCIO, 2010).

Todavia, deve-se atentar ao uso consciente dos adubos minerais. A utilização desbalanceada desses fertilizantes pode incorrer em efeitos adversos tanto nas plantas quanto no solo (SOUSA et al., 2003). Além disso, pode implicar elevações nos custos de produção e interferir na viabilidade econômica dos cultivos.

### *2.1.2 Fertilizante orgânico*

A definição de adubo orgânico é ampla, pois considera qualquer resíduo ou subproduto que tenha origem vegetal, urbana, industrial ou animal, devendo haver em sua composição carbono degradável. Há autores que estendem a definição para qualquer coisa que se decomponha e se transforme em húmus, podendo ser proveniente de micro-organismos, plantas ou excreções de animais (COSTA et al., 1986; ROSSETTO; SANTIAGO, 2007; SILVA; MENDONÇA, 2007).

Subdividindo os adubos orgânicos, têm-se as seguintes categorias: resíduos urbanos (lodo de esgoto, lixo); resíduos industriais (torta de filtro); resíduos vegetais (turfa); e resíduos animais (cama de frango, estercos) (COSTA et al., 1986). O lodo de esgoto é um resíduo orgânico que vem ganhando cada vez mais espaço, devido à alta produção e ao baixo custo.

A liberação gradual de nutrientes que ocorre nos resíduos orgânicos à medida que são decompostos é uma das grandes vantagens dos adubos orgânicos, pois evita que os nutrientes presentes em sua constituição sejam lixiviados. Logo, esses adubos possuem um elevado poder residual (KIEHL, 1985) e fornecem nutrientes para as plantas durante boa parte de seu desenvolvimento.

São vários os benefícios para o solo com a aplicação de adubos orgânicos, pois eleva a capacidade de troca de cátions (CTC), o pH, o transporte e disponibilidade de micronutrientes, bem como reduz os teores de manganês, alumínio tóxico e acidez do solo (RODRIGUES, 1994; CARDOSO; OLIVEIRA, 2002). Apesar de essa interação

estar relacionada ao solo, as plantas são beneficiadas diretamente por essas alterações químicas provenientes pela adubação orgânica.

Com relação às características físicas do solo, a adubação orgânica aumenta a retenção de água durante a seca e a drenagem em períodos chuvosos, reduzindo os riscos de enxurrada e, consequentemente, de erosão (TAIZ; ZEIGER, 2009). Isso é possível devido ao aumento da porosidade total, à redução da densidade e do grau de compactação do solo e à resistência a erosão hídrica e eólica (CELIK; ORTAS; KILIC, 2004; LEROY et al., 2008). Além disso, esse tipo de adubação aumenta a população da microflora e da microfauna, elevando assim a atividade microbiológica (COSTA et al., 1986).

A adição de adubos orgânicos aumenta a respiração microbiana, sendo esse fator um indicativo da atividade microbiológica do solo. Contudo, vale ressaltar que diferentes compostos orgânicos influenciam de diferentes formas na elevação da microbiota do solo (SEVERINO et al., 2004).

Como visto, são diversos os benefícios relacionados com a aplicação de adubos orgânicos. Esses produtos têm efeito em todas as características do solo, como as químicas, biológicas e físicas, contribuindo para a sua conservação.

### *2.1.3 Fertilizante organomineral*

O Decreto nº 86.955, de 18 de fevereiro de 1982, trouxe a primeira definição de fertilizante organomineral da legislação brasileira. Em seu Capítulo I – Das disposições preliminares, art. 1º, inc. III, consta que o fertilizante organomineral é a combinação de fertilizantes orgânicos e minerais.

A Instrução Normativa nº 23, de 31 de agosto de 2005, veio para atualizar essa definição, que passou para: “produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos”. A definição continua sendo quase a mesma; porém, as especificações, garantias e características dos organominerais para a sua aplicação no solo são detalhadas no Capítulo III da Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009, seção V, art. 8º, § 1º. Nele consta que os organominerais devem apresentar, no mínimo: 8% de carbono orgânico; CTC de  $80 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ; 10% de macronutrientes primários isolados (N, P, K) ou em misturas (NP, NK, PK ou NPK); 5% de macronutrientes secundários e umidade máxima de 30%. Essa atualização na legislação

foi de grande importância para os produtores, pois assim há uma garantia mínima do produto que será adquirido, ajudando no planejamento da adubação.

O fertilizante organomineral possui características de ambos os fertilizantes, tanto orgânicos quanto minerais. Dentre elas está a baixa perda de nutrientes devido à fração orgânica, sendo os valores próximos de zero. Dessa forma, há um maior aproveitamento do fertilizante no solo, reduzindo os gastos com esse insumo. Além da economia gerada pela redução das perdas dos nutrientes, os adubos organominerais favorecem a proliferação de micro-organismos responsáveis por solubilizar os fertilizantes minerais, auxiliando assim na maior liberação de nutrientes para as plantas (ROYO, 2010).

São duas as formas de aplicação de fertilizantes organominerais no solo: uma é a mistura do fertilizante mineral com o orgânico; a outra é a formulação organomineral (TEJADA; BENITEZ; GONZALEZ, 2005). Independentemente de sua forma de aplicação, esses fertilizantes apresentam características de grande interesse agronômico. Exemplos são: promovem redução da adsorção do fósforo, por propiciarem uma melhoria na interação planta-mineral (PARENT; KHIARI; PELLERIN, 2003); e apresentam melhor taxa de mineralização, principalmente para nutrientes como potássio, nitrogênio e fósforo, sendo essa uma característica de baixa eficiência dos adubos orgânicos (FERNANDES; TESTEZLAF, 2002; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Benefícios agronômicos, como melhor desenvolvimento radicular, recuperação da flora microbiana, baixo risco de erosão, redução da acidificação do solo, menor custo operacional e aumento da retenção de água no solo são relatados devido ao uso de fertilizantes organominerais (LEVRERO, 2009). Além disso, a utilização de fertilizantes organominerais pode levar a uma diminuição da aplicação de adubação de cobertura, pois, em razão da sua parte orgânica, reduz-se, principalmente, a aplicação de N (KIEHL, 1999): o nitrogênio mineral é inicialmente disponibilizado e prontamente assimilado pelas raízes, enquanto o orgânico fica como efeito residual para que a planta possa usá-lo quando necessário. Sendo assim, há uma redução da lixiviação desse nutriente (FERNANDES; TESTEZLAF, 2002) e, consequentemente, pode haver uma redução nos gastos relacionados ao uso de maquinário, pois se diminui o número de operações. Entretanto, em função do alto potencial de produção das espécies cultivadas na atualidade, a adubação em cobertura ainda se faz necessária para atender à demanda de extração.

Essa redução na perda de nutriente também foi observada por Tejada, Benitez e Gonzalez (2005) ao analisarem nutrientes no solo. A lixiviação de N, P e K foi maior nos solos que receberam a combinação de fertilizantes orgânicos e minerais quando comparados com aqueles em que foram utilizados fertilizantes organominerais. Essa redução na lixiviação, propiciada pela fração orgânica nos organominerais, está diretamente relacionada aos benefícios na fisiologia da planta: os referidos autores verificaram um aumento no peso de mil grãos, no número de pendões por metro quadrado, no teor de proteína e no número de grãos por espiga em solos adubados com organomineral na cultura do trigo.

A aplicação simultânea de fertilizante mineral e orgânico não apresenta os mesmos benefícios trazidos com a aplicação do organomineral. Pode haver diversos problemas, relacionados à aplicação (TEJADA; BENITEZ; GONZALEZ, 2005), à dificuldade logística para transportar os dois materiais e, principalmente, às grandes quantidades aplicadas dos adubos orgânicos. Logo, a aplicação da fração orgânica e mineral em um único grânulo, na forma do fertilizante organomineral, reveste-se de maior viabilidade, pois facilita a estratégia no momento do manejo da fertilidade do solo, além do efeito residual deixado pelo produto e do aumento da produtividade (AKANDE et al., 2010). Adiciona-se a isso que o fertilizante organomineral, embora tenha potencial químico reativo menor que o mineral, compensa essa característica por apresentar uma liberação gradativa de seus nutrientes no decorrer do desenvolvimento da cultura, possuindo, por conseguinte, uma maior eficiência agronômica (KIEHL, 2008).

Sendo assim, os fertilizantes organominerais devem ganhar maior atenção nas pesquisas, podendo ser uma excelente opção para a redução do uso de fertilizantes minerais e para a correta alocação de resíduos orgânicos produzidos em grande escala por diversos setores, como o industrial, o agropecuário e o urbano.

## **2.2 Materiais orgânicos para a produção de fertilizantes organominerais**

### *2.2.1 Lodo de esgoto*

O lodo de esgoto, ou biossólido, é um resíduo das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) que pode ser utilizado como adubo orgânico. Para essa finalidade, o biossólido deve passar por um processo denominado digestão aeróbica, no qual micro-organismos aeróbicos realizam a degradação do composto orgânico. A respiração

endógena é o final do processo, ocorrendo quando os micro-organismos já estão consumindo o próprio protoplasma, a fim de conseguir energia para as reações celulares. Sendo assim, esse processo ocorre quando o substrato para a biodegradação já foi consumido (FERNANDES, 2000).

Caso não passe por esse processo a fim de se tornar adubo orgânico, o lodo de esgoto é incinerado em alguns países ou, como no Brasil, depositado em aterros sanitários. Entretanto, há alguns inconvenientes nessa prática brasileira, pois cerca de 50% do custo operacional de uma ETE está relacionado com essa alocação nos aterros. Além do alto custo, também há o problema relativo ao aumento da carga orgânica presente no aterro, dificultando o manejo do lixo urbano. O que se constata é que o uso em terras agrícolas é o melhor destino para o lodo tanto para a economia dos ETE quanto para os produtores (BETIOL; CAMARGO, 2006).

Com o início da ampla utilização de lodo de esgoto na agricultura, demonstrou-se necessária uma legislação para o controle de seu uso, a fim de evitar a contaminação de quem utilize o lodo de esgoto ou de quem venha a consumir o produto resultante da utilização desse fertilizante no campo. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em 29 de agosto de 2006, promulgou a Resolução nº 375, definindo diversos critérios que devem ser respeitados para a utilização do lodo de esgoto na agricultura. Nessa resolução, consta que as ETE devem ser monitoradas com certa frequência a depender da quantidade de lodo de esgoto a ser utilizado em áreas agrícolas, podendo esse monitoramento ser mensal caso a dose utilizada seja de mais de 15.000 t/ano (BRASIL, 2006).

No momento do monitoramento, diversas características devem ser analisadas. Uma delas, de grande importância, é a quantidade de substâncias inorgânicas presentes no resíduo, pois o lodo de esgoto, dependendo de sua origem, pode apresentar grandes quantidades de metais pesados, os quais podem contaminar a cultura ou até mesmo o solo, tornando-o inapto para a agricultura.

A presença de agentes patogênicos é outro fator de avaliação. A esse respeito, há duas classificações que podem ser atribuídas ao lodo de esgoto, as quais dependem das quantidades de coliformes termotolerantes e de ovos viáveis de helmintos e da presença ou ausência de *Salmonella* e/ou vírus. Dependendo da classificação em que se enquadrar, o lodo de esgoto sofrerá restrições quanto ao uso em determinadas culturas, devendo ser seguido o que consta na Resolução CONAMA nº 375/2006, para evitar qualquer tipo de contaminação.

Além das características já citadas, devem-se levar em conta, dentre outros fatores: a aptidão do solo a que será alocado o resíduo; o modo de aplicação; o monitoramento a ser realizado nas áreas aplicadas com o produto; os métodos para o carregamento, transporte e estocagem; e o tratamento utilizado. O objetivo consiste na segurança e na possível ampliação do uso do lodo de esgoto na agricultura.

Visando à estabilidade e à redução dos patógenos no lodo de esgoto, vêm sendo utilizados produtos alcalinos após a digestão aeróbica. Devido ao baixo preço, a cal é um dos produtos alcalinos mais adotados no saneamento do lodo de esgoto. Para essa finalidade, pode-se utilizar tanto a cal hidratada quanto a cal virgem. Apesar da reação exotérmica que ocorre do contato da água, abundantemente presente no lodo de esgoto, com a cal, esse aumento de temperatura não elimina os micro-organismos responsáveis pela digestão aeróbica do material orgânico (FERNANDES, 2000). Já os micro-organismos nocivos à saúde humana são eliminados devido à elevação do pH decorrente da utilização da cal. Após esse processo, o lodo de esgoto está pronto para ser utilizado diretamente na agricultura ou para outras finalidades, como o uso para a produção de fertilizantes organominerais.

O lodo de esgoto, além de apresentar em sua composição macronutrientes e micronutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta, é um material rico em matéria orgânica que é de grande importância para a manutenção da fertilidade do solo e tem papel fundamental na produção agrícola. A matéria orgânica presente no lodo de esgoto tem como grande vantagem os benefícios ao solo, melhorando as suas condições físicas, químicas e biológicas (CEZAR et al., 2012). Dentre essas melhorias, destacam-se os aumentos da biomassa microbiológica, da matéria húmica, da atividade biológica e da mineralização do nitrogênio (SPARKS, 1995).

Com os avanços nas pesquisas, já é comprovado que, além do aumento da concentração de matéria orgânica, o lodo de esgoto também melhora o complexo sortivo em relação aos cátions  $Mg^{++}$ ,  $K^{+}$  e  $Ca^{++}$  e, por algumas vezes,  $Na^{+}$ , causando uma elevação na soma de bases, na CTC e no pH do solo, principalmente quando tratado com cal ou calcário (FERRER et al., 2011). A TAB. 1 apresenta a constituição química média do lodo de esgoto, valendo lembrar que a constituição química é altamente variável, pois depende de diversos fatores.

TABELA 1. Características químicas do lodo de esgoto

Componentes	Valor
Nitrogênio <sup>1</sup>	3,2
Fósforo orgânico (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) <sup>1</sup>	1,7
Potássio (K <sub>2</sub> O) <sup>1</sup>	0,18
Carbono <sup>1</sup>	30,6
Cálcio <sup>1</sup>	1,2
Magnésio <sup>1</sup>	0,2
Relação C/N	10/1
Umidade <sup>1</sup>	67
Matéria orgânica <sup>1</sup>	55

<sup>1</sup>Valores expressos em porcentagem.

Fonte: LOBO; FILHO; BULL, 2012.

Apesar dos sabidos efeitos benéficos do lodo de esgoto, as suas características são heterogêneas; logo, é essencial conhecê-las para a aplicação do biossólido no solo (SINGH; AGRAWAL, 2008). Essa diversidade em sua composição está relacionada ao que é depositado nos esgotos pela população, ou seja, há uma grande variação dependendo de fatores como nível sociocultural, pois a constituição do esgoto será dependente da saúde, do estágio de desenvolvimento, do saneamento básico e do desenvolvimento industrial da sociedade em que será coletado esse lodo de esgoto (CASAGRANDE; SOARES; MOUTA, 2008).

Com o uso do lodo de esgoto como matéria-prima para a produção de fertilizantes organominerais, a composição desses fertilizantes passaria a ser homogênea e, assim, seria conhecida a concentração dos nutrientes neles presentes. Logo, seria possível uma recomendação precisa da quantidade de fertilizante a ser aplicado a determinada cultura.

### 2.2.2 *Torta de filtro*

A torta de filtro é um composto orgânico obtido através da agroindústria canavieira, sendo um subproduto originado dos filtros rotativos após a obtenção da sacarose residual da borra. Durante vários anos, esse composto foi descartado na natureza provocando diversos problemas ambientais. Porém, com a análise do material e a descoberta da sua alta concentração de fósforo, esse composto se mostrou uma

alternativa para o uso como fertilizante agrícola. Atualmente, a torta de filtro é utilizada como adubo pelas empresas sucroenergéticas no momento do plantio, sendo enriquecido com outros produtos (SPADOTTO; RIBEIRO, 2006).

A finalidade da cana-de-açúcar também influencia na composição da torta de filtro. O composto gerado em destilaria tem um quarto a mais de nitrogênio que o aquele produzido em usina, sendo cerca de 1,6% e 1,3%, respectivamente, de N na base seca. Todavia, o composto gerado em usinas tem o dobro de concentração de fósforo em comparação com aquele produzido em destilaria, sendo 2% e 1%, respectivamente, de  $P_2O_5$  na base seca (FRAVET et al., 2010).

Esses dois nutrientes apresentam liberação lenta a partir da torta de filtro, pois cerca de 30% do conteúdo total de fósforo está na forma orgânica e o nitrogênio está predominantemente na forma proteica (NARDIN, 2007). Isso leva a um alto aproveitamento pela planta desses nutrientes, liberados de acordo com o crescimento dela. A TAB. 2 apresenta a constituição química média da torta de filtro.

TABELA 2. Constituição química da torta de filtro

Componentes	Valor <sup>1</sup>
Nitrogênio	0,28
Fósforo orgânico ( $P_2O_5$ )	0,00053
Fósforo inorgânico ( $P_2O_5$ )	0,0012
Potássio ( $K_2O$ )	0,057
Carbono	0,8
Magnésio	0,077
Relação C/N	3/1
Umidade	77,77
Matéria orgânica	16,90

<sup>1</sup>Valores expressos em porcentagem.

Fonte: PARANHOS, 1987; VITTI; OLIVEIRA; QUINTINO, 2006.

A torta de filtro confere diversos benefícios à cultura a ser implantada, principalmente devido à grande quantidade de matéria orgânica adicionada ao solo. Fornece ampla gama de nutrientes e melhora as características físicas do solo, propiciando-lhe, por exemplo, maior capacidade de retenção de água, o que supre as possíveis deficiências hídricas que poderiam ocorrer na cultura durante a safra (PENATTI; DONZELLI, 1991). Além da excelente capacidade de retenção de umidade,

a torta de filtro sai da filtragem com uma alta concentração de umidade, de 75 a 80%, sendo uma boa opção para recuperação de solos exauridos (NUNES JÚNIOR, 2008), fornecendo assim bons níveis de umidade para o solo, o que auxilia a cultura em casos de veranico.

Pereira et al. (2005) também constataram a capacidade da torta de filtro de melhorar a estrutura do solo, elevando a fertilidade e a capacidade produtiva. Além disso, esse resíduo deixa de ser acumulado no pátio da agroindústria, evitando contaminações nas áreas vizinhas.

Dentre os nutrientes presentes na torta de filtro, os principais são CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, N e K<sub>2</sub>O; porém, esse último ocorre em menores quantidades. Caso seja adicionado produto para auxiliar na floculação das impurezas durante o processo de clarificação do caldo, há o aumento de alguns nutrientes, como é o caso do fósforo e do cálcio (ALMEIDA JÚNIOR, 2010). Esse fósforo presente na torta de filtro, graças à adição de produtos auxiliares à floculação das impurezas do caldo, é liberado de forma gradativa devido à ação dos micro-organismos presentes no solo e à sua mineralização (FRAVET, 2007).

A torta de filtro é produzida em altas quantidades, pois, para cada tonelada de cana-de-açúcar, produzem-se cerca de 30 a 40 kg de torta (CORTEZ; MAGALHÃES; HAPPI, 1992). Além disso, esse resíduo apresenta bons resultados para a adubação, pois, com o aumento das doses, há uma resposta positiva e crescente na produtividade de algumas culturas, como a cana-de-açúcar. Isso se deve à ampla gama de nutrientes presentes no composto, que, caso utilizado em doses elevadas, pode fornecer a quantidade total dos macronutrientes N, P, Ca, Mg, S e dos micronutrientes Mn, Zn, Fe, Cu e B necessários para o desenvolvimento vegetal da cultura aplicada (MOURA FILHO; SILVA; MOURA, 2011).

O uso da torta de filtro é facilitado para a cultura da cana-de-açúcar por ser uma prática usual e tradicional nessa cultura, na qual já há a disponibilidade de implementos próprios para o transporte e, até mesmo, a aplicação desse resíduo. Inclusive, há novas plantadeiras mecanizadas que já possuem compartimento para a alocação da torta de filtro (ROSSETTO; SANTIAGO, 2007). Todavia, para outras culturas, essas facilidades não estão disponíveis, sendo a utilização desse resíduo limitada. Logo, o uso desse composto orgânico como matéria-prima para a produção de fertilizante organomineral é de grande interesse comercial, pois aumentaria o mercado para o uso da torta de filtro.

### 2.2.3 Turfa

A turfa é um composto orgânico resultante da decomposição de vegetais de pequeno porte que se desenvolvem em meio líquido. É composta por diversos estratos, os quais são as etapas de desenvolvimento dos vegetais (PINTO, 2003).

No que diz respeito às características físicas, a turfa é um material extremamente poroso e, do ponto de vista químico, altamente polar, com grande capacidade de adsorção de moléculas orgânicas polares e metais de transição (PETRONI; PIRES, 2000). Com relação às características químicas, vale ressaltar que o pH da turfa é baixo, o que se deve ao suco celular das plantas que a originam, cuja reação é ácida (PINTO, 2003). A composição química média da turfa consta na TAB. 3.

TABELA 3. Composição média da turfa.

Componentes	Valor
Nitrogênio <sup>1</sup>	3,09
Fósforo ( $P_2O_5$ ) <sup>1</sup>	0,17
Potássio ( $K_2O$ ) <sup>1</sup>	0,36
Carbono <sup>1</sup>	42,82
Índice pH	5,30
Relação C/N	14/1
Umidade <sup>1</sup>	66,50
Matéria orgânica <sup>1</sup>	77,25

<sup>1</sup>Valores expressos em porcentagem.

Fonte: KIEHL, 1985.

As substâncias húmicas (ácidos fúlvico e húmico) presentes na matéria orgânica da turfa conferem-lhe uma forte atração por cátions metálicos em solução (PETRONI; PIRES, 2000). Essas substâncias são originadas a partir da oxidação, seguida da polimerização da matéria orgânica, apresentando uma mistura heterogênea de moléculas polidispersas com grupos funcionais distintos e massas moleculares elevadas, sendo essencial para diversos processos naturais (STEVENSON, 1994). Além dessas vantagens químicas, as substâncias húmicas podem favorecer características agronômicas, como o desenvolvimento da parte aérea, do comprimento das raízes e da área radicular (MARQUES JÚNIOR et al., 2008).

Apesar das vantagens concedidas pelas substâncias húmicas presentes na turfa, a concentração de nutrientes desse composto é baixa quando se avalia a quantidade necessária por uma cultura agrícola. Sendo assim, mostra-se necessária a sua aplicação em conjunto com algum fertilizante mineral ou sua formulação em conjunto com o adubo mineral, formando o organomineral.

### **2.3 Características e exigências nutricionais da cultura do sorgo**

O sorgo é uma planta de origem tropical que apresenta alta capacidade fotossintética e adapta-se muito bem a diferentes condições de fertilidade do solo. A cultura vem ganhando cada vez mais o espaço do milho para a produção na safrinha, pois é mais tolerante a altas temperaturas e a deficiência hídrica. Devido a essas características, o sorgo vem sendo cultivado em uma ampla faixa de latitude (ANDRADE NETO et al., 2010).

A resistência da cultura do sorgo a falta de água está relacionada às suas características fisiológicas, pois essa planta consegue diminuir ou mesmo interromper seu crescimento e atividades metabólicas no período de estresse hídrico. Após esse período, ou seja, quando as condições voltam a ser propícias, o sorgo consegue retomar o crescimento, inclusive podendo crescer mais rapidamente (AMARAL et al. 2003). Mesmo quando passa por um período de estiagem durante seu ciclo vital, a planta de sorgo consegue produzir grãos e massa verde de forma economicamente viável. Isso também ocorre caso a planta seja cultivada em solos pobres em nutrientes (CAMACHO et al., 2002).

Além de suas características relacionadas às condições climáticas, o sorgo também apresenta outras vantagens, como altas concentrações de proteínas, vitaminas, hidrato de carbono e sais minerais em seus grãos. Essa característica é excelente para a alimentação animal (CARVALHO et al., 2000) ou humana, sendo o produto utilizado por centenas de milhões de pessoas na alimentação básica (MUTISYA et al., 2009). Pode ser utilizado para substituir o milho como alimento devido às suas características nutricionais e excelentes níveis minerais (DICKO et al., 2005; FURLAN et al., 2006). Contudo, no Brasil, a produção de sorgo é exclusivamente direcionada para a alimentação animal (ITAVO et al., 2009; MENEZES et al., 2009), com uma pequena parte destinada à produção de sementes.

Nos últimos anos, devido ao melhor conhecimento dos produtores sobre o sorgo, essa cultura vem ganhando cada vez mais espaço nas lavouras do Brasil, sendo o quinto cereal de maior produção no mundo e o quarto no *ranking* de produção brasileira (IBGE, 2010). Segundo dados levantados pela CONAB (2015/16) para o primeiro levantamento de safras de grãos de 2015/16, a produção nacional de sorgo para aquela safra alcançou 1.946,9 mil toneladas, quantidade inferior em 108,4 mil toneladas àquela colhida na safra anterior. A área cultivada com sorgo na safra 2015/16 foi de 722,6 mil hectares, com 360,6 mil hectares na região Centro-Oeste, local onde houve 49,9% da área nacional semeada com sorgo. A produtividade média de sorgo no Brasil foi de 2.695 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a região Sudeste o local com maior média, 3.276 kg ha<sup>-1</sup>.

Assim como diversas culturas, um dos insumos de maior custo para a produção de sorgo é a adubação, a qual pode ser superior a 50% dos custos relacionados à implantação da cultura. Esse percentual demonstra a necessidade de analisar alternativas viáveis para reduzir esse custo. Devido a isso, diversos trabalhos têm investigado o fertilizante organomineral e comprovado que ele pode ser uma alternativa para a adubação em diversas culturas, como a do milho, para a qual já se mostrou capaz de substituir completa ou parcialmente os fertilizantes minerais (TIRITAN et al. 2010).

Frazão (2013), em um trabalho com milheto, demonstrou que, em comparação com a utilização apenas do superfosfato triplo, o uso de fertilizante organomineral à base de cama de frango e superfosfato triplo granulado proporcionou maior eficiência agronômica, maior produção de massa seca da parte aérea, maior perfilhamento e maior altura da planta.

Neumann et al. (2005), trabalhando com a cultura do sorgo, avaliaram o comportamento produtivo e verificaram que o uso do fertilizante organomineral na fórmula 08-10-08 apresentou o mesmo resultado quando utilizado fertilizante mineral 10-18-20 nas mesmas doses. Logo, houve uma redução da quantidade de fertilizante aplicada ao solo com o uso do fertilizante organomineral.

Sendo assim, pesquisas iniciais indicam que o organomineral pode ser uma opção para a redução da dependência em relação aos fertilizantes minerais e para a correta alocação de diversos resíduos orgânicos que são utilizados na produção dos fertilizantes organominerais.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da área**

O trabalho foi conduzido no período entre 08 de março e 07 de maio de 2015, em casa de vegetação no *campus* Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), na cidade de Uberlândia/MG, localizada na latitude Sul 18° 54' e longitude Oeste 48° 15', com altitude de 843 m. O clima predominante da região é do tipo Cwa, ou seja, clima subtropical com o inverno seco e o verão quente segundo a classificação climática de Köppen (1948).

#### **3.2 Tratamentos e delineamento estatístico**

Foram avaliados os efeitos de quatro níveis de adubações com fertilizantes organominerais formulados a partir de três fontes de matéria orgânica. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, compondo um fatorial 4 x 3 + 2. Corresponde: (i) aos níveis de fertilizante organomineral aplicado com 50%, 75%, 100% e 125% da dose de 450 kg ha<sup>-1</sup> recomendada pela CFSEMG (1999); (ii) às três fontes de matéria orgânica para os fertilizantes organominerais (*i.e.*, lodo de esgoto, torta de filtro e turfa); e (iii) a uma testemunha, que não recebeu adubação, e um tratamento controle, que recebeu adubação mineral, aplicada com 100% da dose necessária segundo a CFSEMG (1999). Todos fertilizantes foram produzidos na formulação 5-17-10 e 0,1% de B, 3% de Si, 0,4% de Zn e 8% de carbono orgânico total (COT).

As parcelas dos tratamentos foram compostas por dois vasos de 5 L, nos quais foram semeadas quatro sementes de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench), híbrido simples 1G100, na profundidade de 3 cm. Após 14 dias, foi realizado desbaste, permanecendo duas plantas por vaso. Os tratamentos estão distribuídos na TAB. 4.

TABELA 4. Tratamentos referentes ao experimento com sorgo granífero, cultivar 1G100.

Tratamentos	Código
Fertilizante organomineral à base de lodo de esgoto (50%)*	T1
Fertilizante organomineral à base de torta de filtro (50%)*	T2
Fertilizante organomineral à base de turfa (50%)*	T3
Fertilizante organomineral à base de lodo de esgoto (75%)*	T4
Fertilizante organomineral à base de torta de filtro (75%)*	T5
Fertilizante organomineral à base de turfa (75%)*	T6
Fertilizante organomineral à base de lodo de esgoto (100%)*	T7
Fertilizante organomineral à base de torta de filtro (100%)*	T8
Fertilizante organomineral à base de turfa (100%)*	T9
Fertilizante organomineral à base de lodo de esgoto (125%)*	T10
Fertilizante organomineral à base de torta de filtro (125%)*	T11
Fertilizante organomineral à base de turfa (125%)*	T12
Testemunha <sup>(1)</sup>	T13
Controle <sup>(2)</sup>	T14

(1) Tratamento sem a utilização de fertilizante; (2) Tratamento com a aplicação de fertilizante mineral.  
\*Nível de adubação em relação à recomendação da CFSEMG (1999) para a cultura considerando a análise química do solo utilizado.

Fonte: o autor.

Foi realizado o teste de Tukey ( $p>0,05$ ) para avaliar os tratamentos e o teste de Dunnett para que os tratamentos com adubação organomineral fossem comparados com o tratamento sem adubação e com o tratamento com adubação exclusivamente mineral. Para avaliar as doses de cada tratamento organomineral, foi realizada uma regressão. Os programas estatísticos utilizados foram SISVAR, SPSS (SILVA; AZEVEDO, 2002) e SigmaPlot.

### 3.3 Caracterização do solo

O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho, de acordo com a classificação da EMBRAPA (2013). Esse solo foi extraído de barranco na Fazenda Capim Branco da UFU. A TAB. 5 exibe os atributos químicos do solo utilizado conforme identificados no Laboratório de Análise de Solos (LABAS) da UFU.

TABELA 5. Caracterização química da amostra do Latossolo Vermelho do experimento.

pH H <sub>2</sub> O	Pmeh <sup>-1</sup>	K <sup>+1</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H+ Al	SB	t	T	V	m	M.O.	C.O.
6,2	2,3	0,31	2,3	0,8	0	2,8	3,41	3,41	6,21	55	0	2,7	1,6

pH em H<sub>2</sub>O (relação 1:2,5); P, K: extrator (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>); Al, Ca, Mg: extrator (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); SB: soma de bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; M.O.: matéria orgânica; C.O.: carbono orgânico.

Fonte: o autor.

Conforme se pode inferir da TAB. 5, não foi necessária a correção da acidez do solo, pois o pH estava na faixa adequada para a semeadura do sorgo.

### 3.4 Avaliações no sorgo

Ao 30º e 60º dia após a semeadura, analisaram-se: a altura da planta, o diâmetro do colmo, a clorofila A, a clorofila B e a área foliar. Ao 60º dia, terminado o ensaio, retiraram-se as plantas do solo, e separaram-se as partes aéreas, as quais foram secas em estufa de ar forçado por 48 horas. Logo após esse período, o material foi retirado, pesado e colocado novamente na estufa por 24 horas, totalizando 72 horas. Verificou-se que o material manteve o peso constante, encontrando-se, dessa forma, a massa seca da parte aérea.

Para a aferição da altura da planta, utilizaram-se régua e trena, sendo essa variável considerada a distância do colo até o final da última folha completamente desenvolvida. O diâmetro do colmo foi aferido 1 cm acima do nível do solo com o auxílio de um paquímetro digital. Para a avaliação das clorofilas A e B, utilizou-se o clorofilômetro Clorofilog, sendo selecionadas as últimas duas folhas desenvolvidas por planta, totalizando oito amostras para cada parcela. Para a área foliar, foram consideradas apenas as folhas completamente desenvolvidas, sendo utilizada a fórmula: altura x maior largura x 0,75 (SANTOS et al., 2013).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na TAB. 6, é apresentado o resumo da análise de variância para as variáveis analisadas ao 30º dia na cultura do sorgo.

TABELA 6. Altura da planta (cm), diâmetro de caule (mm), clorofila A, clorofila B e área foliar (cm<sup>2</sup>) em função das fontes de matéria orgânica na composição (F) e níveis dos fertilizantes organominerais (N) ao 30º dia na cultura do sorgo.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Altura	Diâmetro	Clorofila A	Clorofila B	Área Foliar
<b>Fontes</b>	2	8,53*	0,66 <sup>NS</sup>	30,39 <sup>NS</sup>	5,46 <sup>NS</sup>	73,18 <sup>NS</sup>
<b>Níveis</b>	3	10,85**	0,88 <sup>NS</sup>	25,81 <sup>NS</sup>	2,14 <sup>NS</sup>	5667,78**
<b>F x N</b>	6	2,64 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	8,13 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	618,71 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	39	2,29	0,32	17,55	2,08	1020,60
<b>CV%</b>		10,34	13,58	16,28	21,91	28,20

\*\*-Significativo a 1%; \*- Significativo a 5%; NS-Não significativo.

Fonte: o autor.

A análise de variância mostrou que as diferentes fontes de matéria orgânica na composição dos fertilizantes organominerais influenciaram significativamente apenas na altura da planta, enquanto, para os níveis de fertilizantes organominerais, a altura e a área foliar foram significativas. A interação entre os níveis de fertilizantes organominerais e as fontes de matéria orgânica na composição dos fertilizantes organominerais não foi significativa para essas variáveis ao 30º dia.

Na TAB. 7, consta o resumo da análise de variância para altura da planta, diâmetro de caule, clorofila A, clorofila B, área foliar e massa seca da parte aérea (MSPA) em função das fontes de matéria orgânica e dos níveis dos fertilizantes organominerais ao 60º dia na cultura do sorgo. Os diferentes níveis de adubação influenciaram significativamente a altura da planta, o diâmetro de caule, a área foliar e a massa seca da parte aérea. Não houve interação significativa para quaisquer das variáveis analisadas.

TABELA 7. Altura da planta (cm), diâmetro de caule (mm), clorofila A, clorofila B, área foliar (cm<sup>2</sup>) e massa seca da parte aérea (MSPA) (g) em função das fontes de matéria orgânica na composição (F) e dos níveis dos fertilizantes organominerais (N) ao 30º dia na cultura do sorgo.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					MPSA
		Altura	Diâmetro	Clorofila A	Clorofila B	Área Foliar	
<b>Fontes</b>	2	1,95 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>	3,23 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	2965,59 <sup>NS</sup>	1,40 <sup>NS</sup>
<b>Níveis</b>	3	4,88**	2,44**	0,98 <sup>NS</sup>	0,51 <sup>NS</sup>	69260,49**	11,06**
<b>F x N</b>	6	0,43 <sup>NS</sup>	0,43 <sup>NS</sup>	2,85 <sup>NS</sup>	0,43 <sup>NS</sup>	12703,39 <sup>NS</sup>	2,20 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	39	0,91	0,50	3,50	0,60	6518,51	8,79
<b>CV%</b>		4,44	9,56	7,70	13,30	14,76	15,78

\*\*- Significativo à probabilidade de 0,01 (p< 0,01); NS- não significativo.

Fonte: o autor.

A TAB. 8 disponibiliza o resultado do teste de Tukey para altura da planta, diâmetro de caule, clorofila A, clorofila B e área foliar ao 30º dia na cultura do sorgo.

TABELA 8. Altura da planta (cm), diâmetro de caule (mm), clorofila A, clorofila B e área foliar (cm<sup>2</sup>) em função das fontes de matéria orgânica utilizadas na composição dos fertilizantes organominerais ao 30º dia na cultura do sorgo.

Organominerais	Altura	Diâmetro	Clorofila A	Clorofila B	Área Foliar
<b>Biossólido</b>	14,73b	4,08a	28,07a	7,58a	124,99a
<b>Torta de filtro</b>	14,97ab	4,21a	25,33a	6,53a	127,28a
<b>Turfa</b>	16,10a	4,47a	26,93a	6,61a	123,00a
<b>DMS</b>	1,30	0,49	3,61	1,24	27,50

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Os fertilizantes organominerais formulados com turfa e torta de filtro foram os que resultaram nas maiores médias de altura da planta (TAB. 8). Com exceção dessa variável, independentemente da fonte de matéria orgânica utilizada para produção dos fertilizantes organominerais, não há diferença nas demais variáveis avaliadas na cultura do sorgo ao 30º dia.

A altura da planta é de grande importância morfofisiológica, uma vez que está relacionada ao diâmetro, além de refletir diretamente no crescimento e na diferenciação vegetal. Dessa forma, esse parâmetro favorece todo o processo que está envolvido com o sistema solo-planta (PARENT et al., 2014).

A TAB. 9 mostra o resultado do teste de Tukey para as médias de altura da planta, diâmetro de caule, clorofila A, clorofila B, área foliar e massa seca da parte aérea,

ao 60º dia, em função das fontes de matéria orgânica na composição de fertilizantes organominerais.

TABELA 9. Teste de Tukey ( $p=0,05$ ) para altura da planta (cm), diâmetro de caule (mm), clorofila A, clorofila B, área foliar (AF) ( $cm^2$ ) e massa seca da parte aérea (MSPA) (g), ao 60º dia, em função das fontes de matéria orgânica utilizadas na composição dos fertilizantes organominerais aplicados à cultura do sorgo.

Organomineral	Altura	Diâmetro	Clorofila A	Clorofila B	AF	MSPA
<b>Bioossólido</b>	21,19a	7,31a	23,47a	5,51a	563,96a	18,65a
<b>Torta de filtro</b>	21,25a	7,66a	23,86a	5,70a	570,62a	20,38a
<b>Turfa</b>	21,82a	7,67a	24,36a	5,88a	544,43a	19,76a
<b>DMS</b>	0,82	0,61	1,61	0,67	69,50	2,55

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor.

Diferentemente do observado nas avaliações desses parâmetros ao 30º dia, ao 60º dia não houve variável alguma que tenha apresentado diferença significativa entre as fontes de matéria orgânica utilizadas (TAB. 9). Frazão (2013) encontrou resultados similares: avaliando o desenvolvimento de plantas de milheto submetidas a adubação com diferentes fertilizantes organominerais, verificou que, no último ciclo de cultivo, a massa seca da parte aérea não foi influenciada pelos diferentes fertilizantes organominerais. Da mesma forma, a altura não apresentou qualquer diferença quando se variaram as fontes de organomineral no último ciclo de cultivo.

Na TAB. 10, é apresentado o resultado do teste de Dunnet, comparando médias de altura da planta, clorofila A, clorofila B, diâmetro do caule e área foliar de sorgo ao 30º dia entre os tratamentos em que se utilizaram fertilizantes organominerais, o tratamento sem adubação (testemunha) e o tratamento com adubação exclusivamente mineral (controle).

TABELA 10. Altura da planta em cm (H), clorofila A (Clor A), clorofila B (Clor B), diâmetro de caule em mm (D) e área foliar em cm<sup>2</sup> (AF) de sorgo ao 30º dia com diferentes níveis de organominerais compostos com lodo de esgoto, torta de filtro e turfa.

Tratamentos	H	Clor A	Clor B	Diam	AF
<b>Lodo de esgoto (50%)</b>	13,18	26,60	7,30 <sup>1</sup>	3,77	88,70 <sup>1</sup>
<b>Torta de filtro (50%)</b>	13,49	23,40	6,08	3,81	97,94 <sup>1</sup>
<b>Turfa (50%)</b>	15,81 <sup>1</sup>	27,25	6,54	4,27	105,41 <sup>1</sup>
<b>Lodo de esgoto (75%)</b>	14,26 <sup>1</sup>	26,11	7,31 <sup>1</sup>	3,85	117,10 <sup>1</sup>
<b>Torta de filtro (75%)</b>	14,96 <sup>1</sup>	23,30	6,11	4,24	109,37 <sup>1</sup>
<b>Turfa (75%)</b>	15,56 <sup>1</sup>	26,81	6,43	4,28	128,38 <sup>1</sup>
<b>Lodo de esgoto (100%)</b>	15,13 <sup>1</sup>	29,08 <sup>1</sup>	7,56 <sup>1</sup>	4,20	142,58 <sup>1</sup>
<b>Torta de filtro (100%)</b>	16,18 <sup>1</sup>	27,60	7,03	4,37 <sup>1</sup>	155,16 <sup>1</sup>
<b>Turfa (100%)</b>	15,47 <sup>1</sup>	25,81	5,99	4,56 <sup>1</sup>	124,76 <sup>1</sup>
<b>Lodo de esgoto (125%)</b>	16,37 <sup>1</sup>	30,49 <sup>1</sup>	8,15 <sup>1</sup>	4,49 <sup>1</sup>	151,56 <sup>1</sup>
<b>Torta de filtro (125%)</b>	15,25 <sup>1</sup>	27,00	6,93	4,42 <sup>1</sup>	146,63 <sup>1</sup>
<b>Turfa (125%)</b>	17,56 <sup>1</sup>	27,83	7,49 <sup>1</sup>	4,78 <sup>1</sup>	133,46 <sup>1</sup>
<b>Testemunha</b>	10,49	19,48	4,29	3,21	31,64
<b>Controle</b>	11,39	19,45	5,00	4,04	53,21

<sup>1</sup>Médias que diferiram da testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05; <sup>1</sup>Médias que diferiram do controle pelo teste de Dunnet a 0,05.

Fonte: o autor.

De acordo com a TAB. 10, para quase todas as variáveis foi observada superioridade dos fertilizantes organominerais em relação à testemunha ou ao controle. A exceção foi o diâmetro de caule, em que nenhum nível das diferentes fontes de matéria orgânica dos fertilizantes organominerais conseguiu melhores resultados que o controle ao 30º dia.

Mesmo reduzindo a aplicação em 50% da dose recomendada, a utilização do fertilizante organomineral à base de turfa (T3) foi suficiente para apresentar maior altura média de plantas quando comparado com a adubação mineral. Caso não se possua a turfa para servir de base para o fertilizante organomineral, a torta de filtro apresentou-se como a segunda melhor fonte, pois, mesmo a aplicação de 75% da dose recomendada para a cultura do sorgo foi suficiente para a obtenção de melhores resultados que aqueles encontrados pelo controle e pela testemunha. O nível de 100% de biossólido resultou em médias de altura da planta maiores que as da testemunha e do controle (TAB. 10).

O fertilizante organomineral à base de turfa também se destacou como a melhor fonte para a variável área foliar. Com a utilização de qualquer dose de turfa, inclusive a menor, foi possível superar os resultados encontrados para o controle e a testemunha. Para as outras fontes de matéria orgânica, apenas doses a partir de 75% do recomendado conseguiram o mesmo efeito (TAB.10).

Com relação à clorofila A, o fertilizante organomineral à base de turfa não apresentou a mesma tendência das duas variáveis anteriores. Nenhuma dose foi melhor que o controle ou a testemunha, e o mesmo aconteceu com a torta de filtro. O organomineral à base de lodo de esgoto foi o único a conseguir superar o controle quando usado no nível de 100% da dose recomendada (TAB. 10).

Para a variável clorofila A, o único nível de fertilizante organomineral que apresentou melhores médias em relação aos resultados encontrados para o controle foi com a utilização da dose recomendada para cultura segundo a quinta aproximação (CFSEMG, 1999). Contudo, para resultados iguais aos apresentados pelo controle, pode-se utilizar qualquer nível de fertilizante organomineral, independentemente da fonte de matéria orgânica utilizada para a sua composição (TAB.10). Sendo assim, conclui-se que é possível reduzir a quantidade de fertilizante utilizada, diminuindo os gastos com esse insumo. Borges et al. (2015) conseguiram reduzir os custos para a produção de soja com a utilização de fertilizante organomineral. Vale lembrar que, quando se utilizam fontes orgânicas para a adubação, as vantagens não ficam limitadas apenas à safra de aplicação, pois existe efeito residual nos anos subsequentes, favorecendo as características químicas, físicas e biológicas do solo (GHOSH et al., 2009; RIBEIRO et al., 2009).

A clorofila B apresentou resultados similares aos da clorofila A com a aplicação do fertilizante organomineral composto com lodo de esgoto, pois qualquer dose aplicada obteve médias melhores que as da testemunha e a maior dose conseguiu resultados melhores que tanto a testemunha quanto o controle (TAB. 10). As outras fontes não diferiram do controle, sendo que apenas a maior dose do fertilizante organomineral à base de turfa apresentou médias de clorofila B maiores que as da testemunha.

Ambas as clorofilas são de grande importância para o desenvolvimento vegetal. A clorofila A é o pigmento utilizado para a realização da etapa fotoquímica, que é o primeiro estágio da fotossíntese. Enquanto ocorre esse processo, outros pigmentos auxiliam na absorção da luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação. Dentre esses pigmentos, há a clorofila B (TAIZ; ZIEGER, 2004). Dessa forma, demonstra-se a grande importância da avaliação desses parâmetros durante o desenvolvimento vegetal.

Com relação ao diâmetro de caule, apenas os fertilizantes organominerais à base de turfa e torta de filtro conseguiram maior diâmetro que a testemunha sem que fosse

necessário elevar a dose recomendada para a cultura do sorgo (TAB. 10). Quando comparados ao controle, não houve diferença entre os fertilizantes organominerais testados para o diâmetro de caule.

Na TAB.11, é apresentado o resultado do teste de Dunnet, comparando-se médias de altura da planta, clorofila A, clorofila B, diâmetro do caule, área foliar e massa seca da parte aérea de sorgo, ao 60º dia, entre os tratamentos em que se utilizaram fertilizantes organominerais e os tratamentos sem adubação (testemunha) e com adubação exclusivamente mineral (controle).

TABELA 11. Teste de Dunnet para altura da planta em cm (H), clorofila A (Clor A), clorofila B (Clor B), diâmetro de caule em mm (D), área foliar em cm<sup>2</sup> (AF) e massa seca da parte aérea em g (MSPA), ao 60º dia, de sorgo cultivado com diferentes níveis de fertilizantes organominerais compostos com lodo de esgoto, torta de filtro e turfa.

Tratamentos	H	Clor A	Clor B	Diam	AF	MSPA
<b>Lodo de esgoto (50%)</b>	20,84 <sup>1</sup>	22,21 <sup>1</sup>	4,75 <sup>1</sup>	6,70	420,11	15,35
<b>Torta de filtro (50%)</b>	20,53 <sup>1</sup>	24,55	5,69	6,82	429,76	14,15
<b>Turfa (50%)</b>	21,32	25,02	5,90	7,74	514,20	19,45 <sup>1</sup>
<b>Lodo de esgoto (75%)</b>	20,74 <sup>1</sup>	23,36 <sup>1</sup>	5,63	6,96	619,91 <sup>1</sup>	18,60 <sup>1</sup>
<b>Torta de filtro (75%)</b>	20,88 <sup>1</sup>	23,73	5,69	7,72	543,71	19,25 <sup>1</sup>
<b>Turfa (75%)</b>	20,91 <sup>1</sup>	23,36 <sup>1</sup>	5,60	7,37	495,06	17,00
<b>Lodo de esgoto (100%)</b>	21,80	24,24	5,86	7,66	598,56 <sup>1</sup>	19,50 <sup>1</sup>
<b>Torta de filtro (100%)</b>	21,90	23,25 <sup>1</sup>	5,49	8,32 <sup>1</sup>	679,02 <sup>1</sup>	24,00 <sup>1</sup>
<b>Turfa (100%)</b>	22,22	24,76	5,95	7,70	564,44	19,80 <sup>1</sup>
<b>Lodo de esgoto (125%)</b>	21,38	24,06	5,80	7,89 <sup>1</sup>	617,25 <sup>1</sup>	21,15 <sup>1</sup>
<b>Torta de filtro (125%)</b>	21,69	23,89	5,94	7,77	629,99 <sup>1</sup>	24,13 <sup>1</sup>
<b>Turfa (125%)</b>	22,84	24,32	6,06	8,14 <sup>1</sup>	604,00 <sup>1</sup>	22,80 <sup>1</sup>
<b>Testemunha</b>	21,34	26,09	6,06	6,69	398,19	11,35
<b>Controle</b>	23,28	27,40	7,06	6,40	545,89	16,55

<sup>1</sup>Médias que diferiram da testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05; <sup>1</sup>Médias que diferiram do controle pelo teste de Dunnet a 0,05.

Fonte: o autor.

Ao 60º dia, houve fertilizantes organominerais que apresentaram resultados iguais aos encontrados para o controle no que diz respeito às variáveis analisadas, mesmo com níveis abaixo do recomendado para a cultura. Isso aconteceu em todas as variáveis analisadas para ao menos uma fonte de matéria orgânica (TAB. 11) e se deveu à combinação das frações orgânicas e minerais presentes no fertilizante organomineral, que, assim, consegue reproduzir resultados similares aos encontrados nos fertilizantes minerais, mesmo com a redução da quantidade aplicada.

Vezzani et al. (2008) observaram que a matéria orgânica mineralizada eleva os teores de nitrogênio, enxofre e fósforo. Além disso, o fósforo tende a ficar em maior

disponibilidade para a planta, pois reduz a fixação pelos óxidos de alumínio e ferro (RHEINHEIMER; GATIBONI; KAMINSKI, 2008).

Apesar das baixas concentrações de N, P e K dos fertilizantes orgânicos, há uma complementação por parte da fração mineral presente nos organominerais. Dessa forma, há um maior aproveitamento devido ao sincronismo de liberação de nutrientes durante o crescimento da planta (BISSANI et al., 2008). Sendo assim, mesmo na aplicação de pequenas quantidades de organominerais, há um grande aproveitamento dos nutrientes pela planta.

Contudo, durante a retirada das plantas dos vasos, constatou-se que alguns grânulos dos fertilizantes organominerais não estavam completamente dissolvidos (FIG. 1). Logo, parte dos nutrientes ainda não havia sido disponibilizada à planta pelo fertilizante organomineral, o que em parte pode explicar o fato de a adubação mineral ter conseguido melhores médias em relação aos fertilizantes organominerais nas variáveis altura da planta, clorofila A e clorofila B. Provavelmente essa fração que não havia sido dissolvida era referente, na maior parte, à fração orgânica presente no fertilizante organomineral.



FIGURA 1. Grânulos de organominerais não solubilizados.

Fonte: o autor.

As plantas adubadas com os dois menores níveis de fertilizantes organominerais à base de torta de filtro ou biossólido tiveram médias de altura da planta inferiores às do

controle. Já as plantas de sorgo fertilizadas à base de turfa em seu menor nível, 50% do recomendado, apresentaram altura da planta igual à encontrada no controle (TAB. 11). Nenhum tratamento diferiu da testemunha para essa variável. Santana (2012) observou o mesmo resultado deste trabalho em sua pesquisa com a cultura do milho, não encontrando, para a variável altura da planta, diferença entre o fertilizante organomineral e a testemunha, mesmo ao variar a dose de aplicação.

Tiritan et al. (2010) também relataram resultado similar ao deste trabalho. Em se tratando da variável massa seca, as plantas de milho, ao 45º dia após a emergência, conseguiram resultados similares tanto com a dose de 40 mg/dm<sup>3</sup> de fertilizante organomineral quanto com o dobro dessa dose com o fertilizante mineral. Sendo assim, é possível verificar que, mesmo com a redução das doses de fertilizante organomineral, conseguem-se resultados similares aos fornecidos pelos adubos minerais.

Para a variável clorofila A, os dois menores níveis de torta de filtro e o menor nível de turfa foram os tratamentos que se destacaram, pois não diferiram do controle apesar da menor quantidade de nutrientes aplicados (TAB. 11). Neumann et al. (2005) observaram resultados parecidos: utilizando um fertilizante organomineral, com menor concentração de nutrientes em relação ao fertilizante mineral, conseguiram reduzir 5,72% do custo total da produção de forragem utilizando a cultura do sorgo.

A redução da quantidade de fertilizante aplicada pode ser devido ao aumento da capacidade de troca catiônica da matéria orgânica presente no organomineral. Essa característica leva a uma maior liberação de nutrientes para as plantas e redução das perdas por lixiviação (BITTENCOURT et al., 2006; MIELNICZUK, 2008). Esse efeito é o que ocorre com a adubação fosfatada: com o uso de carregador orgânico, a sua eficiência é elevada, gerando uma redução na necessidade das doses (SANTOS et al., 2010), pois quase todo o fósforo adicionado ao solo será utilizado pela planta.

A clorofila B apresentou valores inferiores, comparados aos do controle, apenas para a menor dose de fertilizante à base de biossólido. Os demais tratamentos não diferiram do controle e da testemunha (TAB.11). Santana (2012) também verificou que não há influência dos fertilizantes organominerais sobre as taxas de clorofila A e de clorofila B na cultura do milho, pois nenhum dos fertilizantes organominerais apresentou diferença com relação à testemunha ou mesmo entre as diferentes fontes e formas de aplicação.

A torta de filtro como fonte para produção de fertilizante organomineral logrou bons resultados ao 60º dia, pois essa fonte orgânica apresentou melhores médias que as

encontradas para o controle sem que se aumentasse a dose recomendada (nível de 100%) em duas variáveis, que foram o diâmetro do caule e a massa seca da parte aérea. Não obstante, também se verificou um incremento na massa seca da parte aérea na maior dose de fertilizante organomineral à base de turfa (TAB.12). Batista et al. (2011) também encontraram bons resultados para a massa seca da parte aérea do milheto com a utilização de fertilizante organomineral, inclusive obtendo maior massa seca que a encontrada na adubação mineral convencional.

As menores doses dos fertilizantes organominerais não diferiram do controle para a variável área foliar. No entanto, com o uso de fertilizante organomineral à base de lodo de esgoto, foi possível verificar melhores médias que as encontradas para a testemunha com doses a partir de 75% do recomendado para a cultura.

As FIG. 2-4 apresentam a regressão para a característica altura da planta de sorgo, híbrido simples 1G100, ao 30º dia, utilizando diferentes níveis de adubação para fertilizantes organominerais à base de lodo de esgoto, torta de filtro e turfa, respectivamente.

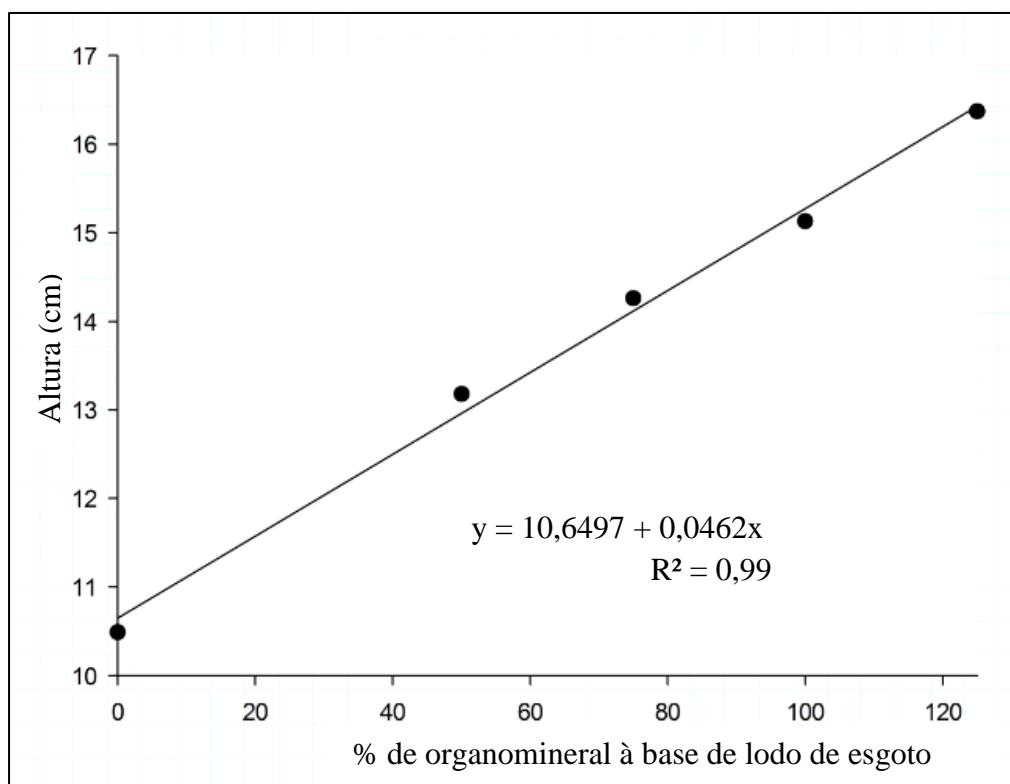


FIGURA 2. Altura da planta de sorgo, cultivar 1G100, ao 30º dia, em função da aplicação de doses de organomineral à base de lodo de esgoto.

Fonte: o autor.

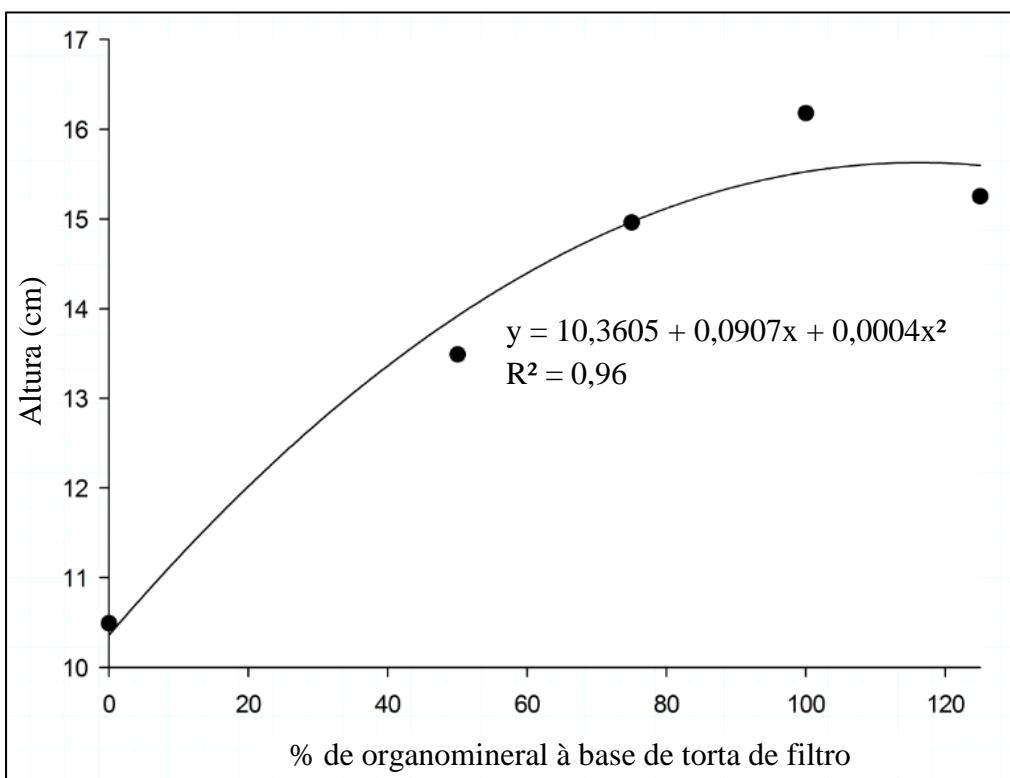


FIGURE 3. Altura da planta de sorgo, cultivar 1G100, ao 30º dia, em função da aplicação de doses de organomineral à base de torta de filtro.

Fonte: o autor.

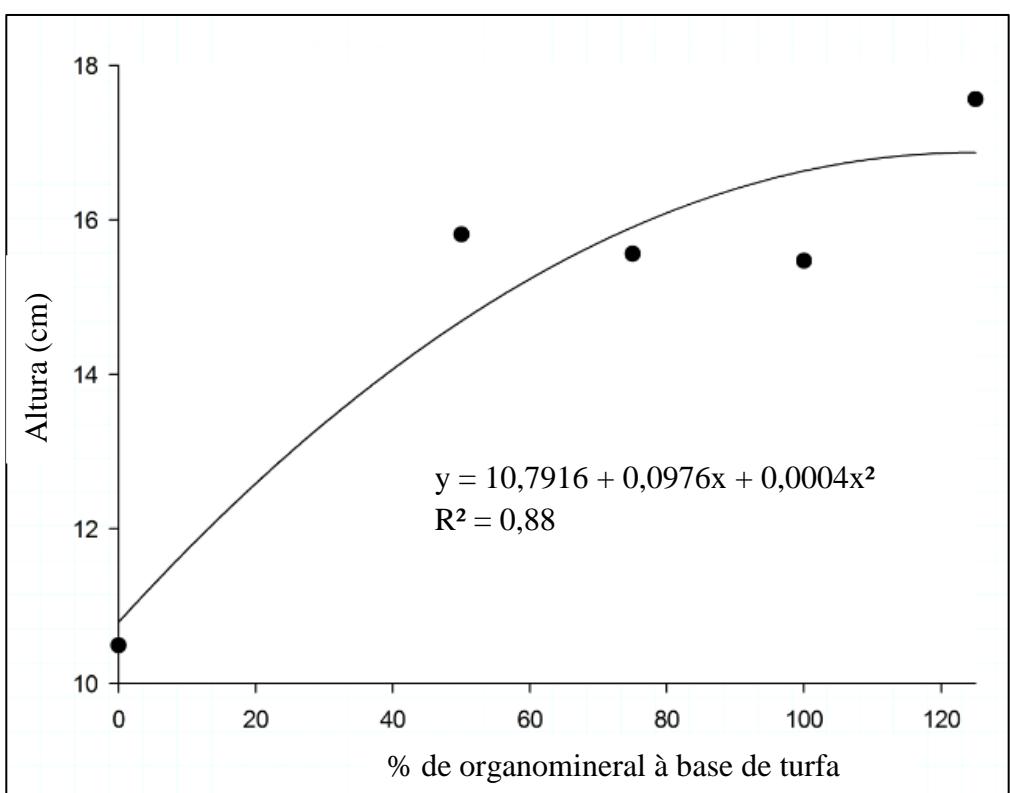


FIGURE 4. Altura da planta de sorgo, cultivar 1G100, ao 30º dia, em função da aplicação de doses de organomineral à base de turfa.

Fonte: o autor.

O aumento dos níveis de lodo de esgoto como fonte de matéria orgânica causou uma resposta positiva e linear sobre a altura do sorgo ao 30º dia (FIG. 2). Sendo assim, para cada quilo de fertilizante organomineral adicionado, até a dose máxima de 125 kg ha<sup>-1</sup>, houve um acréscimo de 0,0462 cm de altura. Resultados similares foram encontrados para a cultura do feijoeiro: com a utilização de doses crescentes de organomineral até a dose de 250 kg ha<sup>-1</sup>, houve um incremento positivo e linear em sua altura ao 51º dia após a semeadura (NAKAYAMA; PINHEIRO; ZERBINI, 2013).

Utilizando torta de filtro (FIG. 3) e turfa (FIG. 4) como fontes para produção de fertilizantes organominerais, o incremento de altura, ao 30º dia, foi positivo até a doses entre 113,38 e 122 kg ha<sup>-1</sup>, resultando em uma altura de 15,5121 e 16,7452 cm, respectivamente. Após essas doses, houve redução do crescimento até a dose máxima de 125 kg ha<sup>-1</sup>. Resultados similares foram relatados por Nakayama, Pinheiro e Zerbini (2013) no desenvolvimento inicial do feijoeiro, com pouco mais de 30 dias após o plantio. No caso, essa cultura apresentou incremento de altura até determinada dose, que foi de aproximadamente 200 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante organomineral. Após essa dose houve uma redução no crescimento.

A FIG. 5 apresenta a regressão para a característica diâmetro de caule da cultura do sorgo, cultivar 1G100, ao 30º dia, para o fertilizante organomineral produzido a partir de turfa.

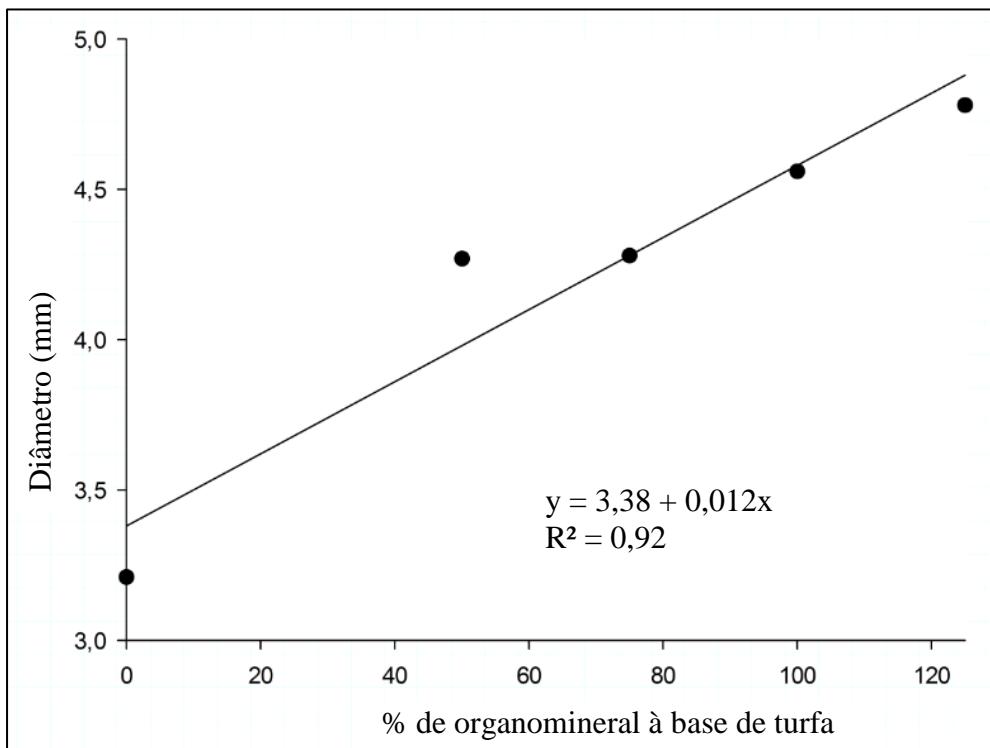


FIGURA 5. Diâmetro de plantas de sorgo, cultivar 1G100, ao 30º dia, em função da aplicação de doses de organomineral à base de turfa.

Fonte: o autor.

Assim como ocorreu com a altura da planta mediante uso do fertilizante organomineral à base de lodo de esgoto, o aumento do diâmetro com a utilização da turfa foi linear até a dose de 125 kg ha<sup>-1</sup>, sendo elevado 0,012 mm para cada quilo desse fertilizante aplicado ao solo (FIG. 5). Santos et al. (2013), em trabalho com girassol, também verificaram aumento no diâmetro de planta com a utilização de fertilizante organomineral. Porém, esse incremento no diâmetro foi até 13,90 mm, havendo logo em seguida uma redução a partir da dose de 3,45 t ha<sup>-1</sup> de adubo organomineral.

Na FIG. 6, estão presentes as regressões para as diferentes fontes de matérias orgânicas utilizadas na produção dos fertilizantes organominerais para a variável massa seca da parte aérea ao 60º dia de cultura do sorgo, cultivar 1G100.

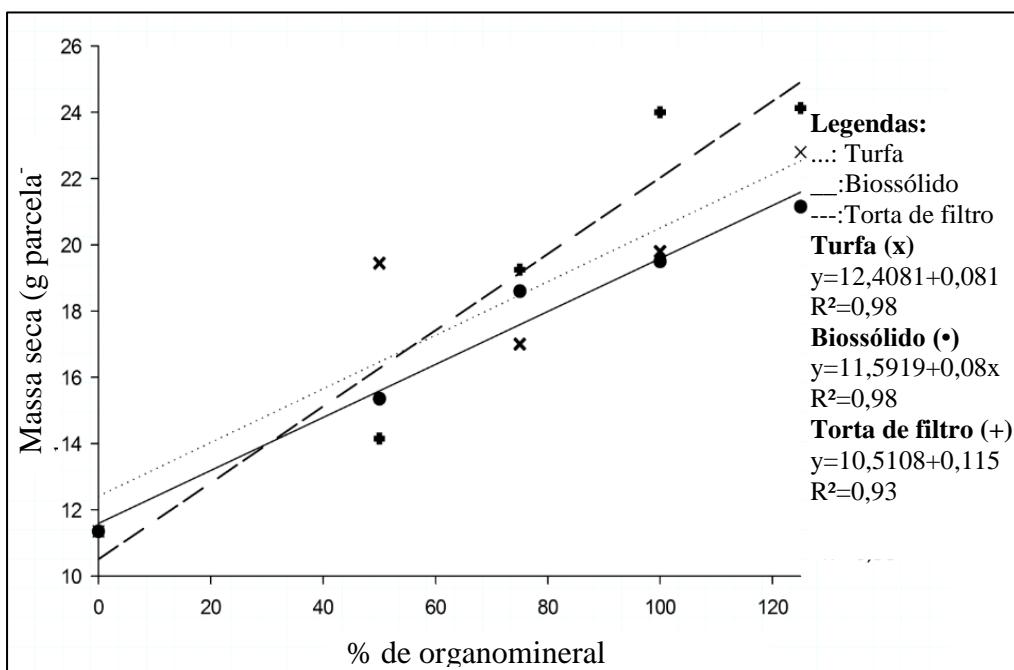


FIGURA 6. Massa seca da parte aérea de plantas de sorgo, cultivar 1G100, ao 60º dia, em função da aplicação de doses de organomineral à base de turfa, biossólido e torta de filtro.

Fonte: o autor.

Ao 60º dia, todas as fontes de fertilizante organomineral apresentaram incremento de massa seca da parte aérea linear conforme se aumentavam as doses (FIG. 6). A torta de filtro apresentou o melhor resultado, pois, com a maior dose, atingiu-se a maior massa seca da parte aérea dentre as fontes.

Em trabalho similar realizado por Frazão (2013), com milheto, verificaram-se resultados diversos a esse. Com o aumento das doses de fertilizante organomineral, o autor registrou que houve um incremento de massa até determinada dose, geralmente próximo de 1500 mg vaso<sup>-1</sup>; após esse valor, houve uma redução do ganho de massa.

A massa seca das plantas é um indicativo do desenvolvimento vegetal. Esse parâmetro é afetado principalmente pela parte aérea – a depender, por exemplo, do número de folhas e da área foliar – responsável pela interceptação da energia solar e, por conseguinte, pela assimilação de carbono, que atua no acúmulo da massa seca (CRUZ et al., 2007).

Caso se deseje reduzir a quantidade aplicada, o fertilizante organomineral à base de turfa pode ser utilizado, reduzindo a aplicação em até 50% da dose de adubação recomendada. Essa fonte foi a que apresentou melhor resultado dentre os organominerais e não apresentou médias inferiores às do controle (TAB. 12).

## 5 CONCLUSÃO

Os fertilizantes organominerais formulados à base de biossólido, turfa e torta de filtro podem ser utilizados para substituir a adubação mineral. Os fertilizantes organominerais apresentaram incremento de massa seca da parte aérea, altura da planta, diâmetro de caule, clorofilas A e B e área foliar em relação à ausência de adubação ou aos fertilizantes minerais.

Foi possível reduzir a dose dos fertilizantes organominerais recomendada para a cultura do sorgo, apresentando o mesmo resultado ou superando os valores encontrados quando da ausência de adubação ou da adubação por fertilizantes minerais. A utilização de resíduos para a produção de organominerais é uma alternativa para a correta alocação daqueles.

## REFERÊNCIAS

AKANDE, M. O., et al. Response of Okra to Organic and Inorganic Fertilization. **Nature and Science.** [S.1.], v.8, n.11, set., 2010.

ALMEIDA JÚNIOR, A. B. **Adubação orgânica em cana-de-açúcar: efeitos no solo e na planta.** 2010. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

AMARAL, S. R., et al. Comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidas a déficit hídrico sob condição controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília,** v. 38, n. 8, p. 973-979, ago., 2003.

ANDRADE NETO, R. C., et al. Crescimento e produtividade de sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 124-130, 2010.

BATISTA, R. O., et al. Avaliação Preliminar de Um Processo de Compostagem Associado ao Uso de Rochas Como Fonte de Fósforo e Potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia-MG. p.01-04. 2011.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Lodo de esgoto:** impactos ambientais na agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio ambiente, 2006. 347p.

BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas.** Porto Alegre: Gênesis, 2008. 344 p.

BITTENCOURT, V.C. et al. Torta de filtro enriquecida. **Idea News,** Ribeirão Preto, v.6, n.63, p. 2-6, abr/jun. 2006.

BORGES, R. E., et al. Eficiência da adubação com organomineral na produtividade de soja e milho. **Gl. Sci Technol,** Rio Verde-GO. v.08, n.01. p.177-184, jan/abr., 2015.

BRASIL. Decreto 86.955, de 18 de fevereiro de 1982. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União,** Brasília, DF, 18 de fev. 1982., p. 17.

BRASIL. Instrução Normativa 23, de 31 de agosto de 2005. Dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos organominerais e biofertilizantes destinados a agricultura. **Diário oficial da União,** DF, 31 de agost. de 2005., p.12.

BRASIL. Instrução Normativa 25, de 23 de julho de 2009. Dispõe sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União,** DF, 23 de jul. de 2009 p.18.

CAMACHO, R. et al. Crescimento vegetativo de sorgo granífero em resposta à nutrição fosfatada. **Scientia Agrícola,** Piracicaba, v.59, n.4, p.771-776, out/nov., 2002.

CARDOSO, E. L.; OLIVEIRA. H. **Sugestões de uso e manejo dos solos do assentamento Taquaral.** Corumbá – MS: Embrapa Pantanal, 2002. 4 p. (Circular Técnica, 35).

CARVALHO, L.F., et al.. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.185-192, 2000.

CASAGRANDE, J. C.; SOARES, M. R.; MOUTA, E. R. Zinc adsorption in highly weathered soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.43 p.131–139. jan., 2008.

CASTRO, S. H.; REIS, R. P.; LIMA, A. L. R. Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicasos no oeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 06, p. 1146-1153, nov./dez., 2006.

CELIK, I.; ORTAS, I.; KILIC, S. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. **Soil & Tillage Research**. v.78, n.1, p.59-67, jun., 2004.

CEZAR, R., et al. Influence of the properties of tropical soils in the toxicity and bioavailability of heavy metals in sewage sludge-amended lands. **Environmental Earth Science**. v.66, p.2281-2292, ago., 2012.

CIANCIO, N. H. R. **Produção de grãos, matéria seca e acúmulo de nutrientes em culturas submetidas à adubação orgânica e mineral.** 2010. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG). **Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa, MG, 1999. p. 289-302.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB ( Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira:** grãos – safra 2015/2016 – Primeiro levantamento – outubro / 2015. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_10\\_09\\_09\\_03\\_07\\_boletim\\_graos\\_outubro\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_10_09_09_03_07_boletim_graos_outubro_2015.pdf)>. Acesso em: 29 dez. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Resolução nº 375 e nº 380, de 29 de agosto de 2006.  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res06/res37506.pdf> Acesso em: 23 nov. 2015.

CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPPI, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. **Revista Brasileira de Energia**, Itajubá, v. 2, n. 2, p. 1-17, 1992.

COSTA, M. B. B. et al. **Adubação orgânica:** nova síntese e novo caminho para a agricultura. São Paulo: Ícone, 1986. 102p.

CRUZ, J. L., et al. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro “Golden”. **Ciência Rural**, v.37, p.64-71, jan/fev., 2007.

DECHEM, A. R.; NACHTGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F. et al. Eds. **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 3, p. 91-132.

DICKO, M. H., et al. Evaluation of the effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activities in sorghum varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n.7, p. 2581- 2588, mar., 2005.

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

FERNANDES, A. L. T.; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.6, n.1, p.45-50, 2002.

FERNANDES, F. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: BETTIOL, W; CAMARGO, O. A. ( Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**, Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 45-67.

FERRER, A., et al. Evolution of the Soil and Vegetation Cover on Road Embankments after the Application of Sewage Sludge. **Water Air Soil Pollution**. Berlin, v.214, p.231–240, jan., 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Editora, 2000, 402 p.

FRAVET, P. R. F. **Doses e formas de aplicação de torta de filtro na produção de cana soca**. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/solos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

FRAVET, P. R. F., et al. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 34, n. 3, p. 618-624, jun., 2010.

FRAZÃO, J. J. **Eficiência agronômica de fertilizantes organominerais granulados à base de cama de frango e fontes de fósforo**. 2013. 88f. Dissertação (Mestrado em Solo e Água). Universidade Federal de Goias, Goiania, 2013.

FURLAN, A.C., et al. Avaliação nutricional da silagem de grãos úmidos de sorgo de baixo ou de alto conteúdo de tanino para coelhos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.775-784, 2006.

GHOSH, P. K., et al. Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. **European Journal of Agronomy**, v.31, n.1, p.43-50, jul., 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2010. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201001\\_5.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201001_5.shtm) > Acesso em: 27 nov. 2015.

ITAVO, C. C. B. F., et al. Consumo e digestibilidade de nutrientes de dietas com silagens de grãos úmidos de milho ou sorgo, em ovinos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Belo Horizonte, v. 61, n. 2, 2009.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, SP: Ceres, 1985. 492 p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais**. 4. ed. Piracicaba: Degaspari, 2008. 160 p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais**. Piracicaba: [ s.n.], 1999. 146p.

KÖPPEN, W. **Climatología**: con un estudio de los climas de la tierra: Fondo de Cultura Económica. México: Editora, 1948. 479p.

LEROY, B. L. M.; HERATH, H.; SLEUTEL, S.; De NEYE, S.; GABRIELS, D.; REHEUL, D.; MOENS, M. The quality of exogenous organic matter: short-term effects on soil physical properties and soil organic matter fractions. **Soil Use and Management**. v. 24, n. 2, p.139-147, jun., 2008.

LEVRERO, C. R. Fertilizante organomineral: a service do mundo. In: **FÓRUM ABISOLÓ**, 2009. <<http://www.abisolo.com.br/>>.

LOBO, T. F.; GRASSI, FILHO, H.; BULL, L. T. Efeito do nitrogênio e do lodo de esgoto nos fatores produtivos do feijoeiro. **Rev. Ceres**. Viçosa, v. 59, n.1, p. 118-124, jan/fev., 2012.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In: **Cultivo do Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2. 2007. <http://www.cnpmes.embrapa.br/publicacoes/sorgo/ecofisiologia.htm>. Acesso em: 11 out. 2015.

MALAVOLTA, E. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. **Informações agronômicas**, Piracicaba, n. 121, p. 1-10, mar., 2008.

MARQUES JÚNIOR, R. B., et al. Promoção de Enraizamento de Microtoletes de Cana-de-Açúcar Pelo Uso de conjunto de Substâncias Húmidas e Bactérias Diazatróficas Endofíticas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1121-1128, 2008.

MENEZES, L. F. G., et al. Silagem de milho e grão de sorgo como suplementos para vacas de descarte terminadas em pastagem cultivada de estação fria. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Belo Horizonte, v. 61, n. 1, Feb. 2009.

MEURER E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. ( Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 2, p.65-90.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 01-06.

MOURA FILHO, G.; SILVA, L. C.; MOURA, A. B. Uso da torta de filtro e vinhaça em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS, 2., 2011, Vitória. **Anais...** Vitória: DCM/Incaper, 2011. p. 1-2.

MUTISYA, J. et al. Diurnal oscillation of SBE expression in sorghum endosperm. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 166, n.xx, p. 428- 434, mar., 2009.

NAKAYAMA, F. T.; PINHEIRO, G. A. S.; ZERBINI, E. F. Eficiência do Fertilizante Organomineral na Produtividade do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Sistema de Semeadura Direta. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v.9, n.7, 2013.

NARDIN, R. R. **Torta de filtro aplicada em Argissolo e seus efeitos agronômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas.** 2007, 39 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical, Tecnologia de Produção Agrícola) – Instituto Agronômico de Campinas, Campus de Campinas, Campinas-SP, 2007.

NEUMANN, M., et al. Produção de Forragem e Custo de Produção da Pastagem de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L.) Fertilizado com Dois Tipos de Adubo, Sob Pastejo Contínuo. **R. bras. Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 215-220, abr/jun., 2005.

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

OLIVEIRA, R. H de. **Efeito residual da adubação NPK sobre acultura do milho pipoca (*Zea Mays everta*) em condições de campo.** 1999. 61f. Dissertação (Mestrado em Manejo de solo e água)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1999.

PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar:** cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

PARENT, H. N. et al. Produtividade do sorgo forrageiro em função de quantidades crescentes de adubação fosfatada e nitrogenada. **Revista Trópica: ciências agrárias e biológicas**. v. 08. n. 01. p. 01-10, 2014.

PARENT, L. E.; KHIARI, L.; PELLERIN, A. The P fertilization of potato: increasing agronomic efficiency and decreasing environmental risk. **Acta Horticulturae**. Leuven, v. 627, p.35-41, out., 2003.

PENATTI, C.P; DONZELLI, J.L. Uso da torta de filtro em cana-de-açúcar. **Centro de Tecnologia Copersucar**, Piracicaba, v.1, n.1, p. 1-7, 1991.

PEREIRA, J. R. et al. Adubação orgânica com torta de filtro de cana-de-açúcar no algodoeiro semiperene BRS 200 no cariri cearense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2005. p.1-5.

PETRONI, S. L. G.; PIRES, M. A. F. Adsorção de Zinco e Cádmio em colunas de turfa. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.4, p.477-481, 2000.

PINTO, P. A. C. **Sedimentos orgânicos utilizados como fertilizantes na agricultura.** Universidade do Estado da Bahia. Juazeiro: Departamento de tecnologia e ciências sociais. 7p. 2003. Disponível em: [http://www.augustocoimbra.xpg.com.br/sedium\\_org.pdf](http://www.augustocoimbra.xpg.com.br/sedium_org.pdf). Acesso em 12 dez. 2015.

RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 576-586, mar/abr., 2008.

RIBAS, P. M. Importância econômica. In: **Cultivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2. 2007. <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/importancia.htm>. Acesso em: 23 out. 2015.

RIBEIRO, D. O. et al. Comparação de adubação química com cama de frango na cultura da soja (*Glycine max*) em Latossolo vermelho amarelo distrófico no sudeste goiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, n. 5, 2009. Goiânia. **Anais...**, Londrina: Embrapa Soja, 2009.

RODRIGUES, E. T. Resposta de cultivares de alface ao composto orgânico. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 12, n.2, p. 260-262, 1994.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Adubação: resíduos alternativos**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. 2007. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_39\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html)>. Acesso em: 15 nov. 2015.

ROYO, J. **Fertilizante proveniente da mistura de composto orgânico e fontes minerais mantém a mesma produtividade dos adubos comerciais**. 2010. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21891;secao=Agrotemas#null>>. Acesso em: 22 dez. 2015.

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 organomineral**. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu-SP. 2012.

SANTOS, D.H. et al. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.4, p.454-461, out./dez., 2010.

SANTOS, V. M., et al. Uso de Bioestimulantes no Crescimento de Plantas de *Zea mays L.* **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n.3, p. 307-318, 2013.

SEVERINO, L. S. et al. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 5. n. 1., jan., 2004.

SILVA, A. J. **Efeito residual das adubações orgânica e mineral na cultura do gergelim (*Sesamum indicum*, l) em segundo ano de cultivo**. 2006. 48f. Dissertação (Mestrado em Manejo de solo e água)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4,n.1,p71-78,2002.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 6. p.275-374.

SINGH, R. P.; AGARWAL, M. M. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. **Waste Management**. Amsterdam, v. 28, p.347–358, fev., 2008.

SOUSA et al. Produção de biomassa na parte aérea da erva cidreira (Meliss SSP.) em função de doses de esterco bovino, humos de minhoca, composto orgânico e NPK em casa de vegetação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Campina grande, v.3, n.2 , jul., 2003.

SPADOTTO, C. A., RIBEIRO, W. C. (Eds.). **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. Botucatu: FEPAF, 2006. 319 p.

SPARKS, D.L. Environmental soil chemistry, chapter 3. **Academic Press**. San Diego, p.267. 1995.

SPSS. User's guide: **Statistics. SPSS Inc Version 11.5**. Headquarters. Chicago. IL. 2002. 1 CD.

STEVENSON, F. J. **Húmus Chemistry**: genesis, composition and reaction. New York: John Wiley; 1994, p214. 496p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre : Artmed, 2004. p.693. (Trad. SANTARÉM E.R. et al.).

TEJADA, M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. Effects of Application of two Organomineral Fertilizers on Nutrient Leaching Losses and Wheat Crop. **Agronomy Journal**. Madison, v.97, p.960-967, 2005.

TIRITAN, C. S. et al. Produção de matéria seca de milho em função da adubação fosfatada mineral e organomineral. **Colloquim Agrariae**, v.6. n. 1. p. 01-07, jan-jul., 2010.

VEZZANI, F. M. et al. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G. D. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 483-494.

VITTI, G. C.; OLIVEIRA, D. B. de; QUINTINO, T. A. Micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 121-138.