

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis**

**Michelle Nunes Barcelos**

**FONTES ORGÂNICAS NA COMPOSIÇÃO DE FERTILIZANTES  
ORGANOMINERAIS PELETIZADOS PARA A CULTURA DO SORGO**

**Uberlândia-MG**

**2019**

**Michelle Nunes Barcelos**

**FONTES ORGÂNICAS NA COMPOSIÇÃO DE FERTILIZANTES  
ORGANOMINERAIS PELETIZADOS PARA A CULTURA DO SORGO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo  
Coorientador (a): Prof. Dr. Regina Maria Quintão Lana  
Prof. Dr. Uirá do Amaral

**Uberlândia-MG**  
**2019**



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCOMBUSTÍVEIS**



**Ata da defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO junto ao Programa de Pós-Graduação em  
 Biocombustíveis, do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia  
 DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO, NÚMERO 025/PPBIC.**

**DATA:** 15/01/2019

**DISCENTE:** Michelle Nunes Barcelos

**MATRÍCULA:** 11722PGB009

**TÍTULO DO TRABALHO:** "Fontes orgânicas na composição de fertilizantes organominerais para a cultura do sorgo."

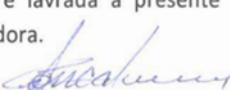
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:** Biocombustíveis

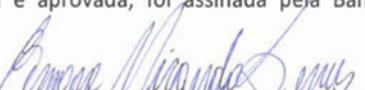
**LINHA DE PESQUISA:** Produtos e coprodutos.

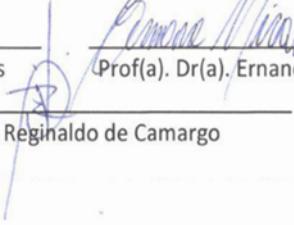
**PROJETO DE PESQUISA DE VINCULAÇÃO:**

Às nove horas do dia quinze de janeiro de dois mil e dezenove, no(a) Auditório Prof. Dr. Manuel Gonzalo Hernández-Terrones, piso superior do Bloco 5I no Campus Santa Mônica, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos Professores Doutores Carlos André Gonçalves, da(o) Instituto Luterano de Ensino Superior, e Ernane Miranda Lemes, do(a) Universidade Federal de Uberlândia, e Reginaldo de Camargo, professor(a) orientador(a) e presidente da mesa. Iniciando os trabalhos, o(a) presidente da mesa apresentou o(a) candidato(a) e a Banca Examinadora, agradeceu a presença do público e discorreu sobre as normas e critérios para a realização desta sessão, baseadas no Regulamento do Programa PPBIC. Em seguida, o(a) presidente da mesa concedeu a palavra ao(a) candidato(a) para a exposição do seu trabalho e, em sequência, aos examinadores, em ordem sucessiva, para arguir o(a) apresentador(a). A duração da apresentação e o tempo de arguição e resposta deram-se conforme as normas do Programa. Ultimada a arguição, desenvolvida dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais e Aprovou o(a) candidato(a). Por sugestão da Banca Examinadora, o título do trabalho será fontes orgânicas na composição de fertilizantes organominerais para a cultura do sorgo

Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento do estabelecido nas normas do Programa, legislação e regulamentação internas da UFU. As correções observadas pelos examinadores deverão ser realizadas no prazo máximo de 30 dias. Nada mais havendo a tratar, deu-se por encerrada a sessão às 12 horas e 00 minutos e lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pela Banca Examinadora.

  
 Prof(a). Dr(a). Carlos André Gonçalves

  
 Prof(a). Dr(a). Ernane Miranda Lemes

  
 Prof(a). Dr(a). Reginaldo de Camargo

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

B242f  
2018

Barcelos, Michelle Nunes, 1988-

Fontes orgânicas na composição de fertilizantes organominerais  
pelaletizados para a cultura do sorgo [recurso eletrônico] / Michelle Nunes  
Barcelos. - 2018.

Orientador: Reginaldo de Camargo.  
Coorientadores: Regina Maria Quintão Lana e Uirá do Amaral.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.326>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Biocombustíveis. 2. Fertilizantes orgânicos. 3. Resíduos  
industriais. 4. Plantas - Nutrição. I. Camargo, Reginaldo de, 1972-  
(Orient.). II. Lana, Regina Maria Quintão, 1958- (Coorient.). III. Amaral,  
Uirá do, 1987- (Coorient.). IV. Universidade Federal de Uberlândia.  
Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis. V. Título.

CDU: 662.756

Maria Salete de Freitas Pinheiro - CRB6/1262

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu tio Márcio Oliveira Barcelos (*in memorian*), pela sabedoria e excelência em sua profissão (agrônomo do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária)!

Aos meus pais, Mário Barcelos e Célia Maria Borges Nunes Barcelos, por todo o apoio!

À minha irmã gêmea Marielle Nunes Barcelos, pelo companheirismo!

À minha sobrinha Marcela Caetano Barcelos Andrade, pela compreensão!

À minha vovó paterna, Iracema Oliveira Barcelos, pela motivação e bons conselhos!

À minha tia, Márcia Helena Barcelos, pelo exemplo e amizade!

Aos familiares e amigos pelo apoio!

Minha eterna gratidão!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus pela oportunidade de prosperar em meus estudos através da fé e perseverança;

Ao professor Dr. Reginaldo de Camargo por ter me orientado e escolhido um tema tão relevante na pesquisa acadêmica;

À professora Dr. Regina Maria Quintão Lana, por ter sido minha coorientadora, pelo auxílio no esboço do pré-projeto e nas análises químicas de solo no Laboratório de Análises de Solos e Calcários do Instituto de Ciências Agrárias da UFU;

Ao professor e coorientador Dr. Uirá do Amaral por todo o acompanhamento na parte prática do projeto, disponibilidade da área experimental no IFTM de Campina Verde-MG, envolvimento dos alunos do curso Técnico em Agropecuária de modo a contribuir e agregar conhecimento;

Aos professores da UNESP de Ilha Solteira-SP, Dr. Leandro Coelho de Araujo, Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho e Dr. Thiago Assis Rodrigues Nogueira, pelas análises de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Biologia e Zootecnia da FEIS/UNESP e por todo auxílio oferecido;

Ao Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis: coordenação, colegiado e secretaria, pelo suporte e serviços prestados;

Ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro de Campina Verde e aos alunos pelo importante suporte na pesquisa a campo;

Ao Armando Falcão de Mendonça, pela parceria com o fornecimento de sementes;

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, minha sincera gratidão.

Muito obrigada!

Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas.  
Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas  
sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o céu, enquanto que  
as cheias as baixam para a terra, sua mãe.

Leonardo da Vinci

## RESUMO

Os fertilizantes organominerais são uma oportunidade de inovação tecnológica, pois permitem o aproveitamento correto de resíduos de diversos setores agroindustriais, que é um problema global, para agregar valor ao subproduto gerado, como priorizado na logística reversa. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes de matéria orgânica sobre a composição de fertilizantes organominerais peletizados em relação ao uso exclusivo de fertilizantes minerais no cultivo de sorgo granífero, e ainda, verificar os benefícios desse adubo no desempenho da cultura para destiná-la à produção de biocombustível. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, localizada no município de Campina Verde, Estado de Minas Gerais, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições no esquema fatorial  $3 \times 2 + 2$ , correspondendo a três níveis de adubação com fertilizante organomineral peletizado (70, 100 e 160% com base na dose recomendada de fósforo) e duas fontes de matéria orgânica na composição de fertilizantes organominerais (lodo de esgoto e torta de filtro), além de dois tratamentos adicionais (sem adubação e com adubação exclusivamente mineral). As avaliações foram: altura de plantas, número de folhas e diâmetro do caule aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS); altura total de planta; massa seca da parte aérea por planta e por hectare aos 90 DAS; digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica aos 90 DAS; a relação da área foliar por folha e área foliar por planta aos 90 DAS. As variáveis altura de plantas aos 30, 60 e 90 DAS e altura total de plantas, obtiveram efeito significativo entre os níveis de fertilizantes organominerais e entre os tratamentos adicionais. Apenas a altura aos 90 DAS e a altura total de plantas apresentou efeito significativo entre as fontes orgânicas. Houve interação entre os níveis de adubação com fertilizantes organominerais e as fontes orgânicas para altura de plantas aos 60 e 90 DAS, e para a altura total de plantas. A altura de plantas aos 30, 60 e 90 DAS, altura total de plantas e digestibilidade *in vitro* apresentaram efeito quadrática para torta de filtro e lodo de esgoto. Lodo de esgoto e torta de filtro, usados como fonte orgânica para produção de fertilizante organomineral pode ser uma grande estratégia econômica e ambiental para os agricultores e a agroindústria, e para substituição à adubação exclusivamente mineral.

**Palavras-chave:** Poaceae. Biocombustível. Fertilizantes orgânicos. Nutrição de plantas. Resíduos urbanos.

## ABSTRACT

Organo-mineral fertilizers are an opportunity for technological innovation, since they allow the correct use of waste from several agroindustrial sectors, which is a global problem, to add value to the by-product generated, as prioritized in reverse logistics. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effect of organic matter sources on the composition of organo-mineral fertilizers pelleted in relation to the exclusive use of mineral fertilizers in the cultivation of sorghum, and to verify the benefits of this fertilizer in the performance of the crop for the production of biofuel. The experiment was conducted at the Experimental Farm of the Federal Institute of the Triângulo Mineiro, located in the city of Campina Verde, State of Minas Gerais, Brazil. The experimental design was a randomized block design with four replicates in the factorial scheme  $3 \times 2 + 2$ , corresponding to three levels of fertilization with pelleted organo-mineral fertilizer (70, 100 and 160% based on the recommended dose of phosphorus) and two sources of organic matter in the composition of organo-mineral fertilizers (sewage sludge and filter cake), as well as two additional treatments (without fertilization and exclusively mineral fertilization). The evaluations were: plant height, leaf number and stem diameter at 30, 60 and 90 days after sowing (DAS); total plant height; dry mass of aerial part per plant and per hectare at 90 DAS; *in vitro* digestibility of organic matter at 90 DAS; the relationship of leaf area per leaf and leaf area per plant at 90 DAS. The plant height variables at 30, 60 and 90 DAS and total plant height had a significant effect between levels of organo-mineral fertilizers and among the additional treatments. Only height at 90 DAS and total plant height had a significant effect among organic sources. There was interaction between levels of fertilization with organo-mineral fertilizers and organic sources for plant height at 60 and 90 DAS, and for the total height of plants. Plant height at 30, 60 and 90 DAS, total plant height and *in vitro* digestibility showed quadratic effect for filter cake and sewage sludge. Sewage sludge and filter cake, used as an organic source for organo-mineral fertilizer production can be a great economic and environmental strategy for farmers and agribusiness, and for substitution to exclusively mineral fertilization.

**Key words:** Poaceae. Biofuel. Organic fertilizers. Plant nutrition. Urban waste.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Descrição morfológica do sorgo granífero.....	15
Figura 2 - Representação da fabricação de fertilizante organomineral peletizado.....	17
Figura 3 - Representação da composição dos custos para a produção de fertilizantes no Brasil.....	18
Figura 4 - Fertilizantes entregues ao mercado, produção nacional de fertilizantes intermediários, importação de fertilizantes intermediários, principais exportações de fertilizantes e formulações NPK nos anos de 2015 a 2018, no mercado brasileiro.....	19
Figura 5 - Cadeia produtiva dos fertilizantes.....	20
Figura 6 - Produção de fertilizante e cogeração de energia por meio de biodigestor.....	25
Figura 7 – Principais produtos da pirólise e seu fluxograma.....	26
Figura 8 - Área experimental, Instituto Federal do Triângulo Mineiro, campus avançado de Campina Verde, Minas Gerais, Brasil.....	28
Figura 9 - Dessecamento da cobertura verde.....	29
Figura 10 - Marcação das parcelas sorteadas (a) e dos sulcos para adubação e semeadura (b).....	31
Figura 11 - Adubação (a), sobreposição de camada do solo sobre o adubo (b) e semeadura manual (c).....	32
Figura 12 – Desbaste de plântulas de sorgo.....	32
Figura 13 - Adubação nitrogenada em cobertura.....	33
Figura 14 - Controle manual de plantas daninhas.....	35
Figura 15 - Monitoramento de pragas.....	36
Figura 16 - Altura de planta aos 30 dias após a semeadura do sorgo em função das fontes e níveis de adubação organomineral.....	44
Figura 17 - Altura de planta aos 60 dias após a semeadura do sorgo em função das fontes e níveis de adubação organomineral.....	45
Figura 18 - Altura de planta aos 90 dias após a semeadura do sorgo em função das fontes e níveis de adubação organomineral.....	45
Figura 19 - Altura total de plantas de sorgo em função das fontes e níveis de adubação organomineral.....	46

Figura 20 – Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica de sorgo em função das fontes e níveis de adubação organomineral.....47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais de acordo com a matéria-prima utilizadas na sua produção.....	23
Tabela 2 - Atributos químicos do lodo de esgoto.....	26
Tabela 3 - Atributos químicos da torta de filtro.....	27
Tabela 4 - Propriedades químicas do solo na área experimental.....	30
Tabela 5 - Características químicas de fertilizantes organominerais compostos por lodo de esgoto e torta de filtro.....	31
Tabela 6 - Níveis de fertilizante avaliados para adubação da cultura do sorgo.....	34
Tabela 7 - Altura de plantas aos dias após a semeadura (AP30DAS), (AP60DAS) e (AP90DAS) e altura total de plantas (ATP) do sorgo submetido a diferentes níveis de fertilizante organomineral em relação à fonte de matéria orgânica, à adubação mineral e ausência de adubação, e efeito da interação entre os níveis de fertilizante organomineral (NFO) e matéria orgânica (MO).....	38
Tabela 8 – Número de folhas aos dias após a semeadura (NF30DAS), (NF60DAS) e (NF90DAS) e Diâmetro de colmo aos dias após a semeadura (DC30DAS), (DC60DAS) e (DC90DAS) do sorgo submetido a diferentes níveis de fertilizante organomineral em relação à fonte de matéria orgânica, à adubação mineral e ausência de adubação, e efeito da interação entre os níveis de fertilizante organomineral (NFO) e entre as fontes matéria orgânica (FMO).....	39
Tabela 9 - Área foliar por folha (AFPF) e por planta (AFPP) aos 90 DAS; massa seca por planta (MSPP) e massa seca por hectare (MSPH) aos 90 DAS; digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) aos 90 DAS do sorgo submetido a diferentes níveis de fertilizante organomineral em relação à fonte de matéria orgânica, à adubação mineral e ausência de adubação, e efeito da interação entre os níveis de fertilizante organomineral (NFO) e entre as fontes de matéria orgânica (FMO).....	40
Tabela 10 - Desdobramento da interação entre os níveis de fertilizante organomineral e a fonte de matéria orgânica em relação à altura de plantas (cm) aos 60 DAS para o lodo de esgoto (APLE) e torta de filtro (APTF) em sorgo.....	42

Tabela 11 - Desdobramento da interação entre os níveis de fertilizante organomineral e a fonte de matéria orgânica em relação à altura de plantas (cm) aos 90 DAS para o lodo de esgoto (APLE) e torta de filtro (APTF) em sorgo.....	42
Tabela 12 - Desdobramento da interação entre os níveis de fertilizante organomineral e fonte de matéria orgânica em relação à altura total de plantas (cm) para o lodo de esgoto (ATPLE) e torta de filtro (ATPTF) em sorgo.....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

K – Potássio;  
Ca – Cálcio;  
Mg – Magnésio;  
C – Carbono;  
H – Hidrogênio;  
O – Oxigênio;  
N – Nitrogênio;  
P – Fósforo;  
S – Enxofre;  
Fe – Ferro;  
Mn – Manganês;  
Zn – Zinco;  
Cu – Cobre;  
Mo – Molibdênio;  
Co – Cobalto;  
Ni – Níquel;  
B – Boro;  
Cl – Cloro;  
Se – Selênio;  
NPK – Nitrogênio, Fósforo, Potássio;  
DAS – Dias Após a Semeadura;  
AF – Área Foliar;  
UGL - Unidade de Gerenciamento de Lodo;  
COT - Carbono Orgânico Total;  
C/N – Relação Carbono Nitrogênio;  
SB - Soma de Bases;  
CTC<sub>total</sub> - Capacidade de Troca de Cátions;  
SB - Saturação de Base;  
m - Saturação de Alumínio;  
MO - Matéria Orgânica.  
AP – Altura de plantas;

ATP – Altura Total de Plantas;

NFO - Níveis de fertilizante organomineral;

FMO - Fonte de Matéria orgânica;

NF – Número de Folhas;

DC – Diâmetro de colmo;

AFPF - Área Foliar por Folha;

MSPP - Massa Seca por Planta;

MSPH - Massa Seca por Hectare;

DIVMO - Digestibilidade *in vitro* da Matéria Orgânica;

APLE - Altura de Plantas para o Lodo de Esgoto;

APTF - Altura de Plantas para a Torta de Filtro;

ATPLE – Altura Total de Plantas para o Lodo de Esgoto;

ATPLE – Altura Total de Plantas para a Torta de Filtro;

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	16
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	19
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	19
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	19
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	20
<b>3.1 Mercado de fertilizantes e a indústria química .....</b>	20
<b>3.2 Legislação brasileira .....</b>	23
<b>3.2.1 Classificação dos fertilizantes.....</b>	23
<b>3.2.2 Classificação dos resíduos orgânicos e seus usos .....</b>	26
<b>3.3 Materiais orgânicos para a produção de fertilizantes e cogeração de energia .....</b>	27
<b>3.4 Lodo de esgoto .....</b>	29
<b>3.5 Torta de Filtro .....</b>	30
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	31
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	41
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	52
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	53
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	54
<b>APÊNDICE A – ACEITE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO CIENTÍFICO .....</b>	60
<b>APÊNDICE B – VERSÃO DA PUBLICAÇÃO DO ARTIGO .....</b>	61
<b>ANEXO I.....</b>	71

## 1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma planta nativa da região noroeste da África, com clima tropical e de dia curto, pertence ao grupo de gramíneas (C4), tem sido cultivado em uma ampla faixa de latitude. É tolerante a altas temperaturas e deficiência hídrica, devido às suas características foliares de plantas xerófitas e mecanismo morfológico eficiente (ANDRADE-NETO et al., 2010), o que o torna cultivável no verão.

Esse cereal, apesar de ser amplamente empregado na alimentação animal na maioria dos países, tem papel fundamental na produção de alimento humano em áreas prejudicadas pela seca, possibilitado por sua qualidade nutricional e fonte potencial de nutracêuticos (QUEIROZ et al., 2009).

Segundo dados levantados pela Conab (2018/19), no comparativo de área, produtividade e produção de sorgo, na safra de grãos de 2017/18, a produção nacional de sorgo alcançou 2.135,8 mil toneladas. A área cultivada com sorgo na safra 2017/18 foi de 782,2 mil hectares, com 295,1 mil hectares na região Centro-Oeste, sendo o Estado de Goiás o de maior destaque com 229,2 mil hectares. A produtividade média de sorgo no Brasil foi de 2.731 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a região Sudeste o local com maior média, 3.436 kg ha<sup>-1</sup>, onde o Estado de Minas Gerais alcançou 3.483 kg ha<sup>-1</sup> e de São Paulo 2.470 kg ha<sup>-1</sup>.

O sorgo é uma alternativa mais promissora na cogeração de energia elétrica, em substituição aos capins e ao eucalipto por ter um custo operacional inferior, ciclo produtivo rápido e poder calorífico superior (RESENDE et al., 2013), demonstrando ser uma matéria-prima com eficiência satisfatória para a produção de bioetanol, o que torna vantajoso para reduzir o período de entressafra da cana de açúcar (MASSON et al., 2015). E tem demonstrado ser uma cultura importante na produção de etanol de segunda geração, já que tem menor quantidade de lignina, em relação à cana de açúcar (COSTA, 2016).

Compostos orgânicos, quando disponíveis, podem promover a qualidade do solo e a eficiência na produção de plantas, pois influenciam em seus atributos químicos, físicos e biológicos. Os resíduos orgânicos, tanto de origem animal quanto de vegetal que ambos são os mais usuais, tem composição muito variada, e podem disponibilizar rapidamente alguns nutrientes como fósforo e potássio, e outros como o nitrogênio depende da degradação dos compostos (FINATTO et al., 2013).

Práticas agrícolas tradicionais para produzir fertilizantes, a partir de misturas artesanais, foram melhoradas com a adição de NPK (CRUZ et al., 2017). Isso trouxe um insumo

agrícola inovador para a produção de fertilizantes organominerais, que permitem uma maior utilização de nutrientes disponíveis do que os fertilizantes convencionais.

Outros benefícios potenciais da matéria orgânica adicionada ao fertilizante é o controle de fitopatógenos do solo. Tomazeli et al. (2011) observaram que o incremento da atividade microbiana de agentes decompositores, promove uma redução do número das estruturas de sobrevivência dos patógenos e isto minimiza os sintomas de doenças em plantas causadas pelo fungo *Sclerotium rolfsii*. Estudos demonstraram que o lodo de esgoto aplicado ao solo melhorou a emergência de plântulas e diminuiu a severidade da *Erysiphe diffusa* (ARAÚJO & BETTIOL, 2009).

Fertilizantes organominerais são produzidos pela associação de matéria orgânica e mineral de forma balanceada, podendo ser encontrados comercialmente com fonte diversificada de matéria-prima orgânica. O composto deve possuir pelo menos 8% de carbono orgânico total, sendo os fertilizantes organominerais quando sólidos o mínimo será de 8% e quando fluidos será de 6%; CTC de 80 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; quanto ao uso de macronutrientes e micronutrientes, a quantidade de 10% para macronutrientes primários isolados (N, P, K) ou em misturas (NP, PK, NPK ou NK), 5% de macronutrientes secundários isolados ou em misturas destes, 4% de micronutrientes isolados ou em misturas destes (MAPA, 2009).

Trani et al. (2013) destacam a importância dos fertilizantes organominerais no cultivo de hortaliças e frutíferas, sendo um produto que tem ganhado espaço no mercado nacional, podendo ainda ser obtido de fabricantes e distribuidores do ramo ou produzido na propriedade agrícola. Além disso, a utilização dos organominerais reduz custos de produção, transporte e de aplicação em relação aos adubos orgânicos.

O lodo de esgoto quando misturado a fertilizantes minerais, transforma-se em uma fonte de adubação para as culturas agrícolas, traz vantagens agronômicas com a aplicação no solo de forma adequada e segura (KOMINKO et al., 2017), pode reduzir os custos de seu descarte diante do constante aumento da geração de resíduos sólidos aliado aos padrões de estímulo ao consumo (CAMPOS, 2012).

Além disso, há vários problemas causados pelo manejo inadequado de resíduos sólidos das atividades urbanas, agrícolas e industriais sobre o meio ambiente, resultando em sérios prejuízos econômicos e sociais, como no aspecto de dispendiosos gastos com medidas preventivas e tratamento de saúde (SCHMIDT- FILHO et al., 2016).

A gestão de resíduos sólidos, especialmente os orgânicos, é essencial para minimizar os efeitos ambientais relacionados ao seu descarte, por isso, a reutilização ou a

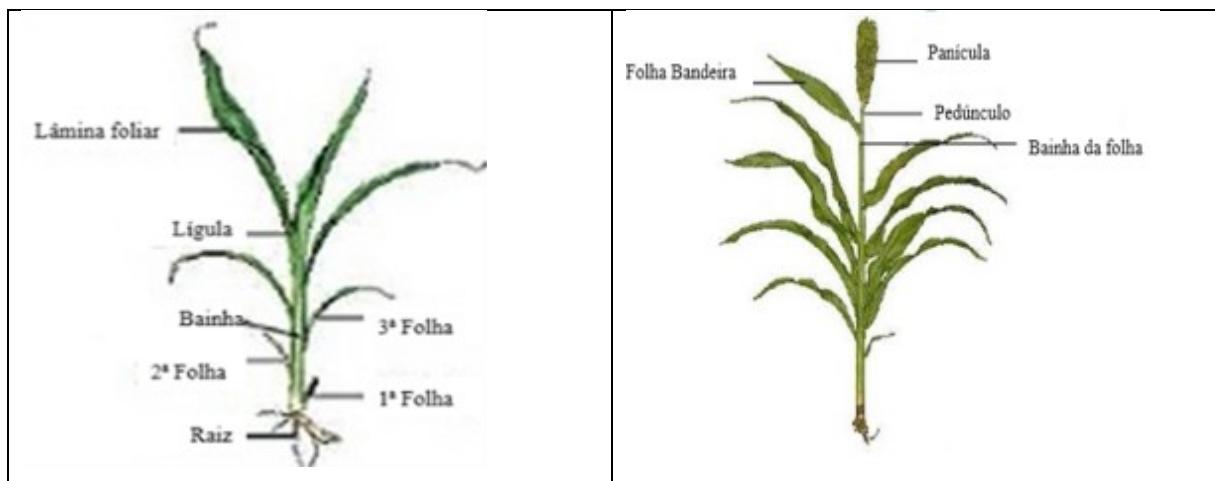
reciclagem visa a não produção de rejeitos, mas sim, de novos insumos como uma ferramenta da logística de fluxos de retorno, oriundos de seu ciclo ou de outros ciclos produtivos (MARCHI, 2011).

Essa evolução no setor de fertilizantes com base na logística reversa tornou as empresas mais competitivas, com o uso estratégico de seus produtos pós-consumo, retorno financeiro e adequada gestão ambiental (TELES et al., 2016).

Também, o uso de subprodutos orgânicos permite o desenvolvimento sustentável, reduzindo a quantidade de resíduos armazenados, garante a reciclagem de nutrientes e matéria orgânica para o solo e melhora o uso de recursos naturais, desde que atenda aos requisitos mínimos de qualidade no seu processamento (KOMINKO et al., 2018).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o reaproveitamento de resíduos orgânicos à base de torta de filtro e lodo de esgoto, previamente transformados em fertilizante organomineral peletizado, no cultivo de sorgo granífero (Figura 1); e verificar o potencial deste adubo no desempenho da cultura agrícola, para ser utilizada como matéria-prima alternativa na entressafra de cana de açúcar com finalidade na produção de biocombustível.

Figura 1 - Descrição morfológica do sorgo granífero.



Fonte: CARRASCO, 2011.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Determinar a eficiência de fontes orgânicas para a produção de fertilizantes organominerais peletizados na cultura do sorgo.

### 2.2 Objetivos Específicos

Avaliar variáveis de produção agronômica do sorgo cultivado com fertilizantes organominerais peletizados, formulados a partir de diferentes fontes orgânicas, sendo o lodo de esgoto e a torta de filtro.

Verificar a resposta de níveis de adubação no crescimento do sorgo granífero quanto ao manejo nutricional das plantas, por meio do uso de fertilizante organomineral peletizado.

Avaliar o desempenho do uso ou reaproveitamento de resíduos sólidos orgânicos na agricultura, especialmente à base de torta de filtro e de lodo de esgoto, para produzir fertilizantes organominerais peletizados, comparando-se os efeitos entre as duas fontes orgânicas e o uso exclusivo de adubação mineral no sorgo granífero.

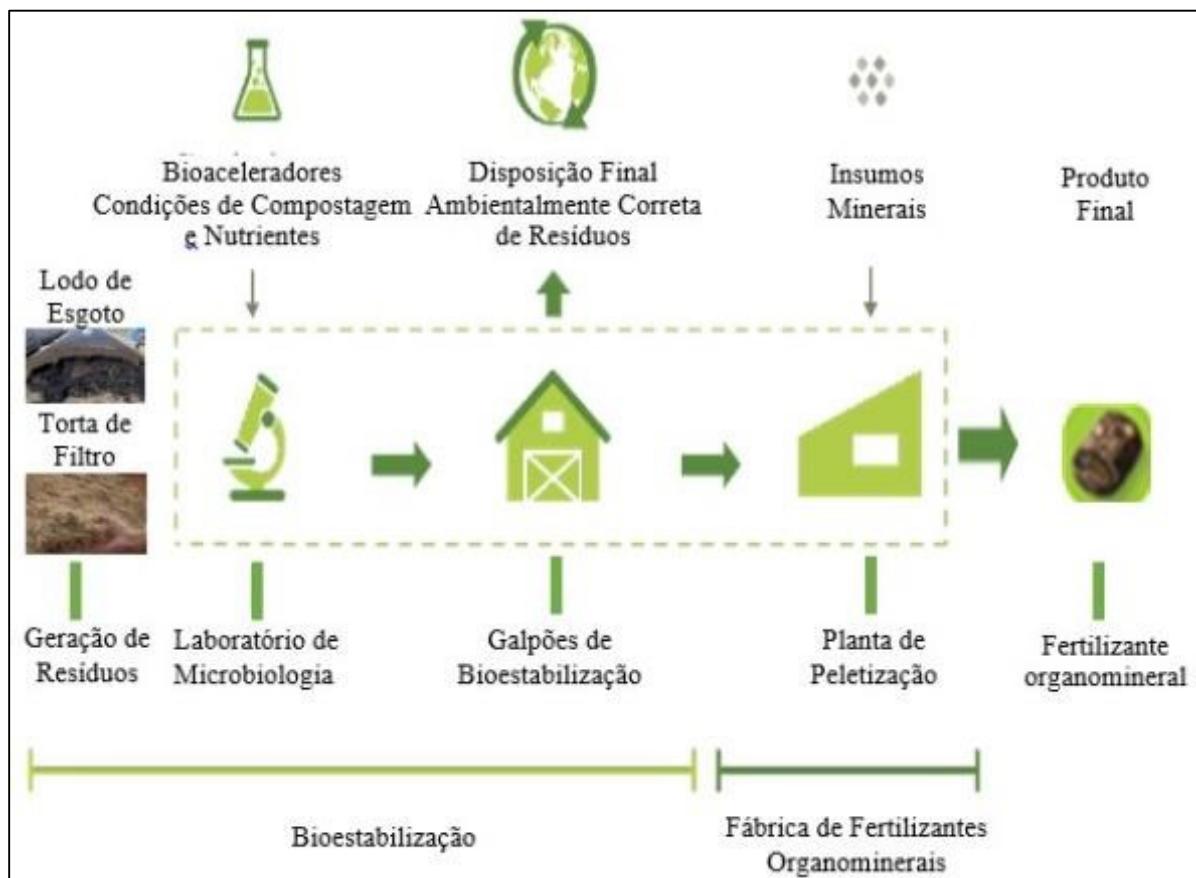
Demonstrar a viabilidade no plantio de sorgo e uso de fertilizantes organominerais em época de déficit hídrico, tanto para a produção de alimento quanto para a produção de biomassa voltada para a cogeração de energia.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Mercado de fertilizantes e a indústria química

A produção de fertilizante organomineral peletizado (Figura 2) pode utilizar fontes orgânicas como o lodo de esgoto e a torta de filtro, ou qualquer outro resíduo orgânico proveniente de atividades industriais e agrícolas, que não apresentem limitações químicas ou microbiológicas para esta finalidade.

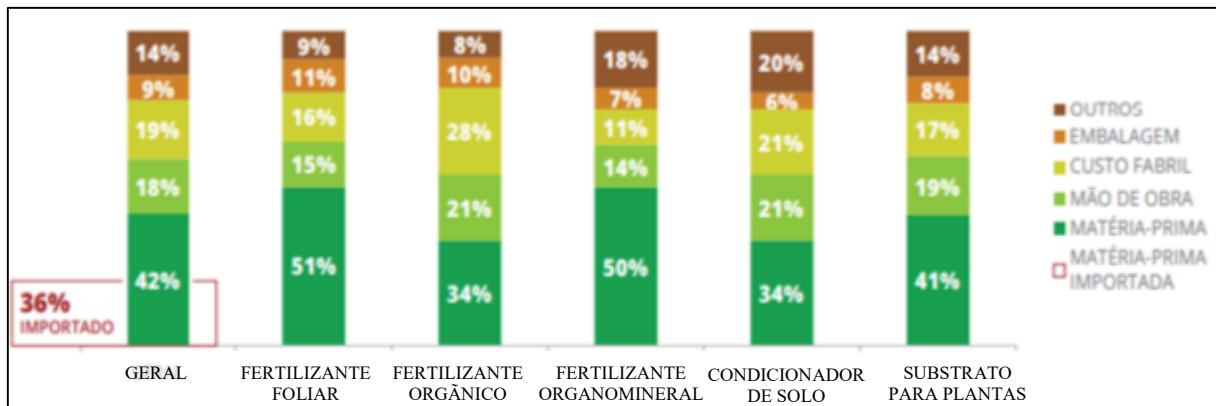
Figura 2 - Representação da produção de fertilizante organomineral peletizado.



Fonte: Geociclo, 2018. Adaptado.

A produção de fertilizante organomineral no Brasil (Figura 3) apresenta menor custo fabril e de mão de obra em relação a outros produtos como o fertilizante mineral, foliar e orgânico, condicionador de solo e substrato para plantas. Além disso, não é totalmente dependente de matéria-prima importada como os adubos exclusivamente minerais.

Figura 3 - Representação da composição dos custos para a produção de fertilizantes no Brasil.



Fonte: ABISOLO, 2018.

Os fertilizantes organominerais são mais consumidos nos estados de Minas Gerais e São Paulo, e as culturas que mais se destacam na aplicação destes produtos são a cana de açúcar e a soja (ABISOLO, 2018).

A produção de fertilizantes no Brasil, nos últimos anos, ainda tem alguns entraves como a carência por matéria-prima e fertilizantes básicos e intermediários, apesar do destaque na produção de produtos finais misturados, nesse setor da economia (ABISOLO, 2018).

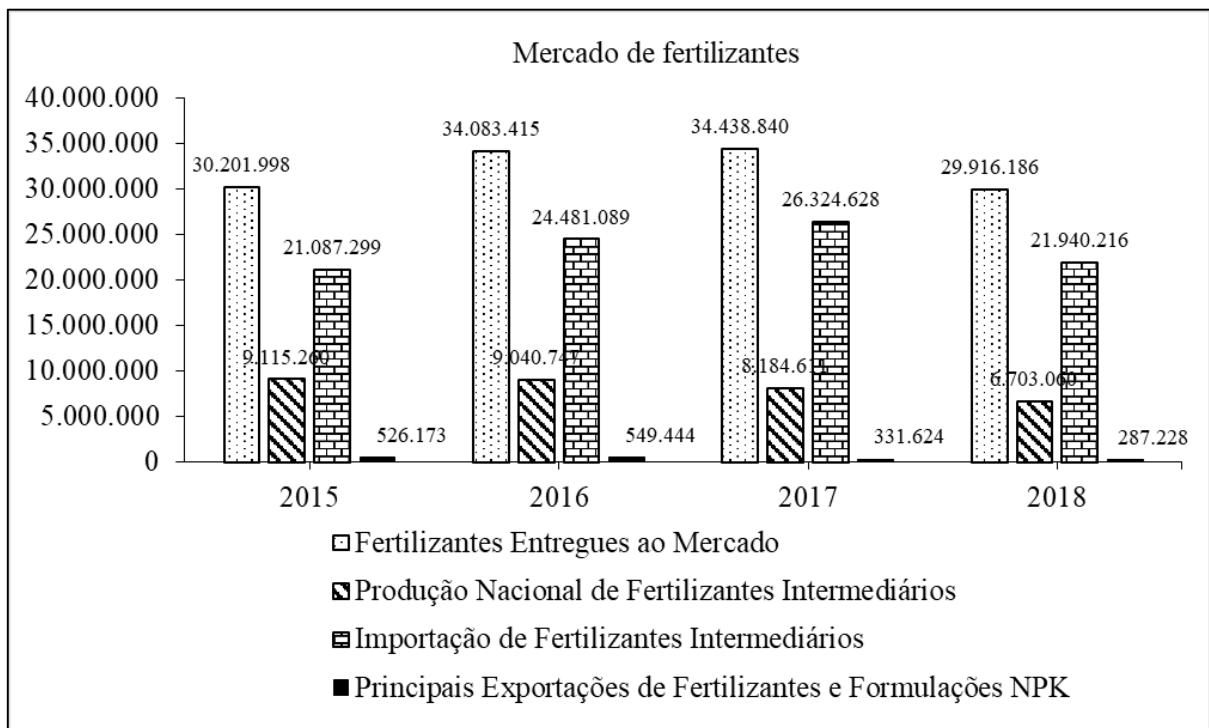
O segmento dos intermediários de fertilizantes, do grupo dos inorgânicos, principalmente o cloreto de potássio, é o responsável pela necessidade de maior importação e da elevação na estrutura de déficit na economia da indústria química (DIAS & FERNANDES, 2006).

A matéria orgânica apresenta pouca quantidade de NPK e sua aplicação na forma de fertilizante organomineral, quando misturado às fontes minerais, pode melhorar sua qualidade quanto ao teor de nutrientes (ULSENHEIMER et al., 2016). Assim, os fertilizantes oriundos da mistura de matéria orgânica e adubo mineral, permite a redução de custos.

O mercado de fertilizantes no Brasil (Figura 4) entre os anos de 2015 e 2018 apresentou uma demanda crescente, mas ainda mostra a dependência do país à importação de fertilizantes para atender à demanda, principalmente dos intermediários.

Ainda são necessárias políticas públicas brasileiras para o incentivo da produção de fertilizantes no Brasil, o que deixa a desejar quando observada a dificuldade encontrada pelos fabricantes, o que aumenta os custos de produção. Os adubos são definidos no agronegócio como sendo de custo variável, ou seja, são os custos que variam proporcionalmente ao volume de produção ou área de plantio (RIBEIRO, 2004).

Figura 4 - Fertilizantes entregues ao mercado, produção nacional de fertilizantes intermediários, importação de fertilizantes intermediários, principais exportações de fertilizantes e formulações NPK nos anos de 2015 a 2018, no mercado brasileiro.



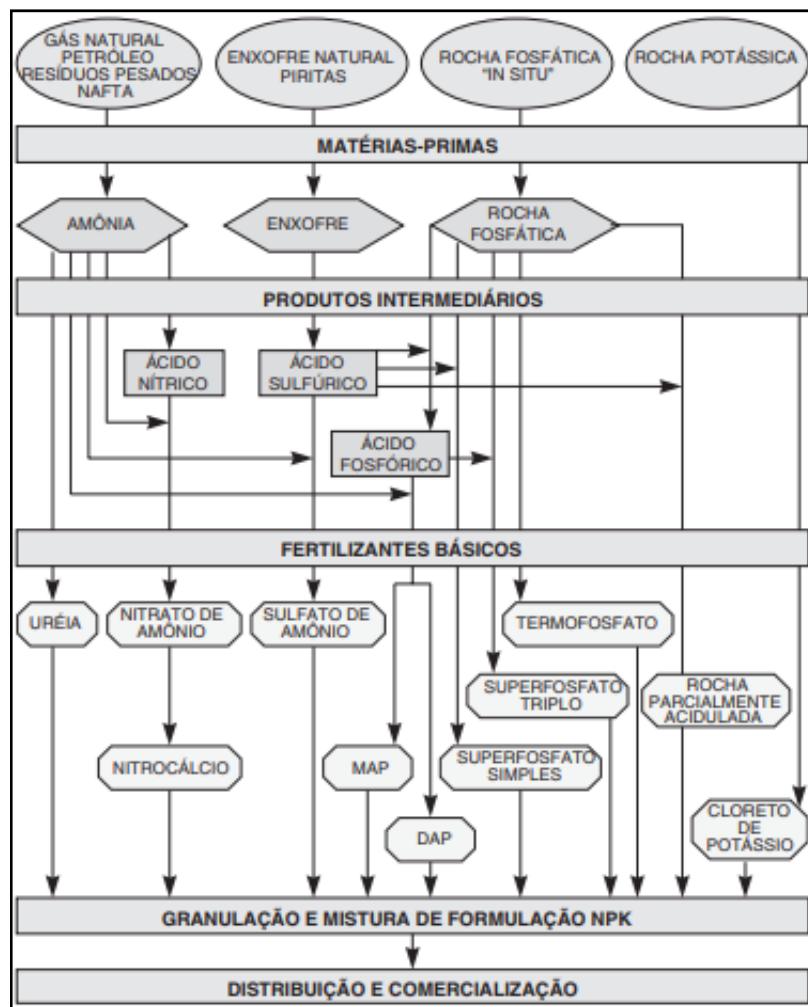
Fonte: ANDA, 2018. Adaptado.

O segmento de fertilizantes também é influenciado pela economia internacional, como também pelas tendências de cultivo agrícola durante o ano. Mas há de se notar que há uma maior demanda pelo fornecimento da mistura NPK, em relação aos intermediários de fertilizantes para a formulação de matéria-prima (DIAS & FERNANDES, 2006).

Ao longo da cadeia produtiva de fertilizantes há dificuldades para a extração de algumas fontes de matéria-prima, como no transporte ocasionado pelas longas distâncias e pelas normas especiais exigidas para serem transportados e armazenados, pois alguns produtos têm risco de gerar reação perigosa, principalmente as substâncias inflamáveis (DIAS & FERNANDES, 2006).

A fabricação de fertilizantes (Figura 5) evidencia sérios problemas ambientais, que exige o controle dos efluentes líquidos e gasosos de seus subprodutos. Outros fatores que influenciam a cadeia produtiva são os preços e a disponibilidade de minérios (DIAS & FERNANDES, 2006).

Figura 5 - Cadeia produtiva dos fertilizantes.



Fonte: DIAS & FERNANDES, 2006.

### 3.2 Legislação brasileira

#### 3.2.1 Classificação dos fertilizantes

A legislação brasileira em seu Decreto nº 4.954 (BRASIL, 2004) define fertilizante como uma substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes de plantas, sendo:

“a) fertilizante mineral: produto de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, fornecedor de um ou mais nutrientes de plantas;

b) fertilizante orgânico: produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de

matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais;

- c) fertilizante mononutriente: produto que contém um só dos macronutrientes primários;
- d) fertilizante binário: produto que contém dois macronutrientes primários;
- e) fertilizante ternário: produto que contém os três macronutrientes primários;
- f) fertilizante com outros macronutrientes: produto que contém os macronutrientes secundários, isoladamente ou em misturas destes, ou ainda com outros nutrientes;
- g) fertilizante com micronutrientes: produto que contém micronutrientes, isoladamente ou em misturas destes, ou com outros nutrientes;
- h) fertilizante mineral simples: produto formado, fundamentalmente, por um composto químico, contendo um ou mais nutrientes de plantas;
- i) fertilizante mineral misto: produto resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes simples, complexos ou ambos; (Redação dada pelo Decreto nº 8.384, de 2014)
- i) fertilizante mineral misto - produto resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes minerais;
- j) fertilizante mineral complexo: produto formado de dois ou mais compostos químicos, resultante da reação química de seus componentes, contendo dois ou mais nutrientes;
- l) fertilizante orgânico simples: produto natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes de plantas;
- m) fertilizante orgânico misto: produto de natureza orgânica, resultante da mistura de dois ou mais fertilizantes orgânicos simples, contendo um ou mais nutrientes de plantas;
- n) fertilizante orgânico composto: produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas; e
- o) fertilizante organomineral: produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos.”

O fertilizante organomineral foi definido nos primórdios de sua inclusão na legislação brasileira, que ocorreu no decreto nº 86.955 (BRASIL, 1982), como “fertilizante procedente da mistura ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos”; e mais recente no

decreto 4.954 (BRASIL, 2004) como “produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos”.

Assim, é importante notar que os fertilizantes organominerais não são um produto que iniciou o seu uso de forma tão recente, mas o que motivou as suas recentes pesquisas, foi em torno da preocupação ambiental, para solucionar os problemas relacionados à alta carga de lixo depositada no ambiente, afetando os ecossistemas aquáticos e terrestres.

Nesse sentido, para minimizar os impactos ambientais causados pela deposição de lixo nos recursos naturais, surgiu o princípio dos 3R's – Reduzir, Reutilizar e Reciclar (MARCHI, 2011), criado na Agenda 21 Brasileira, diante do caos não apenas ambiental como também espacial provocado pelos aterros sanitários. O evento então coordenado pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável, funciona como um instrumento que envolve a participação da população brasileira para planejar o desenvolvimento sustentável do país.

E ainda, nutriente é conceituado no decreto nº 4.954 de 2004 como sendo “elemento essencial ou benéfico para o crescimento e produção dos vegetais”, assim subdividido:

“a) macronutrientes primários: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), expressos nas formas de Nitrogênio (N), Pentóxido de Fósforo ( $P_2O_5$ ) e Óxido de Potássio ( $K_2O$ );

b) macronutrientes secundários: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), expressos nas formas de Cálcio (Ca) ou Óxido de Cálcio (CaO), Magnésio (Mg) ou Óxido de Magnésio (MgO) e Enxofre (S); e

c) micronutrientes: Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Zinco (Zn), Cobalto (Co), Silício (Si) e outros elementos que a pesquisa científica vier a definir, expressos na sua forma elementar.”

No entanto, mesmo um manejo adequado de suporte nutricional às plantas, cada nutriente tem uma função específica, sua demanda pode ser em quantidades menores (micronutrientes) ou maiores (macronutrientes), e sua deficiência em qualquer etapa do ciclo da cultura pode acarretar várias consequências nos processos fisiológicos, já que fica prejudicado o seu desenvolvimento, e causar perdas agrícolas.

A classificação de fertilizantes orgânicos (Tabela 1) está relacionada ao tipo de matéria orgânica de sua composição.

Tabela 1 - Classificação de fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais de acordo com a matéria-prima utilizada na sua produção.

“A”	Fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura.
“B”	Fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, onde, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo, resultando em produto de utilização segura na agricultura.
“C”	Fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura.
“D”	Fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Fonte: MAPA, 2009.

### **3.2.2 Classificação dos resíduos orgânicos e seus usos**

O Conselho Nacional do Meio Ambiente por meio de sua Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 (CONAMA, 2006) , conceitua termos empregados na cadeia produtiva de fertilizantes que utiliza resíduos orgânicos para a sua fabricação, no que tange principalmente o uso agrícola de lodo de esgoto.

Alguns conceitos importantes no contexto da aplicação de fertilizantes à base de biossólido ou lodo de esgoto na agricultura.

“X - Estação de Tratamento de Esgotos-ETE: estrutura de propriedade pública ou privada utilizada para o tratamento de esgoto sanitário;

XV - Lote de lodo de esgoto ou produto derivado: quantidade de lodo de esgoto ou produto derivado destinado para uso agrícola, gerada por uma Estação de Tratamento de Esgoto-ETE ou Unidade de Gerenciamento de Lodo-UGL no período compreendido entre duas amostragens subsequentes, caracterizada físico-química e microbiologicamente;

XXII - Unidade de Gerenciamento de Lodo-UGL: unidade responsável pelo recebimento, processamento, caracterização, transporte, destinação do lodo de esgoto

produzido por uma ou mais estações de tratamento de esgoto sanitário e monitoramento dos efeitos ambientais, agronômicos e sanitários de sua aplicação em área agrícola.

Art. 23. São de responsabilidade do gerador e da UGL o gerenciamento e o monitoramento do uso agrícola do lodo de esgoto ou produto derivado”.

Por isso, o lodo de esgoto é um resíduo sólido que pode ser utilizado na agricultura, tendo sido aplicado na Europa e também desde a década de oitenta no Brasil, mas deve atender as normas de utilização, pois este rejeito pode conter vetores de moléstias e organismos nocivos, prejudiciais à saúde pública e ao ambiente (VIEIRA et al., 2011).

Elementos químicos como os metais pesados, que merecem atenção especial, por estarem intimamente associados ao mecanismo natural de bioacumulação na cadeia alimentar dos animais e do homem, quando liberados no ambiente, sendo tóxicos e persistentes (CESAR et al., 2010).

O lodo de esgoto pode ser também, reaproveitado por várias tecnologias como na pirólise, na oxidação úmida e na gaseificação. Assim, por meio do processo pirolítico, após degradação térmica do material orgânico, obtém-se fontes de combustíveis como óleo, gases e carvão; e ainda, pode produzir adsorventes que são empregados no tratamento de efluentes e tem baixo custo (VIEIRA et al., 2011).

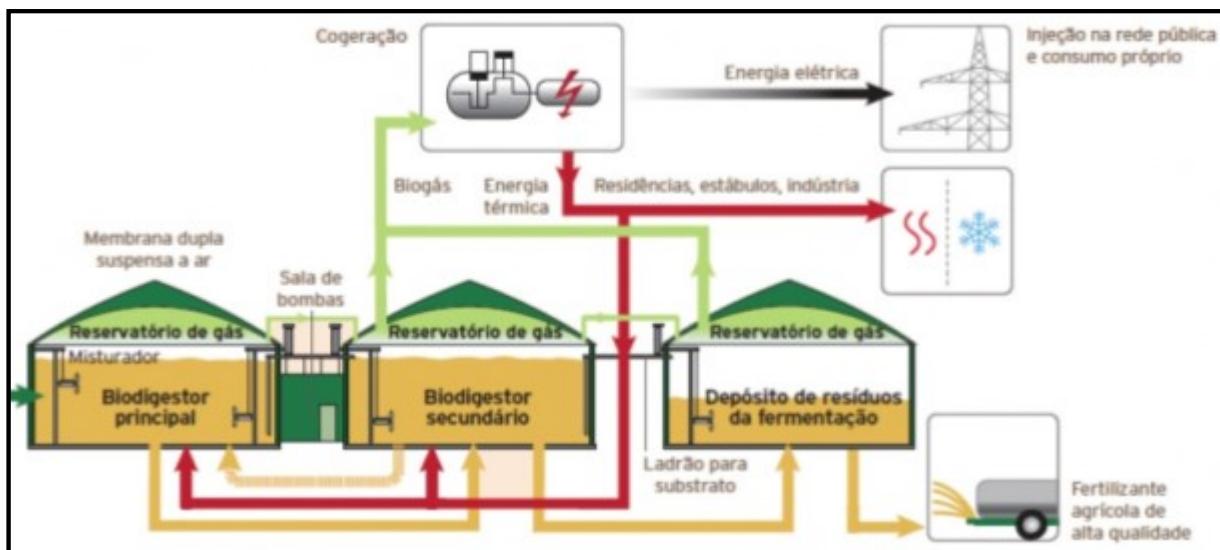
Os aterros sanitários é o modo mais comum de disposição do lodo de esgoto sanitário, causando alta emissão de gases, que favorecem o fenômeno natural do efeito estufa. Caso sejam empregados os biodigestores, os rejeitos urbanos são potencialmente agregados na produção de fertilizantes e energia elétrica. Já a incineração de biossólido é mais utilizado quando há alta contaminação do material e pode ser combinado à co-geração produzindo calor e energia elétrica (VIEIRA et al., 2011).

### **3.3 Materiais orgânicos para a produção de fertilizantes e cogeração de energia**

As fontes de matéria orgânica para a produção tanto de fertilizantes agrícolas quanto para a geração de energia, podem ser matéria-prima da agricultura, resíduos e subprodutos orgânicos, esterco sólido ou líquido. Essa biomassa, oriunda principalmente de culturas energéticas como o sorgo, pode entrar na cadeia produtiva com o uso dos biodigestores, por meio de uma transformação bioquímica num processo de fermentação anaeróbia.

Os produtos gerados (Figura 6) após a transformação da biomassa são: biometano, que é usado como fonte de energia e biocombustível; dióxido de carbono (após purificar o biogás), utilizado como solvente de orgânicos, gás para resfriadores, neutralizante de efluentes, em estufas e armazéns de produtos vegetais; biogás, o qual produz energia elétrica, energia térmica, substitui o gás natural e o gás de cozinha, fertilizante agrícola (ECO-ENERGIA, 2018).

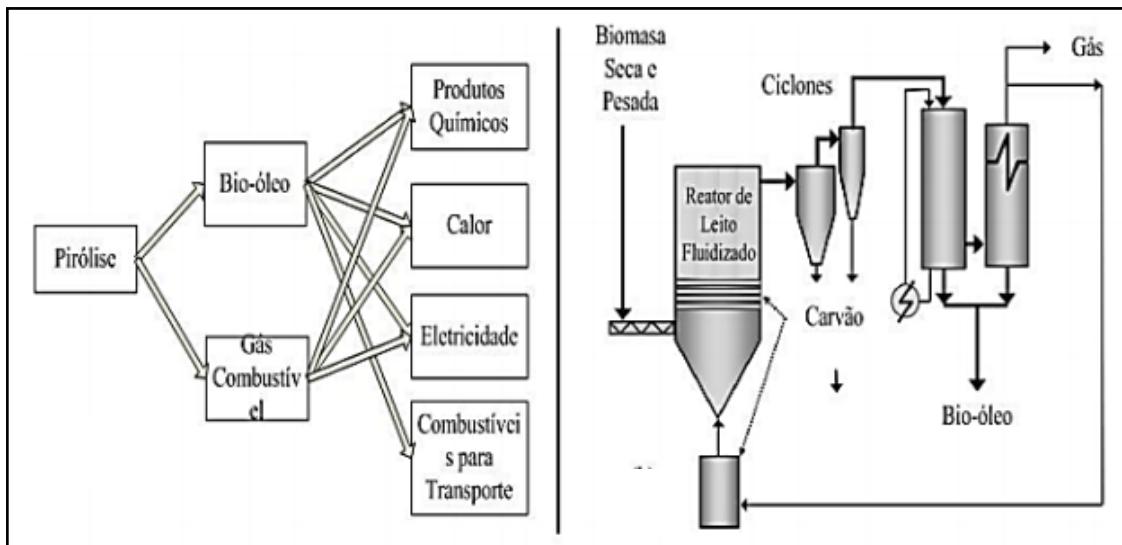
Figura 6 - Produção de fertilizante e cogeração de energia por meio de biodigestor.



Fonte: ECO-ENERGIA, 2018.

Há ainda, a transformação térmica dessas fontes orgânicas por meio de reatores que está envolvido no processo da pirólise (Figura 7), produzindo carvão vegetal, gases combustíveis e o bio-óleo a partir da biomassa; e utilizados na geração de calor, eletricidade, combustível e outros produtos químicos (VIEIRA, 2014). Então, trata-se de uma fonte energética sustentável, pois substitui o petróleo, sendo esta, uma fonte de energia não renovável e apontada como poluidora do meio ambiente.

Figura 7 – Principais produtos da pirólise e seu fluxograma.



Fonte: MOTA et al., 2015.

### 3.4 Lodo de esgoto

O lodo de esgoto ou biossólido (Tabela 2) é um composto orgânico produzido nas estações de tratamento de esgoto que pode ser utilizado como adubo orgânico, que é feito após passar por um processo de digestão aeróbica e a degradação do composto orgânico.

Como evidenciado nos atributos químicos do lodo de esgoto como fonte de matéria orgânica para a produção de fertilizantes organominerais, é importante observar sua caracterização química para definir em qual cultura utilizar com base em suas exigências nutricionais, visto que o produto oferece diversos nutrientes.

O fabricante deve seguir as orientações da legislação brasileira quanto às normas de fabricação dos fertilizantes, principalmente na caracterização química, que pode variar para os diferentes locais onde se encontra ou foi obtido esse resíduo orgânico.

Tabela 2 - Atributos químicos do lodo de esgoto.

<b>pH</b> água (1:2,5)	<b>COT</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Total</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Relação C/N</b>	<b>M.O.</b>
12.65	19.80	2.23	0.24	28/1	368.60

C	N	Na	Ca	Mg	P	K	S	Mn	Fe	Al
----- g Kg <sup>-1</sup> -----						----- mg dm <sup>-3</sup> -----				
213.80	20.88	0.61	302.0	4.2	1.6	0.6	12.4	138.75	12753.25	20104.53

Caracterizado conforme a metodologia da Embrapa (2013). COT: Carbono orgânico total. C/N: Relação Carbono Nitrogênio.

### 3.5 Torta de Filtro

A torta de filtro (Tabela 3) como verificado em seus atributos químicos é fonte de matéria-prima para a produção de fertilizantes organominerais, apesar de várias usinas sucroalcooleiras já aproveitarem este subproduto na forma de logística reversa de forma integrada, devolvendo diretamente na lavoura, tem qualidades nutricionais para ser utilizada na agricultura.

Esse resíduo agroindustrial já havia sido reconhecido como fonte de nutrientes em 1950, mas começou a ser empregado para adubação apenas em 1970 devido aos elevados preços dos fertilizantes químicos, e também quando intensificou a preocupação com as questões ambientais (ROSSETTO & SANTIAGO, 2018).

A torta de filtro é obtida após a filtração do caldo de cana de açúcar pela passagem nas moendas no filtro rotativo. Em solos arenosos é recomendado utilizar essa fonte de matéria orgânica, porém precisa de complementação mineral (ROSSETTO & SANTIAGO, 2018).

Tabela 3 - Atributos químicos da torta de filtro.

pH água (1:2,5)	COT	N Total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Total	K <sub>2</sub> O	Relação C/N
----- % -----					
6.81	23.49	0.61	0.95	0.30	13.72/1

Caracterizado conforme a metodologia da Embrapa (2013). COT: Carbono orgânico total. C/N: Relação Carbono Nitrogênio.

Quando se compara duas fontes de matéria orgânica para a produção de fertilizante organomineral, torta de filtro e lodo de esgoto, a relação C/N é o dobro em lodo de esgoto, a quantidade de óxido de potássio é praticamente a mesma, para pentóxido de fósforo há mais que o dobro disponível em lodo de esgoto, e ainda, a natureza alcalina do resíduo urbano.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na fazenda experimental do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), em Campina Verde, Minas Gerais, Brasil ( $19^{\circ} 32' 44''$  S e  $49^{\circ} 31' 10''$  W, 576 m a.s.l), localizada na Fazenda Campo Belo, Rodovia BR 364, km 153, Bairro: Zona Rural (Figura 8).

Figura 8 - Área experimental, Instituto Federal do Triângulo Mineiro, campus avançado de Campina Verde, Minas Gerais, Brasil.



Fonte: software Google Earth.

O talhão foi inicialmente gradeado e em seguida aplicado Glifosato com bomba costal de 20 litros para desseccar a área (Figura 9), com a dose de  $3 \text{ L ha}^{-1}$  recomendada na bula do produto para o capim Colonião (*Panicum maximum*), comunidade infestante com predominância no local, além de diversas plantas indejadas de folhas largas e estreitas.

Figura 9 - Dessecamento da cobertura verde.



Fonte: Autora.

A cultivar de sorgo Enforcer foi utilizada como planta teste e cultivada em um Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2013) após a aplicação de calcário (adição de  $1,35 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) com base no resultado da análise de solo (Tabela 4) e recomendações para a cultura do sorgo no Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999).

Tabela 4 - Propriedades químicas do solo na área experimental.

Camada	pH	$P_{Mehlich}^{-1}$	$K^+$	Ca	$Mg^{+2}$	$Al^{+3}$	H+Al	SB <sup>1</sup>	$CTC_{total}^2$	SB <sup>3</sup>	m <sup>4</sup>	MO <sup>5</sup>	
				+2									
cm	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%		dag kg <sup>-1</sup>	
00-20	5.4	26.0		0.19	1.2	0.4	0.2	3.40	1.79	5.19	34	8	0.8
20-40	5.2	7.3		0.07	0.9	0.3	0.4	2.50	1.27	3.77	34	24	0.5

As análises foram obtidas conforme procedimentos descritos pela Embrapa (1997); <sup>1</sup>SB: Soma de Bases; <sup>2</sup>CTC<sub>total</sub>: Capacidade de Troca de Cátions; <sup>3</sup>SB: Saturação de Base; <sup>4</sup>m = Saturação de Alumínio; <sup>5</sup>MO = Matéria Orgânica.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições no esquema fatorial 3 x 2 + 2, correspondendo a três níveis de adubação com fertilizante organomineral peletizado (70, 100 e 160% com base na dose recomendada de fósforo) e duas fontes de matéria orgânica na composição de fertilizantes organominerais (lodo de esgoto e torta de filtro) (Tabela 5), além de dois tratamentos adicionais (sem adubação e com adubação exclusivamente mineral).

Tabela 5 - Características químicas de fertilizantes organominerais compostos por biossólido e torta de filtro.

Fonte de matéria orgânica	pH <sub>água</sub>	MO <sup>1</sup>	COT <sup>2</sup>	N <sub>total</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Relação C/N
.... g kg <sup>-1</sup> .... ..... % .....							
Biossólido	7.6	19.80	19.80	0.79	2.23	0.24	28/1
Torta de filtro	6.8	23.49	23.49	0.61	0.95	0.30	14/1

<sup>1</sup>MO: Matéria Orgânica; <sup>2</sup>COT: Carbono Orgânico Total.

Figura 10 - Marcação das parcelas sorteadas (a) e dos sulcos para adubação e semeadura (b).



Fonte: Autora.

A aplicação de fertilizante organomineral peletizado foi realizada manualmente no sulco de semeadura, em março de 2018, em parcelas de  $3 \times 3$  m com espaçamento entre linhas de 0,7 m. O total de 40 parcelas receberam a adubação, sendo pesados os tratamentos com os diferentes níveis de fertilizantes, em balança de precisão. E em seguida, o adubo foi colocado em saquinhos plásticos e distribuído uniformemente em cada parcela, no sulco de plantio.

Realizada a aplicação do adubo, uma pequena camada de solo foi sobreposta para em seguida realizar a semeadura (Figura 11a, 11b e 11c).

Figura 11 - Adubação (a), sobreposição de camada do solo sobre o adubo (b) e semeadura manual (c).



Fonte: Autora.

O desbaste das plântulas foi realizado com dez dias após a semeadura, mantendo-se a distância de dez centímetros entre plantas (Figura 12).

Figura 12 – Desbaste de plântulas de sorgo.



Fonte: Autora.

A adubação nitrogenada em cobertura (Figura 13) foi segundo a recomendação para adubação mineral de sorgo granífero no Estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999), quando as plantas atingiram de 30 a 40 cm de altura.

A escolha da adubação mineral foi realizada para obter uma produtividade em torno de 6 a 8 t ha<sup>-1</sup>, sendo aplicada como fonte nitrogenada a uréia a qual foi incorporada a uma profundidade de 5 cm, em sulcos distantes das plântulas 10 cm, distribuídos lateralmente ao sulco de plantio, na quantidade de 20 kg ha<sup>-1</sup>, conforme a recomendação para a cultura.

Figura 13 - Adubação nitrogenada em cobertura.



Fonte: Autora.

Os níveis de adubação com fertilizante organomineral para as duas fontes orgânicas (lodo de esgoto e torta de filtro) são mostrados na Tabela 6, juntamente com os tratamentos adicionais, sendo um sem adubação e o outro com adubação mineral recomendada para a cultura do sorgo. As doses correspondentes aos níveis de adubação com fertilizante organomineral foram calculadas com base na percentagem de fósforo para 100% conforme a recomendação da cultura.

Tabela 6 - Níveis de adubação com fertilizante organomineral para a cultura do sorgo.

Fertilizantes	*Níveis (% de Fósforo)
Organomineral lodo de esgoto	70
Organomineral torta de filtro	70
Organomineral lodo de esgoto	100

Organomineral torta de filtro	100
Organomineral lodo de esgoto	160
Organomineral torta de filtro	160
Controle Positivo (adubação mineral)	100
Controle Negativo (ausência de adubação)	-

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

A irrigação por aspersão foi realizada até um mês após a semeadura para que o período de veranico não prejudicasse o estabelecimento da cultura no campo, uma vez que o plantio foi realizado no mês de março, ou seja, no término da estação chuvosa.

O controle das plantas daninhas após a semeadura foi feito manualmente (Figura 14) por meio da capina entre as fileiras e arranquio entre as plantas da cultura principal, já nas bordaduras do talhão do experimento, a limpeza foi feita com roçadeira tratorizada.

Figura 14 - Controle manual de plantas daninhas.



Fonte: Autora.

O monitoramento de pragas (Figura 15) foi diário e após constatado a presença de lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*) pelo ataque de plântulas logo após a emergência, observado pelo sintoma inicial de murcha e posterior morte das folhas centrais, e à presença de orifício de entrada da lagarta na região do coleto então danificada, efetuou-se o controle químico. O ataque da lagarta-cabeça-de-fósforo (*Urbanus proteus*) foi de menor intensidade.

Figura 15 - Monitoramento de pragas.



Fonte: Autora.

Aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS) foi obtido o número de folhas, diâmetro do caule e altura das plantas, sendo considerada a distância na altura do colo do caule até a região da bainha da última folha totalmente desenvolvida, sem contar com a folha bandeira. A altura total foi medida até o ápice da panícula aos 90 DAS, época em que as plantas estavam com a inflorescência desenvolvida.

As amostras da parte aérea das plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação de ar forçada com temperatura a 65 °C por 72 horas e pesadas em balança de precisão para determinação da massa seca aos 90 DAS.

Essas mesmas amostras, após a mensuração da massa seca de planta inteira, foram então submetidas à moagem em moinho de facas equipado com peneira de malha com abertura de 1 mm, separadas em saquinhos plásticos com duas amostras por tratamento, e usadas para obter a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) em duplicata, a qual foi determinada usando a metodologia descrita por Tilley e Terry (1963).

A área foliar por folha aos 90 DAS foi determinada seguindo o procedimento de Pearce et al. (1975) e foi calculado a partir da Equação (1):

$$AF/F = C \times L \times 0,75 \quad (1)$$

Onde, AF/F = Área Foliar por Folha ( $\text{cm}^2$ ), C = Comprimento (cm), L = Largura (cm).

A área foliar por planta aos 90 DAS foi determinada seguindo o procedimento de Pearce et al. (1975) e foi calculado a partir da Equação (2):

$$AF/P = AF/F \times 9,39 \quad (2)$$

Onde, AF/P = Área Foliar por Planta ( $\text{cm}^2$ ), AF/F = Área Foliar por Folha ( $\text{cm}^2$ ).

Posteriormente às análises de pressuposições da ANAVA (ANEXO I) no software SPSS®, os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico AgroEstat® (sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos) (BARBOSA & MALDONADO-JUNIOR, 2015) e as médias foram agrupadas de acordo com o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), e na existência de interação significativa entre os níveis de fertilizante e as fontes orgânicas, o desdobramento foi obtido.

Similarmente, a análise de regressão foi realizada para verificar as melhores doses de cada fonte orgânica de todas as variáveis de crescimento do sorgo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve influência dos níveis de adubação com fertilizante organomineral na altura das plantas aos 30, 60 e 90 DAS e na altura total de plantas. Já para as fontes de matéria orgânica de composição dos fertilizantes organominerais, não houve efeito significativo sobre a variável altura apenas aos 30 e 60 DAS. Ocorreu interação significativa entre os níveis de adubação e as fontes orgânicas para todas as variáveis de altura, exceto aos 30 DAS. Em relação aos tratamentos adicionais, a adubação mineral foi superior ao tratamento sem adubação em todas as épocas de análise da altura de plantas (Tabela 7).

Tabela 7 - Altura de plantas aos dias após a semeadura (AP30DAS), (AP60DAS) e (AP90DAS) e altura total de plantas (ATP) do sorgo submetido a diferentes níveis de fertilizante organomineral em relação à fonte de matéria orgânica, à adubação mineral e ausência de adubação, e efeito da interação entre os níveis de fertilizante organomineral (NFO) e entre as fontes de matéria orgânica (FMO).

Tratamentos	AP30DAS	AP60DAS	AP90DAS	ATP
----- cm -----				
<b>Níveis de fertilizante organomineral (NFO)</b>				
70%	16.32ab	28.89b	42.41c	68.70b
100%	17.34a	32.57a	46.70a	73.27a
160%	15.55b	30.35b	44.91b	72.57a
Teste <i>F</i>	4.48*	13.56**	62.87**	28.47**
<b>Fonte de Matéria orgânica (FMO)</b>				
Lodo de esgoto	16.28a	30.19a	45.02a	69.97b
Torta de filtro	16.53a	31.02a	44.32b	73.05a
Teste <i>F</i>	0.27 <sup>NS</sup>	2.05 <sup>NS</sup>	4.91*	33.51**
<b>NFO x FMO</b>				
Teste <i>F</i>	2.07 <sup>NS</sup>	3.94*	3.95*	4.82*
<b>Tratamentos adicionais</b>				
Sem adubação	10.06b	23.32b	34.69b	56.81b
Com fertilizante mineral	13.00a	28.11a	42.00a	70.16a
Teste <i>F</i>	11.96**	22.62**	180.53**	209.48**
CV (%)	7.92	4.85	1.79	1.87

<sup>1</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$ . Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05.\*\* Significativo no nível  $p < 0,01$ . \* Significativo no nível  $p < 0,05$ . NS, não significativo.

As doses de lodo de esgoto demonstraram influência positiva na altura das plantas durante todos os estádios fenológicos no ciclo de cultivo de milho e comportamento distinto entre as doses, porém as características do diâmetro do caule e da área foliar não foram influenciadas (COSTA et al., 2009). Isso foi semelhante neste trabalho para as fontes de fertilizante organomineral a base de lodo de esgoto e de torta de filtro.

O número de folhas e diâmetro de caule aos 30, 60 e 90 DAS, não apresentou efeito significativo tanto para os níveis de fertilizantes organominerais, quanto para as fontes orgânicas à base de lodo de esgoto e torta de filtro, e também para os tratamentos adicionais com adubação mineral e sem qualquer adubação (Tabela 8).

Tabela 8 – Número de folhas aos dias após a semeadura (NF30DAS), (NF60DAS) e (NF90DAS) e Diâmetro de colmo aos dias após a semeadura (DC30DAS), (DC60DAS) e (DC90DAS) do sorgo submetido a diferentes níveis de fertilizante organomineral em relação à fonte de matéria orgânica, à adubação mineral e ausência de adubação, e efeito da interação entre os níveis de fertilizante organomineral (NFO) e entre as fontes matéria orgânica (FMO).

Tratamentos	NF30DAS	NF60DAS	NF90DAS	DC30DAS	DC60DAS	DC90DAS
<b>Níveis de fertilizante organomineral (NFO)</b>						
70%	<sup>1</sup> 7.56a	8.22a	7.78a	0.95a	1.66a	1.75a
100%	7.56a	8.12a	7.44a	1.02a	1.66a	1.78a
160%	7.31a	8.00a	7.59a	0.92a	1.62a	1.78a
Teste F	0.39 <sup>NS</sup>	0.36 <sup>NS</sup>	0.74 <sup>NS</sup>	0.49 <sup>NS</sup>	0.17 <sup>NS</sup>	0.06 <sup>NS</sup>
<b>Fonte de Matéria orgânica (FMO)</b>						
Lodo de esgoto	7.44a	8.08a	7.58a	0.96a	1.65a	1.76a
Torta de filtro	7.52a	8.15a	7.62a	0.96a	1.64a	1.78a
Teste F	0.10 <sup>NS</sup>	0.09 <sup>NS</sup>	0.03 <sup>NS</sup>	0.00 <sup>NS</sup>	0.00 <sup>NS</sup>	0.06 <sup>NS</sup>
<b>NFO x FMO</b>						
Teste F	0.32 <sup>NS</sup>	1.15 <sup>NS</sup>	0.06 <sup>NS</sup>	0.02 <sup>NS</sup>	0.15 <sup>NS</sup>	0.03 <sup>NS</sup>

---

Tratamentos adicionais

Sem adubação	7.56a	8.06a	7.50a	0.98a	1.66a	1.81a
Com fertilizante mineral	7.44a	8.06a	7.87a	1.04a	1.70a	1.86a
Teste F	0.07 <sup>NS</sup>	-	0.88 <sup>NS</sup>	0.16 <sup>NS</sup>	0.14 <sup>NS</sup>	0.13 <sup>NS</sup>
CV (%)	8.71	6.35	7.43	20.81	10.20	10.80

---

<sup>1</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$ . Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05.

\*\* Significativo no nível  $p < 0,01$ . \* Significativo no nível  $p < 0,05$ . NS, não significativo.

Nenhum efeito de níveis de adubação ou fontes de matéria orgânica foi observado no número de folhas e diâmetro das plantas, como também não houve interação significativa entre os níveis e as fontes do adubo. Os tratamentos adicionais também não demonstraram diferença significativa entre si (tabela 9). Isso pode ter ocorrido devido ao fator de herdabilidade de alta magnitude para essas características (ARAÚJO et al., 2014).

A análise de variância mostrou que não houve diferença significativa entre os níveis de adubação organomineral, fontes orgânicas, e tratamentos adicionais, e ainda, não ocorreu interação significativa entre os níveis do fertilizante organomineral com as fontes orgânicas para as variáveis: área foliar por folha (AFPF), área foliar por planta (AFPP), massa seca por planta (MSPP), massa seca por hectare (MSPH) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) (Tabela 9).

Tabela 9 - Área foliar por folha (AFPF) e por planta (AFPP) aos 90 DAS; massa seca por planta (MSPP) e massa seca por hectare (MSPH) aos 90 DAS; digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) aos 90 DAS do sorgo submetido a diferentes níveis de fertilizante organomineral em relação à fonte de matéria orgânica, à adubação mineral e ausência de adubação, e efeito da interação entre os níveis de fertilizante organomineral (NFO) e entre as fontes de matéria orgânica (FMO)

Tratamento	AFPF .....cm <sup>2</sup> .....	AFPP ..... g .....	MSPP ... g/ha ...	MSPH .... % ....	DIVMO
<b>Níveis de fertilizante organomineral (NFO)</b>					
70%	<sup>1</sup> 190.89a	1792.47a	29.04a	4147931.5a	86.44a

100%	230.90a	2168.15a	29.67a	4238749.9a	86.76a
160%	191.18a	1795.22a	28.42a	4070148.7a	86.45a
Teste <i>F</i>	1.41 <sup>NS</sup>	1.41 <sup>NS</sup>	0.04 <sup>NS</sup>	0.04 <sup>NS</sup>	2.73 <sup>NS</sup>
<b>Fonte de Matéria orgânica (FMO)</b>					
Lodo de esgoto	203.14a	1907.47a	29.27a	4180892.8a	86.46a
Torta de filtro	205.51a	1929.75a	28.87a	4123660.6a	85.98a
Teste <i>F</i>	0.01 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	2.95 <sup>NS</sup>
<b>NFO x FMO</b>					
Teste <i>F</i>	0.16 <sup>NS</sup>	0.16 <sup>NS</sup>	0.34 <sup>NS</sup>	0.34 <sup>NS</sup>	0.63 <sup>NS</sup>
<b>Tratamentos adicionais</b>					
Sem adubação	221.27a	2077.77a	25.47a	3639285.6a	87.30a
Com fertilizante mineral	229.69a	2156.79a	31.65a	4522232.1a	86.34a
Teste <i>F</i>	0.05 <sup>NS</sup>	0.05 <sup>NS</sup>	1.18 <sup>NS</sup>	1.18 <sup>NS</sup>	3.99 <sup>NS</sup>
CV (%)	26.15	26.15	27.83	27.83	0.79

<sup>1</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$ . Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05.\*\* Significativo no nível  $p < 0,01$ . \* Significativo no nível  $p < 0,05$ . NS, não significativo.

Silveira-Junior et al. (2015) verificaram aumento linear da massa seca de sorgo, após a aplicação de doses de biofertilizantes nos dois sistemas de cultivo, em culturas consorciadas e em monocultura, sendo que a maior dose entre as cinco doses de biofertilizantes (0; 10; 20; 30; 40m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) proporcionou produção similar para ambos (sistema monocultivo de capim Piatã e sistema consorciado de capim Piatã com sorgo forrageiro híbrido BRS 610).

Interação significativa entre os níveis de adubação com fertilizante organomineral e fontes de matéria orgânica foi observada na altura das plantas aos 60 DAS (Tabela 7). O desdobramento dessa interação (Tabela 10) permitiu observar que, quando comparado as duas fontes orgânicas, foram semelhantes em qualquer dos níveis de adubação. Porém, o menor nível (70%) de fertilizante organomineral proporcionou menor altura de plantas para a fonte orgânica a base de lodo de esgoto, já para a torta de filtro, obteve melhor resposta no nível intermediário (100%) de fertilizante organomineral.

Isso pode ter ocorrido devido à torta de filtro proporcionar efeito fitotóxico na planta ou saturação de nutriente pela planta, quando aplicado elevadas doses de adubo, o que foi verificado por Almeida-junior et al (2018), utilizando diferentes doses de fertilizante organomineral no sorgo Enforcer, como neste trabalho. Conforme Silveira-Junior et al (2015),

foi verificado efeitos fitotóxicos logo após a aplicação dos biofertilizantes, estes obtidos pela biodigestão anaeróbia do aviário, aplicados em *Brachiaria brizantha* cv. Piatã tanto em cultivo solteiro quanto em consórcio com sorgo forrageiro, que apresentou clorose e necrose.

Tabela 10 - Desdobramento da interação entre os níveis de fertilizante organomineral e a fonte de matéria orgânica em relação à altura de plantas (cm) aos 60 DAS para o lodo de esgoto (APLE) e a torta de filtro (APTF) em sorgo.

Níveis (%)	APLE	APTF
70	<sup>1</sup> 27.85bA	29.92bA
100	31.62aA	33.52aA
160	31.09aA	29.61bA

<sup>1</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$ . Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05.

Oliveira et al. (2016) observaram que não houve interação entre as fontes de matéria orgânica lodo de esgoto, torta de filtro e turfa, e os níveis de organomineral para altura de planta, diâmetro de caule, clorofila a, clorofila b e área foliar em sorgo aos 30 DAS. No entanto, Araújo-Neto et al. (2014), estudando o desenvolvimento do sorgo, verificaram interação significativa entre as doses de adubos orgânicos e as fontes orgânicas na forma de esterco bovino e ovino nas variáveis altura da planta e número de folhas.

Para a altura de plantas aos 90 DAS, houve interação significativa entre os níveis de adubação e as fontes de matéria orgânica (Tabela 7), e no seu desdobramento (Tabela 11) é possível verificar a diferença de ganho de altura das plantas entre as duas fontes orgânicas. Os níveis de 100 e 160% para o lodo de esgoto forneceu os maiores valores de altura (46.81 e 45.87 cm). No entanto, para a torta de filtro, obteve-se no nível de 100% a maior altura (46.59 cm), concordando com o ocorrido na altura aos 60 DAS sobre a toxicidade ocasionada com a superdose da torta de filtro, quando utiliza 160%, reduzindo a altura das plantas. Em comparação entre as fontes orgânicas, observa-se semelhança nos resultados da altura, ocorrendo redução apenas para a torta de filtro aos 160% de adubação.

Tabela 11 - Desdobramento da interação entre os níveis de fertilizante organomineral e a fonte de matéria orgânica em relação à altura de plantas (cm) aos 90 DAS para o lodo de esgoto (APLE) e torta de filtro (APTF) em sorgo.

Níveis (%)	APLE	APTF
------------	------	------

70	<sup>1</sup> 42.37bA	42.44cA
100	46.81aA	46.59aA
160	45.87aA	43.94bB

<sup>1</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$ . Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05.

A fertilização pode influenciar as características bromatológicas das plantas, bem como as condições climáticas. O uso do sorgo em regiões menos adequadas para o milho pode ser uma alternativa para a produção de silagem. Daí a importância em se conhecer os efeitos de níveis de adubação abaixo do recomendado sobre o desenvolvimento da cultura, uma vez que muito comumente vários produtores não utilizam fertilizante quando do cultivo em safrinha em substituição da soja.

Houve interação significativa para a altura total de plantas entre os níveis e as fontes orgânicas (Tabela 7), e seu desdobramento demonstrou que entre os níveis de adubação a torta de filtro apresentou semelhança na altura das plantas, com redução apenas no nível de 70%, e o lodo de esgoto obteve melhor altura nos níveis de 100 e 160%. Entre as fontes orgânicas, o lodo de esgoto obteve altura total inferior à torta de filtro apenas nos níveis de 70 e 100% (Tabela 12).

Tabela 12 - Desdobramento da interação entre os níveis de fertilizante organomineral e fonte de matéria orgânica em relação à altura total de plantas (cm) para o lodo de esgoto (ATPLE) e torta de filtro (ATPTF) em sorgo.

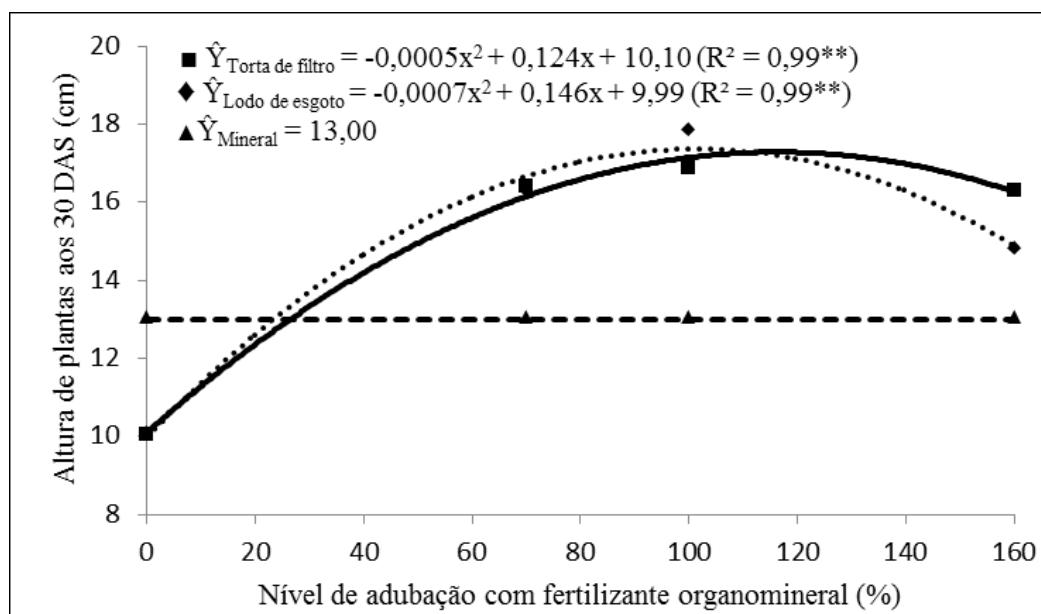
Níveis (%)	ATPLE	ATPTF
70	<sup>1</sup> 66.00bB	71.40bA
100	72.16aB	74.37aA
160	71.75aA	73.39abA

<sup>1</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$ . Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05.

A altura das plantas aos 30 DAS obteve ajuste na equação de regressão quadrática, para a fonte orgânica à base de torta de filtro e lodo de esgoto, conforme a Figura 16. Assim, para as plantas de sorgo obter a altura máxima de 17,79 cm, recomenda-se o uso de 124% da dose recomendada, quando do uso de fertilizante organomineral a base de torta de filtro. A fonte

orgânica à base de lodo de esgoto resultou na altura máxima de 17,60 cm, utilizando-se apenas 104,28%. Quanto à adubação mineral, a altura de plantas esteve abaixo de todos os níveis de adubação com fertilizante organomineral, sendo superior apenas em relação a dose zero. A aplicação de fertilizante organomineral, enriquecido a base de esterco bovino, favoreceu o crescimento do arroz vermelho em 13,71% quando aplicado em diferentes lâminas de irrigação (DUTRA et al., 2018).

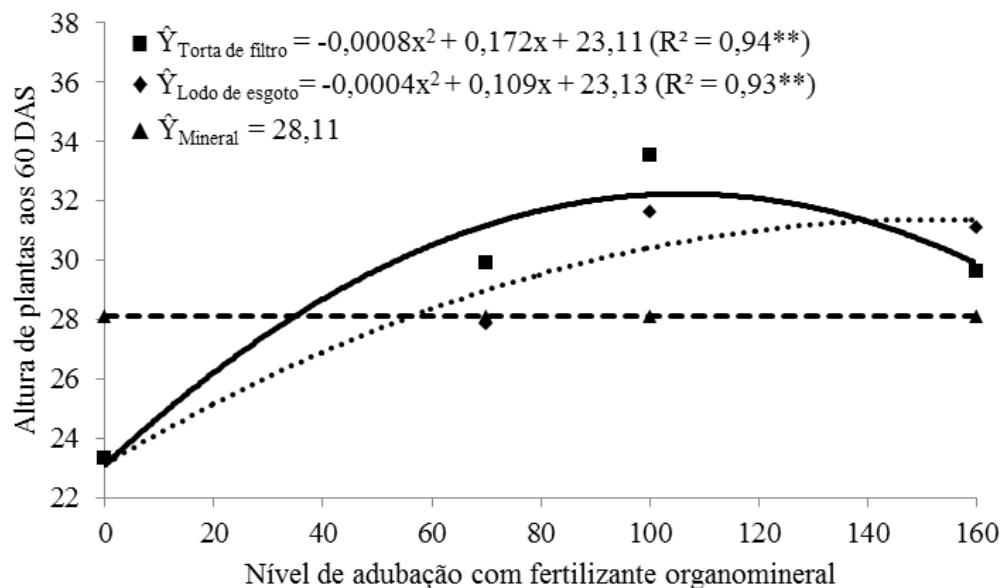
Figura 16 - Altura de planta aos 30 dias após a semeadura do sorgo em função das fontes e níveis de adubação com fertilizante organomineral.



\*\*Significativo no nível  $p < 0,01$ .

As médias de altura das plantas aos 60 DAS ajustaram-se ao modelo de regressão quadrática quando do uso do usou fertilizante organomineral com torta de filtro (Figura 17). Portanto, para obter a altura máxima de planta, de 32,35 cm, recomenda-se a utilização do nível de 107,5% de adubo organomineral de torta de filtro. De acordo com a análise de regressão, a altura aos 60 DAS em função dos níveis de adubação com fertilizante organomineral composto por lodo de esgoto apresentou uma equação do tipo quadrática, podendo inferir que a aplicação de 136,25% do adubo e relação a dosagem recomendada, poderá acarretar numa altura máxima de 30,56 cm. A adubação mineral foi melhor do que a dose zero, porém inferior à todas as aplicações de fertilizante organomineral.

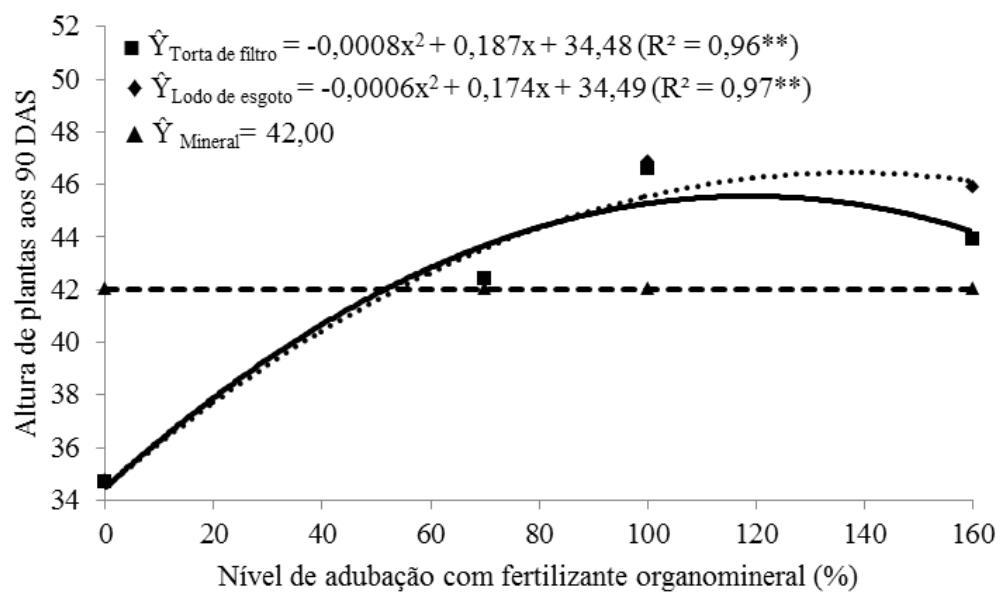
Figura 17 - Altura de planta aos 60 dias após a semeadura do sorgo em função das fontes e níveis de adubação organomineral.



\*\* Significativo no nível  $p < 0,01$ .

A altura das plantas aos 90 DAS obteve ajuste na equação de regressão quadrática, tanto para torta de filtro quanto para lodo de esgoto, sendo que para obter as maiores alturas de plantas de 45,41 cm e 47,10 cm, recomenda-se utilizar os níveis de 116,87% e 145% para as fontes orgânicas, respectivamente. Semelhante a altura das plantas aos 30 e 60 DAS, na altura aos 90 DAS a adubação mineral foi inferir a qualquer nível de adubação com fertilizante organomineral, exceto para a dose zero (Figura 18).

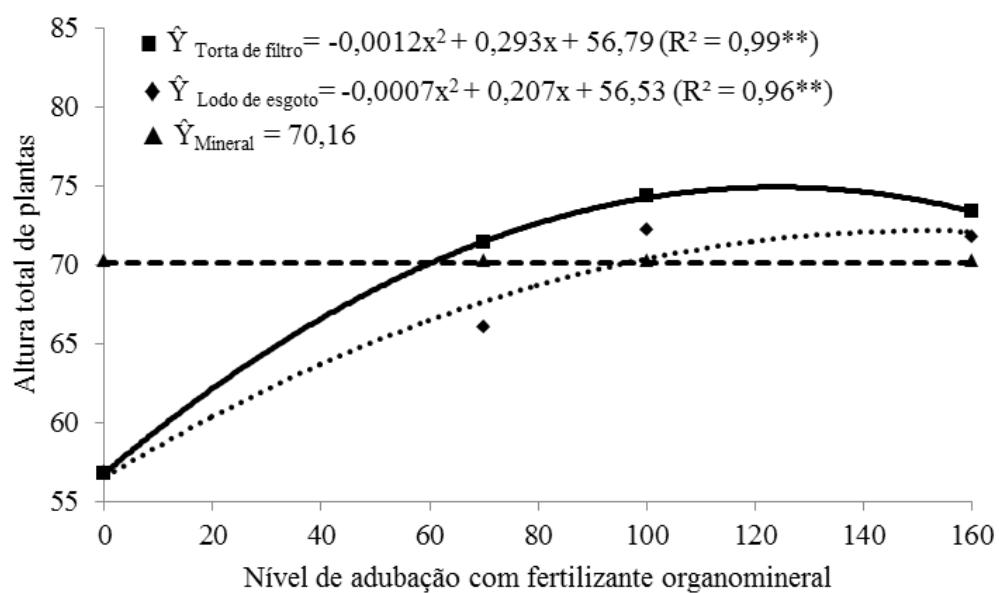
Figura 18 - Altura de planta aos 90 dias após a semeadura do sorgo em função das fontes e níveis de adubação organomineral.



\*\* Significativo no nível  $p < 0,01$ .

A altura total de plantas obteve ajuste na equação de regressão quadrática quando se utilizou fertilizante organomineral composto por torta de filtro, sendo recomendado utilizar 122,08% da dose recomendada do fertilizante para atingir a altura máxima de 74,67 cm. A aplicação de fertilizante organomineral composto por lodo de esgoto apresentou aumento na altura total de plantas até o nível de 147,86%, obtendo altura máxima de 71,83 cm, conforme a Figura 19. Também, a adubação mineral influenciou positivamente na altura das plantas, sendo superior apenas em relação à dose zero e ao nível de 70% da adubação com fertilizante organomineral a base de lodo de esgoto.

Figura 19 - Altura total de plantas de sorgo em função das fontes e níveis de adubação organomineral.



\*\* Significativo no nível  $p < 0,01$ .

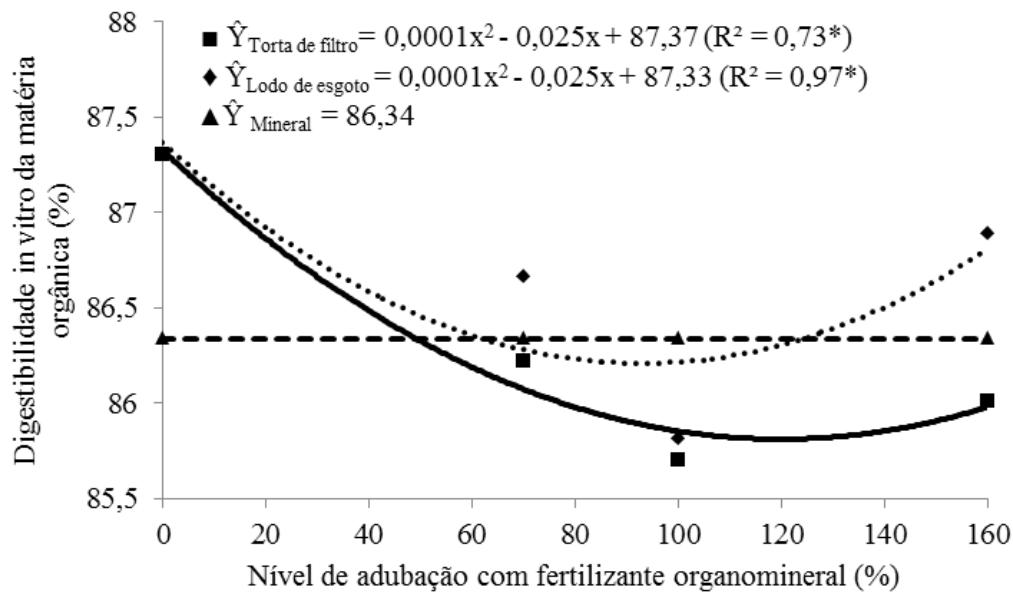
Os microrganismos responsáveis pela degradação de moléculas no rúmen bovino, podem ser utilizados para geração de etanol de segunda geração, utilizando-se plantas de sorgo como matéria-prima, visto que neste trabalho, em todos os tratamentos com adubação organomineral, obteve-se elevada percentagem de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica.

Costa (2016) destaca a importância do sorgo em relação a outras culturas energéticas, para a produção de etanol de segunda geração, devido à facilidade de lise celular, por apresentar em até 50% menor teor de lignina em alguns híbridos.

Martinkoski & Vogel (2013) afirmaram que o sorgo com baixos valores ou sem tanino permite que a digestibilidade *in vitro* dos ruminantes não seja afetada por esses polifenóis. Isso pode explicar a alta digestibilidade *in vitro* obtida neste trabalho, devido ao cultivo de sorgo sem tanino.

A digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica de sorgo em função dos níveis e fontes orgânicas de fertilizantes organominerais, demonstrou um decréscimo na regressão quadrática até o nível de 125%, tanto para torta de filtro quanto para lodo de esgoto (Figura 20). Portanto, ao utilizar o nível de 125%, a fonte orgânica de torta de filtro na variável da digestibilidade *in vitro* alcançou 85,81%, e a fonte orgânica de lodo de esgoto foi de 85,77%, valores considerados de bom desempenho para a cultura, inclusive se destinada a alimentação de ruminantes. A adubação mineral influenciou negativamente em relação a dose zero. Porém, em alguns trabalhos como de Oliveira et al (2011), o estudo do efeito da adubação pode sofrer influências ambientais, e assim interferir na digestibilidade *in vitro*.

Figura 20 – Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica de sorgo em função das fontes e níveis de adubação organomineral.



\* Significativo no nível  $p < 0,05$ .

## 6 CONCLUSÃO

O uso de fertilizante organomineral peletizado com fonte orgânica de lodo de esgoto ou torta de filtro na cultura do sorgo é agronomicamente viável.

A altura de plantas aos 30, 60 e 90 DAS, observa-se um efeito semelhante quanto à adubação mineral, sendo esta superior apenas para a dose zero de adubação, enquanto que foi inferior a qualquer fonte de matéria orgânica e nível de adubação com fertilizante organomineral. Assim, a quantidade recomendada de fertilizante organomineral à base de torta de filtro e lodo de esgoto, respectivamente, aos 30 DAS é de 124% e 104,28% para atingir 17,79 cm e 17,60 cm; aos 60 DAS é de 107,5% e 136,25% para 32,35 cm e 30,56 cm; e aos 90 DAS é de 116,87% e 145% para 45,41 cm e 47,10 cm.

Diferentemente para a altura total de plantas, a adubação mineral foi superior à dose zero e ao nível de 70% quando utilizou a fonte orgânica de lodo de esgoto. E ainda, recomenda-se o fertilizante organomineral composto por torta de filtro, utilizar apenas 122,08% para atingir a altura máxima de 74,67 cm, e 147,86% para obter 71,83 cm.

As variáveis: número de folhas e diâmetro de colmo aos 30, 60 e 90 DAS; a área foliar por folha e por planta aos 90 DAS; massa seca por planta e massa seca por hectare aos 90 DAS e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica aos 90 DAS, não foram influenciados pelos níveis de adubação e pela fonte de matéria orgânica com o uso de fertilizante organomineral, provavelmente pela influência do fator herdabilidade da cultivar Enforcer.

O lodo de esgoto e a torta de filtro podem ser reaproveitados na agricultura, no manejo nutricional de plantas, devido à eficiência positiva na cultura do sorgo granífero, porém, deve-se levar em consideração a quantidade do produto recomendada de forma a planejar o manejo da adubação, para alcançar a eficiência produtiva desejada.

As fontes orgânicas na composição de fertilizante organomineral peletizado podem incrementar ganhos na atividade agrícola em relação ao uso exclusivo de adubação mineral, sendo possível utilizar lodo de esgoto ou torta de filtro.

O cultivo de sorgo em época de estiagem utilizando adubação com fertilizante organomineral peletizado é uma alternativa para o agricultor e agroindústrias de obter matéria-prima para alimentação animal e cogeração de energia.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante enfatizar que o produtor deve se preocupar com o planejamento da adubação no cultivo da entre safra, obtendo assim um resultado mais favorável na escolha do nível de adubação com fertilizante organomineral e na escolha de sua fonte orgânica.

A utilização de resíduos orgânicos é uma fonte promissora para indústrias e empreendedores, que possui duas funções correlatas, o descarte correto de subprodutos e a geração de um novo produto com valor agregado, sem apresentar riscos ambientais, ao reaproveitar o subproduto da atividade principal da fábrica, cortando custos com operações ou uso de local para estocagem de resíduos.

O sorgo granífero apresentou tolerância ao déficit hídrico na época do estudo, porém as condições climáticas podem influenciar a cultura agrícola, pois não conseguiu expressar completamente seu potencial genético, verificando-se interferência através da precocidade no ciclo da cultura, retardando seu crescimento e adiantando o estádio fenológico reprodutivo.

A adubação com fertilizantes organominerais é uma excelente opção para a agricultura, sendo um produto de qualidade para o solo, principalmente por apresentar matéria orgânica que atuará não só na disponibilidade de nutrientes às plantas, mas também, na estruturação do solo.

A matéria orgânica influencia positivamente na dinâmica do solo, pois melhora a infiltração e armazenamento de água, o que a torna mais acessível às plantas; maior espaço poroso, possibilitando trocas gasosas do sistema radicular; favorece a atividade da microbiota do solo, que estão intimamente ligados à disponibilidade de nutrientes aos vegetais; previne a erosão do solo e fornece resistência à compactação; além de permitir maior eficácia no uso de fertilizantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABISOLÓ. Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal. IV edição. 2018.

ALMEIDA-JUNIOR, J. J.; PEROZINI, A. C.; SMILJANIC, K. B. A.; LIMA, L. I. O.; WILLERS, E. M.; SILVA, A. R. Características produtivas do sorgo Enforcer em sistema de plantio direto na região do sudoeste goiano, utilizando diferentes doses de fertilizantes organomineral. Mineiros-GO, 2018. Disponível em: <<http://www.unifimes.edu.br/ojs/index.php/coloquio/article/view/464/527>>. Acesso em: janeiro de 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. Estatísticas. Dados de 2015 a 2018. **Principais indicadores do setor de fertilizantes.** Disponível em: <<http://anda.org.br/estatisticas/>>. Acesso em: novembro de 2018.

ARAÚJO, B. L.; ARNHOLD, E.; OLIVEIRA-JUNIOR, E. A.; LIMA, C. F. Parâmetros genéticos em cultivares de sorgo granífero avaliados em safrinha. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 8, n. 2, p. 51 - 59, 2014.

ARAÚJO, F. F.; BETTIOL, W. Efeito de lodo de esgoto sobre patógenos habitantes do solo e severidade de oídio da soja. **Summa phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 3, p. 184 - 190, jul./sep. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052009000300004>

ARAÚJO-NETO, R. A.; ARAÚJO-FILHO, J. T.; SILVA, F. J.; ROCHA, A. E. Q.; FARIAS, J. J. A. Desenvolvimento do sorgo (*Sorghum Bicolor* L. Moench) forrageiro submetido a diferentes tipos e doses de adubação orgânica. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 12, n. 1, p. 31 - 40, 2014. <https://doi.org/10.28998/rca.v12i1.1278>

ANDRADE-NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 124 - 130, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000200002>

BARBOSA, J. C.; MALDONADO-JUNIOR, W. (2015). AgroEstat - Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos, Jaboticabal: FCAV/UNESP. 2015. 396 p.

BRASIL. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. 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, 15 jan. 2004. Seção 1, p. 2.

BRASIL. Decreto nº 86.955, de 18 de fevereiro de 1982. Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 fev. 1982. Seção 1, p. 2.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Brasília, v. 17, 2, p. 171 - 180, abr. /jun. 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522012000200006>

CESAR, R.; ALVARO, T.; SILVA, M.; COLONESE, J.; MOREIRA, C.; POLIVANOV, H.; EGLER, S.; BIDONE, E.; CASTILHOS, Z. Biodisponibilidade de contaminantes em solos brasileiros tratados com lodo de esgoto: uma abordagem ecotoxicológica utilizando bioensaios com organismos aquáticos e edáficos. **Geochimica Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 24, n.1, p. 41 - 49, out. 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos – safra 2018/2019 – Quarto levantamento – janeiro / 2019, v. 6, n. 4. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: janeiro de 2019.

CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2019.

COSTA, D. M. Estudo de bio-óleos de sorgo biomassa obtidos via pirólise catalítica rápida. Belo Horizonte, 2016. 106 p. Dissertação (Mestrado em Química). Programa de Pós-graduação em Química – PPGQ, Universidade Federal de Minas Gerais. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000600004>

COSTA, F. X.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, F. A. L.; ALVA, I. D. M. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água resíduária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 687 - 693, nov. /dec. 2009.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. S.; FIGUEIREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **Chemical Industry**, v. 1, p. 137 - 187, mar. 2017.

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. Fertilizantes: uma visão global sintética. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, n. 24, p. 97 - 138, set. 2006.

DUTRA, K. O. G.; IRINEU, T. H. S.; VÉRAS, M. L. M.; FIGUEREDO, J. P.; SILVA, J. N., ANDRADE, R.; MENESSES, C. H. S. G. Biochemical alterations of red rice cultivated at soil water levels and organomineral fertilization. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 9, n. 2, p. 185 - 183, mar. 2018. <https://doi.org/10.14295/cs.v9i2.2111>

ECO-ENERGIA. O que é biometano. Disponível em: <<https://www.eco-energia-brasil.com/topicos.html>>. Acesso em: dezembro de 2018.

EHLERS, E. A agricultura alternativa: uma visão histórica. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 24, n. especial, p. 231 - 262, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**, Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 1997. 212 p.

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

FINATTO, J.; ALTMAYER, T.; MARTINI, M.C. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v.5, n.4, p. 85 - 93, 2013.

GEOCICLO. **Empresa – Inovação**. 2018. Disponível em: <<http://www.geociclo.com.br/index.php/empresa/inovacao/#>>. Acesso em: julho de 2018.

KOMINKO, H., GORAZDA, K.; WZOREK, Z. The Possibility of organo-mineral fertilizer production from sewage sludge. **Waste Biomass Valorization**, v. 8, n. 5, p. 1781 - 1791, jan. 2017. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9805-9>

KOMINKO, H.; GORAZDA, K.; WZOREK, Z.; WOJTAS, K. Sustainable management of sewage sludge for the production of organo-mineral fertilizers. **Waste and Biomass Valorization**, v. 9, n. 10, p. 1817 - 1826, abr. 2018. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9942-9>

MALAVOLTA, E. **Futuro da nutrição de plantas o futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais**. International Plant Nutrition Institute – Brazil, 2008. Disponível em: <[https://www.ipni.net/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d20fb44d85259bf7032572530062870e/\\$file/jornal-121.pdf](https://www.ipni.net/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d20fb44d85259bf7032572530062870e/$file/jornal-121.pdf)>. Acesso em: novembro de 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009. Normas 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 – Seção 1. Brasil. 2009. 17 p.

MARCHI, C. M. D. F. Cenário mundial dos resíduos sólidos e o comportamento corporativo brasileiro frente à logística reversa. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, v. 1, n. 2, p. 118 - 135, jul. /dez.

MARTINKOSKI, L.; VOGEL, G. F. Utilização de sorgo como alternativa na produção de silagem. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 177 - 187, (Edição Especial) dez. 2013.

MASSON, I. S.; COSTA, G. H. G.; ROVIERO, J. P.; FREITA, L. A.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Produção de bioetanol a partir da fermentação de caldo de sorgo sacarino e cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 9, p. 1695 - 1700, jun. 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130549>

MOTA, F. A. S.; VIEGAS, R. A.; LIMA, A. A. S.; SANTOS, F. F. P.; CASELLI, F. T. R. Pirólise da biomassa lignocelulósica: uma revisão. GEINTEC: Gestão, Inovação e Tecnologias, São Cristóvão, v. 5, n. 4, p.2511-2525, nov. 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/287404935\\_PIROLISE\\_DA\\_BIOMASSA\\_LIGNOCELULOSICA\\_UMA\\_REVISAO](https://www.researchgate.net/publication/287404935_PIROLISE_DA_BIOMASSA_LIGNOCELULOSICA_UMA_REVISAO)>. Acesso em: janeiro de 2019. <https://doi.org/10.7198/S2237-0722201500040003>

OLIVEIRA, D. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; MATOS, A. L. A.; MAGELA, M. L. M. Organic matter sources in the composition of pelletized organomineral fertilizers used in sorghum crops. **African Journal of Agricultural Research**, Uberlândia, v. 12, p. 2574-2581, ago. 2017. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11476>

OLIVEIRA, M. A.; PEREIRA, O. G.; RIBEIRO, K. G.; SANTOS, M. E. R.; CHIZZOTTI, F. H. M.; CECON, P. R. Produção e valor nutritivo do capim-coastcross sob doses de nitrogênio e idades de rebrotação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n. 3, p. 694-703, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000300022>

PEARCE, R. B.; MOCK, J. J.; BAILEY, T. B. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. **Crop Science**, v. 15, n. 5, p. 691 - 694, 1975. <https://doi.org/10.2135/cropsci1975.0011183X001500050023x>

QUEIROZ, V. A. V.; VIZZOTTO, M.; CARVALHO, C. W. P. de; MARTINO, H. S. D. **O sorgo na alimentação humana.** Circular técnica n. 133, Embrapa – CNPMS, Sete Lagoas-MG, 2009.

RESENDE, A. V.; MAY, A.; SILVA, D. D.; SANTOS, F. C.; COTA, L. V.; OLIVEIRA, P. A.; MENDES, S. M.; PARRELLA, R. A. C.; COSTA, R. V.; MIRANDA, R. A. **Cultivo do sorgo biomassa para a cogeração de energia elétrica.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2013. 65p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.; VENEGAZ, V. H. A. (1999). **5<sup>a</sup> Aproximação - Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais,** Viçosa, 1999. 359 p.

RIBEIRO, O. D. J. Adequação dos custos da atividade agrícola. **Revista eletrônica de contabilidade**, v. 1, n. 1, p. 209 - 225, set. /nov. 2004. <https://doi.org/10.5902/198109465893>

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Adubação – resíduos alternativos.** Brasília: EMBRAPA. 2018. 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: junho de 2018.

SCHMIDT-FILHO, E.; GONÇALVES, J. C.; SILVA, M. T.; MATOS, N. C. S.; AZEVEDO, R. E. C. Redução dos impactos ambientais do setor sucroalcooleiro com a utilização da torta de filtro na adubação do solo. **Revista Uningá**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 05 - 09, jul. /set. 2016

SILVA, T. R.; VIANA, T. A.; CHAVES, E.; LEITE, M. R. P. **Utilização do biofertilizante bovino na cultura da alface e pimentão.** In: Jornada de Iniciação Científica e Extensão, n. 8, 2017, Araguatins: JICE, out. 2017. Não paginado.

SILVEIRA-JUNIOR, O.; SANTOS, A. C.; ROCHA, J. M. L.; FERREIRA, C. L. S.; OLIVEIRA, L. B. T.; RODRIGUES, M. O. D.; RODRIGUES, M. O. D. Implantação de pastagens sob sistema monocultivo e integrado com lavoura utilizando biofertilizante de cama de aviário como adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 16, n. 3, p. 499 - 512, jul. /set. 2015. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000300003>

TELES, D. S.; OLIVEIRA, G.; MENDONÇA, H. G.; CRUZ, P. H. L. Logística reversa e sustentabilidade. **Journal of Innovation, Projects and Technologies**, Pavuna, v. 4, n. 1, p. 129 - 136, jan. /jun. 2016. <https://doi.org/10.5585/iptec.v4i1.56>

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **The Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v. 18, p. 104 - 111, 1963. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H.; FOLONI, J. S. S.; ALVES-JÚNIOR, R. Adubação fosfatada mineral e organomineral no desenvolvimento do milho. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 6, n. 1, p. 08 - 14, jan. 2010. <https://doi.org/10.5747/ca.2010.v06.n1.a045>

TOMAZELI, V. N., SANTOS, I., & MORALES, R. G. F. Resíduos orgânicos para o controle das doenças do feijoeiro causadas por *Sclerotium rolfsii*. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v. 7, n. 1, p. 65 - 74, jan. /abr. 2011. <https://doi.org/10.5777/ambiciencia.2011.01.04>

TRANI, P. E.; TERRA, M. M.; TECCHIO, M. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; HANASIRO, J. **Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas**. Campinas, Instituto Agronômico, 2013. 16 p.

VIEIRA, G. E. G.; NUNES, A. P.; TEIXEIRA, L. F.; COLEN, A. G. N. Biomassa: uma visão dos processos de pirólise. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 15, n. 24, p. 105 - 212, jul. /dez. 2014. <https://doi.org/10.31514/rliberato.2014v15n24.p167>

VOISIN, A. **Adubos - Novas leis científicas de sua aplicação**, São Paulo, 1973. 130 p.

ZILLI, J. E. Z.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHO, H. L. C.; NEVES, M. C. P. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391 - 411, set. /dez. 2003.

ULSENHEIMER, A. M.; SORDI, A.; CERICATO, A.; LAJÚS, C. Formulação de fertilizantes organominerais e ensaio de produtividade. **Unoesc & Ciência - ACET** Joaçaba, v. 7, n. 2, p. 195 - 202, jul. /dez. 2016.

VIEIRA, G. E. G.; PEDROZA, M. M.; SOUZA, J. F.; PEDROZA, C. M.; O processo de pirólise como alternativa para o aproveitamento do potencial energético de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p. 01 - 106, jan. /jun. 2011. <https://doi.org/10.31514/rliberato.2011v12n17.p81>

## APÊNDICE A – ACEITE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO CIENTÍFICO

### Result of Review

**Title:** Use of Organomineral Fertilizers in Culture of Sorghum as Reversal Logistics of Organic Residues

**Corresponding Author(s):** Michelle Barcelos

#### Decision of Paper Selection

- ( ) A. Accept submission, no revisions required.
- (\*) B. Accept submission, revisions required; please revise the paper according to comments.
- ( ) C. Decline submission; you may revise and resubmit for review.
- ( ) D. Decline submission.

#### What should you do next? (Only for accepted papers, A & B)

- ✓ Revise the paper according to the comments (if applicable).
- ✓ All authors must agree on the publication; please inform us of agreement by e-mail.
- ✓ Pay a publication fee of 300.00USD for the paper.
  - ❖ Please find payment information at: <http://jas-pay.ccsenet.org>
  - ❖ Please notify the editorial assistant when payment has been made

#### Proposed Schedule for Publication (Only for accepted papers, A & B)

- ✓ Vol. 11, No. 1, December 15, 2018, if you meet above requirements within 2 weeks.
- ✓ e-Version First: the online version may be published soon after the final draft is completed.
- ✓ You may also ask to publish the paper later, if you need more time for revision or payment.

#### Additional Information (Only for accepted papers, A & B)

- ✓ You may download your article in PDF at: <http://jas.ccsenet.org>
- ✓ You may contact us to request an e-book of the full issue in PDF, *free of charge*.
- ✓ To order more print copies, please contact us.

## APÊNDICE B – VERSÃO DA PUBLICAÇÃO DO ARTIGO

Journal of Agricultural Science; Vol. 11, No. 2; 2019  
ISSN 1916-9752 E-ISSN 1916-9760  
Published by Canadian Center of Science and Education

### Use of Organo-Mineral Fertilizers in Grain Sorghum as Reverse Logistics of Organic Residues

Michelle Nunes Barcelos<sup>1</sup>, Reginaldo de Camargo<sup>1</sup>, Regina Maria Quintão Lana<sup>1</sup>, Uirá do Amaral<sup>2</sup>, Leandro Coelho de Araujo<sup>3</sup>, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho<sup>1</sup> & Thiago Assis Rodrigues Nogueira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institute of Agrarian Sciences, Federal University of Uberlândia, Uberlândia, MG, Brazil

<sup>2</sup> Federal Institute of Education Science and Technology of Triângulo Mineiro, Advanced campus of Campina Verde, Campina Verde, MG, Brazil

<sup>3</sup> School of Engineering, São Paulo State University, Ilha Solteira, SP, Brazil

Correspondence: Michelle Nunes Barcelos, Institute of Agrarian Sciences, Federal University of Uberlândia, MG, Brazil. Tel: 55-34-3412-2869. E-mail: michelleuems@gmail.com

Received: September 23, 2018

Accepted: November 5, 2018

Online Published: January 15, 2019

doi:10.5539/jas.v11n2pxx

URL: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n2pxx>

#### **Abstract**

Organo-mineral fertilizers are an opportunity for technological innovation, because allow the correct disposal of waste from various agroindustrial sectors, which is a global problem, in order to add value to the by-product generated, as prioritized in reverse logistics. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effect of organic matter sources on the composition of organo-mineral fertilizers in relation to the exclusive use of mineral fertilizers in cultivation of grain sorghum. The experiment was carried out at the Experimental Farm of the Federal Institute of the Triângulo Mineiro, located in the municipality of Campina Verde, State of Minas Gerais, Brazil. The experimental design was a randomized block with eight treatments and four replications arranged in a  $4 \times 2 + 2$  factorial scheme, corresponding to: four levels of organo-mineral fertilizers (70, 100, 130 and 160% of the recommended dose of phosphorus), two sources of organo-mineral fertilizers (sewage sludge and filter cake), and two controls (without and with recommended mineral fertilization). The evaluations were: height of stem, number of leaves and stem diameter at 30, 60, and 90 days after sowing (DAS); total plant height; dry mass of plant shoot at 90 DAS, *in vitro* digestibility of organic matter at 90 DAS; the relationship of leaf area/ leaf and leaf area/ plant at 90 DAS. All parameters obtained a significant effect for the levels of organo-mineral fertilizer, independent of organic source, except to number of leaves and stem diameter. However, the relationship between the two organic sources was not significant just to plant height at 60 DAS. Interaction between fertilizer levels and organic source occurred to plant height at 90 DAS, dry mass per plant at 90 DAS and *in vitro* digestibility of organic matter. There was good adjustment in the quadratic regression equation for sorghum growth.

**Keywords:** Poaceae, recycling, organic fertilizers, plant nutrition, urban waste

#### **1. Introduction**

The sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) is a native plant of northwest region of Africa, with tropical climate and short-day, belongs to the group of grasses (C4), has been cultivated in a wide range of latitude. It is tolerant to high temperatures and water deficiency, due to its leaf characteristics of xerophytic plants and efficient morphological mechanism (Andrade-Neto et al., 2010), which makes it cultivable in the summer season.

Organic compounds when available can promote the quality of soil and efficiency in the production of plants, because influence in its chemical, physical and biological attributes. Traditional agricultural practices to produce fertilizers from artisan blends, were improved with addition of NPK (Cruz et al., 2017). That brought an innovative agricultural input on production of organo-mineral fertilizers, which allow a greater use of available nutrients than conventional fertilizers.

Other potential benefits of organic matter added in fertilizer is the control of phytopathogens of soil. Tomazeli et al. (2011) observed the increase microbial activity of decomposing agents, there is a reduction number of survival structures of pathogen and this minimizes the symptoms of disease in plants caused by fungus *Sclerotium rolfsii*. Studies have demonstrated that sewage sludge applied to soil improved the emergence of seedlings and decreased the severity of *Erysiphe difflusa* (Araújo & Bettoli, 2009).

Organic-mineral fertilizers are produced about association of organic matter and minerals in a balanced form, can be found commercially with diversifying source of organic raw material. The compost must be at least 8% of organic carbon; CEC of 80 mmol kg<sup>-1</sup>; 10% of isolated primary macronutrients (N, P, K) or in mixtures (NP, PK, NPK or NK); 5% of secondary and micronutrients maximum humidity of 30% (Trani et al., 2013).

In addition, there are several problems caused by inadequate management of solid wastes from urban, agricultural and industrial activities on the environment, resulting in serious economic and social damages, as in the aspect of costly spending on preventive measures and treatment of health (Schmidt-Filho et al., 2016). Sewage sludge mixed to mineral fertilizers is suitable for application to soil and can reduce the costs of its disposal (Kominko et al., 2017).

This evolution in the fertilizer sector based in reverse logistics, has become companies more competitive, with strategic use of their post-consumer products, financial return and proper environmental management (Teles et al., 2016). It also allows sustainable development by reducing the amount of stored waste, ensures the recycling of nutrients and organic matter to the soil and improves the use of natural resources, as long as it meets the minimum quality requirements (Kominko et al., 2018).

Therefore, the objective of this work was to evaluate the reuse of organic wastes filter cake and sewage sludge, previously transformed into organo-mineral fertilizer, in cultivation of sorghum.

## 2. Methods

A field experiment was carried out in the experimental farm of the Federal Institute of the Triângulo Mineiro (IFTM), at Campina Verde, State of Minas Gerais, Brazil (19°32'44" S and 49°31'10" W, 576 m a.s.l.). Grain sorghum cultivar Enforcer was used as test plant and cropped in a Typic Hapludox (Soil Survey Staff, 2014) after limestone application (adding 1.35 Mg ha<sup>-1</sup> of limestone) based on the soil test results (Table 1) and recommendations to sorghum plants of the State of Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999).

Table 1. Chemical properties of soil in the experimental area before sorghum seeding

Layer	pH	P <sub>Mehlich-1</sub>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB <sup>1</sup>	CEC <sub>total</sub> <sup>2</sup>	BS <sup>3</sup>	m <sup>4</sup>	OM <sup>5</sup>
cm	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>					cmol dm <sup>-3</sup>			%		dag kg <sup>-1</sup>
0-20	5.4	26.0	0.19	1.2	0.4	0.2	3.40	1.79	5.19	34	8	0.8
20-40	5.2	7.3	0.07	0.9	0.3	0.4	2.50	1.27	3.77	34	24	0.5

Note. Analysis were obtained according to procedures described by Embrapa (1997); <sup>1</sup>SB: Sum of bases; <sup>2</sup>CEC<sub>total</sub>: Cation exchange capacity; <sup>3</sup>BS: Base saturation; <sup>4</sup>m = Aluminum saturation; <sup>5</sup>OM = Organic matter.

The experimental design was a randomized block with eight treatments and four replications arranged in a 4 × 2 + 2 factorial scheme, corresponding to: four levels of fertilization with organo-mineral fertilizers (70, 100, 130 and 160% of the recommended dose of phosphorus), two sources of organo-mineral fertilizers (sewage sludge and filter cake) (Table 2), and two controls (without and with recommended mineral fertilization).

Table 2. Chemical characteristics of organo-mineral fertilizers composed of sewage sludge and filter cake

Organic matter	pH <sub>water</sub>	OM <sup>1</sup>	TOC <sup>2</sup>	N <sub>total</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Relation C/N
		g kg <sup>-1</sup>			%		
Sewage sludge	7.6	19.80	19.80	0.79	2.23	0.24	28/1
Filter cake	6.8	23.49	23.49	0.61	0.95	0.30	14/1

Note. <sup>1</sup>OM: Organic matter; <sup>2</sup>TOC: Total organic carbon.

The application of organo-mineral fertilizers was done manually in sowing furrow in march 2018, in plots of 3 × 3 m and spacing between rows of 0.7 m. Nitrogen fertilization in coverage was made according recommendation to sorghum plants of the State of Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999). Sprinkler irrigation after sowing up to seedling stage was realized so that the summer period, did not harm the establishment in the culture in the field. The control of weeds after sowing was by means of manual weeding between rows.

After 30, 60, and 90 days after sowing (DAS) was obtained the number of sheets, stem diameter and the plant height, in this, was considered the distance from the stem neck until sheath region of the last fully developed sheet. The total height was measured up to the apex of the panicle at 90 DAS.

The samples of aerial part of plants were packed in paper bags to drying in heater at temperature of 65 °C during 72 hours, and weighed in precision balance for determination of dry mass at 90 DAS. These samples were used to obtain *in vitro* digestibility of organic matter (IVDOM), which was determined using the methodology described by Tilley and Terry (1963).

The leaf area per sheet at 90 DAS was determined following the procedure of Pearce et al. (1975) and was calculated from Equation (1):

$$LA/S = L \times W \times 0.75 \quad (1)$$

Where, LA/S = leaf area per sheet ( $\text{cm}^2$ ), L = length (cm), W = width (cm).

The leaf area per plant at 90 DAS was determined following the procedure of Pearce et al. (1975) and was calculated from Equation (2):

$$LA/P = LA/S \times 9.39 \quad (2)$$

Where, LA/P = leaf area per plant ( $\text{cm}^2$ ), LA/S = leaf area per sheet ( $\text{cm}^2$ ).

The data were submitted to analysis of variance through the statistical program AGROESTAT (Barbosa & Maldonado-Junior, 2015) and means where significant were grouped according to Tukey's teste ( $p < 0.05$ ), and in the existence of interaction the unfolding was obtained. Similary, the regression analysis was performed to verify the best doses of each organic source of all parameters of growth.

### 3. Results and Discussion

The analysis of variance showed a significant effect of levels of organo-mineral fertilization for variables plant height, leaf area, dry mass and *in vitro* digestibility of organic matter (Table 3). There was influence of sources of organic matter, except to plant height at 60 DAS. Regarding the additional control treatments, the mineral fertilization was better than the treatment without any fertilization, only to plant height at 90 DAS, total plant height and dry mass per plant (Table 3).

Doses of sewage sludge in corn demonstrated effect on plant height during entire cycle of culture and distinct behavior between the doses, however the characteristics of stem diameter and leaf area were not influenced (Costa et al., 2009). This was similar in this work, to both sources of fertilizer organo-mineral, sewage sludge and filter cake.

No effect of levels or sources of organo-mineral fertilizer were observed on the number of leaves and diameter of plants. There was not visible phytotoxic effect after the application of the organo-mineral fertilizer, maybe due to the heritability factor high magnitude for the characteristic (Araújo et al., 2014).

However, Silveira-Junior (2015) found phytotoxic effects soon after the application of bio-fertilizers, this obtained by anaerobic biodigestion of aviary bed on the *Brachiaria brizantha* cv. Piatã alone and consortium with fodder sorghum, which presented chlorosis and necrosis.

**Table 3.** Mean and *F* values for the plant phenotypic values on the basis of levels of organo-mineral fertilizers, source of organic matters and additional control treatments

Treatment	PH30DAS	PH60DAS	PH90DAS	TPH	LAPS	LAPP	DMPP	IVDOM
	cm			cm <sup>2</sup>		g per plant		%
<i>Levels of organo-mineral fertilizer (LOF)</i>								
70%	16.09a	31.47a	45.22a	67.50b	188.79b	1772.78b	26.13b	86.43a
100%	16.28a	31.60a	46.93a	72.40a	231.53a	2174.07a	28.66ab	85.53b
130%	13.30b	27.23b	38.56c	61.34c	195.52ab	1835.97ab	30.33a	86.27a
160%	14.90ab	29.12ab	42.00b	69.13ab	207.66ab	1949.93ab	30.25a	86.46a
<i>F-test</i>	7.91**	4.18*	54.49**	17.03**	3.71*	3.71*	5.21**	13.52**
<i>Organic matter (OM)</i>								
Sewage sludge	14.52	29.06	40.92	65.67	193.54	1817.39	28.73	86.57
Filter cake	15.76	30.65	45.43	69.51	218.20	2048.99	28.96	85.77
<i>F-test</i>	6.39*	2.42 <sup>NS</sup>	81.36**	11.69**	6.38*	6.38*	7.87**	45.38**
<i>LOF × OM</i>								
<i>F-test</i>	1.33 <sup>NS</sup>	1.03 <sup>NS</sup>	4.01*	1.57 <sup>NS</sup>	2.15 <sup>NS</sup>	2.15 <sup>NS</sup>	32.97**	34.38**
<i>Control treatments</i>								
Without fertilization	12.51	24.89	34.88	56.81	151.65	1423.99	15.94	86.57
With mineral fertilization	13.75	28.77	42.00	69.31	170.73	1603.18	23.15	86.70
<i>F-test</i>	1.62 <sup>NS</sup>	3.64 <sup>NS</sup>	50.57**	30.92**	0.95 <sup>NS</sup>	0.96 <sup>NS</sup>	6.27*	0.30 <sup>NS</sup>
CV (%)	9.35	9.85	3.35	4.76	14.02	14.02	8.05	0.39

Note. Plant height at days after sowing (PH30DAS), (PH60DAS) and (PH90DAS) and total (TPH); leaf area per sheet (LAPS) and per plant (LAPP) at 90 DAS; dry mass per plant (DMPP) at 90 DAS; *in vitro* digestibility of organic matter (IVDOM) at 90 DAS; LOF × OM: effect of the interaction between levels of organo-mineral fertilizer and organic matter. \*\* Significant at the  $p < 0.01$  level. \* Significant at the  $p < 0.05$  level. NS, not significant.

Significant interaction between levels of organo-mineral fertilizer and sources of organic matter was observed at plant height at 90 DAS (Table 3). Unfolding this interaction (Table 4), allowed to observe that in the lower levels of organo-mineral fertilizer, it provided higher plant height for the two sources of organic matter, however, the filter cake obtained better response than sewage sludge in all levels.

Araújo-Neto et al. (2014), also studying the development of sorghum, verified significant interaction between types and doses of organic fertilizers at the variable of plant height.

Oliveira et al. (2016) saw that there was not interaction between the sources of organic matter and the levels of organo-mineral to plant height, stem diameter, chlorophyll a, chlorophyll b, and leaf area in sorghum at 30 DAS.

**Table 4.** Split of the interaction of levels × source of organic matter with respect plant height (cm) to sewage sludge (PHSS) and filter cake (PHFC) of sorghum at 90 days after sowing

Levels (%)	PHSS	PHFC
70	43.50aB	46.94aA
100	45.31aB	48.56aA
130	34.81cB	42.31bA
160	40.06bB	43.94bA

Note. Means followed by same letters, uppercase in the column and lowercase in the line, are not significantly different by the Tukey's test at  $p < 0.05$ .

For the dry mass, there was a significant interaction between the levels of organo-mineral fertilizer and the sources of organic matter (Table 3), and in its unfolding it (Table 5). The 130% level for sewage sludge provided the highest

dry mass values (36.70 g). However, for the filter cake, at this same level, there was a reduction in the biomass production of the plants.

Tiritan et al. (2010) observed that the dry mass production of the aerial part of maize, that the addition of organic fertilizer next to the doses of phosphorus, allowed greater availability of the nutrient for the plants.

**Table 5.** Split of the interaction of levels × source of organic matter with respect dry mass (g) to sewage sludge (DMSS) and filter cake (DMFC) of sorghum at 90 days after sowing

Levels (%)	DMSS	DMFC
70	23.42cB	28.84aA
100	25.54bcB	31.78aA
130	36.70aA	23.97bB
160	29.26bA	31.25aA

*Note.* Means followed by same letters, uppercase in the column and lowercase in the line, are not significantly different by the Tukey's test at  $p < 0.05$ .

The *in vitro* digestibility of organic matter presented significant interaction between the levels of organo-mineral fertilizer and the sources of organic matter (Table 3), being from 130 and 160% of level of organo-mineral fertilizer based on sewage sludge was higher and from 70% with filter cake was smaller (Table 6). In contrast, between the source of organic matter, just in levels of 130 and 160% of filter cake obtained less values than sewage sludge.

Fertilization may influence the bromatological characteristics of plants, as well as climatic conditions. The use of sorghum in regions less suitable for maize may be an alternative for the production of silage. Martinkoski & Vogel (2013) affirmed that sorghum with low values or without tannin, allows the *in vitro* digestibility of ruminants to be unaffected by these polyphenols. This maybe explains the high *in vitro* digestibility obtained in this work, due to the use of a sorghum without tannin.

**Table 6.** Split of the interaction of levels × source of organic matter with respect *in vitro* digestibility of organic matter (%) to sewage sludge (IVDSS) and filter cake (IVDFC) of sorghum at 90 days after sowing

Levels (%)	IVDSS	IVDFC
70	86.24bA	86.62aA
100	85.34cA	85.72bA
130	87.44aA	85.09bB
160	87.26aA	85.66bB

*Note.* Means followed by same letters, uppercase in the column and lowercase in the line, are not significantly different by the Tukey's test at  $p < 0.05$ .

Plant height at 30 DAS obtained adjustment in the quadratic regression equation, as shown in Figure 1. Thus, to obtain the highest plant height, of 16.02 cm, is recommended to use just 104.16% of organo-mineral fertilizer of filter cake, or 84.75% of organo-mineral fertilizer of sewage sludge to obtain 15.53 cm of maximum height. The application of organo-mineral fertilizer also favored the growth of red rice (Dutra et al., 2018).

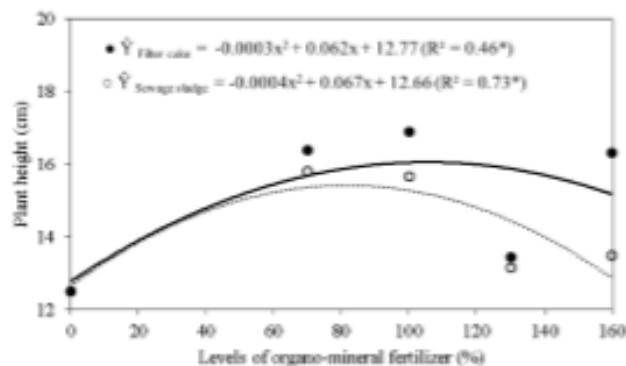


Figure 1. Plant height at 30 days after sowing of sorghum as function of sources and levels of organo-mineral fertilizer. \*Significant at the  $p < 0.05$  level. NS, not significant

The plant height at 60 DAS showed a quadratic quadratic effect ( $p > 0.05$ ) (Figure 2). Therefore, to obtain the highest plant height, of 31.73 cm and 29.46 cm, is recommended to use 84.72% of organo-mineral fertilizer of filter cake or 93.10% of organo-mineral fertilizer of sewage sludge, respectively.

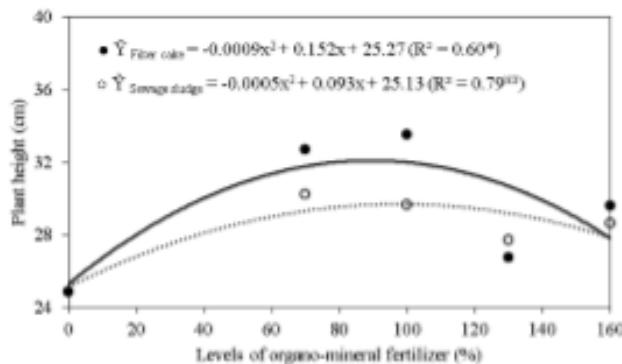


Figure 2. Plant height at 60 days after sowing of sorghum as function of sources and levels of organo-mineral fertilizer. \*Significant at the  $p < 0.05$  level. NS, not significant

Plant height at 90 DAS obtained adjustment in the quadratic regression equation, as shown in Figure 3. Therefore, to obtain the highest plant height of 47.51 cm or 42.55 cm, is recommended to use organo-mineral fertilizer in levels of 101.25% to source of filter cake and of 84.55% of sewage sludge, respectively.

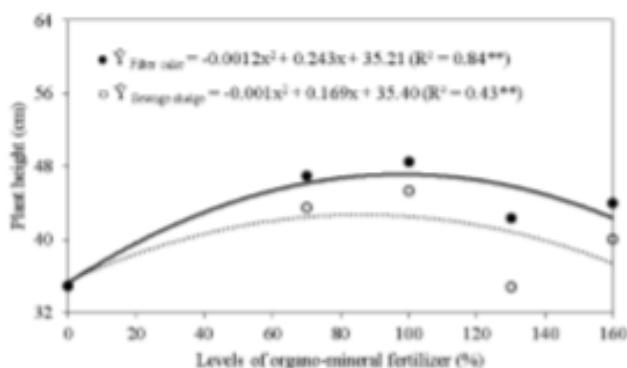


Figure 3. Plant height at 90 days after sowing of sorghum as function of sources and levels of organomineral fertilizer. \*\* Significant at the  $p < 0.01$  level. \*Significant at the  $p < 0.05$  level

Total plant height obtained adjustment in the quadratic regression equation. Like this, to each organo-mineral fertilizer, will be obtained 66.51 cm of maximum total height with 113.71% of filter cake and 71.26 cm with 113.50% of sewage sludge.

It is important to observe for plant height, depending on the stage when the height was measured, sometimes the agromineral fertilizer from sludge is more associated with this phenotype (greater  $R^2$ ) compared to the fertilizer from filter cake, however, sometimes there is an opposite trend. That is possible because, despite complying with Brazilian legislation, both products, filter cake and sewage sludge, may present different amounts of available nutrients. In addition, the absorption of nutrients is influenced by the needs required by the crop during its development.

Plant height in different days after sowing were influenced by phenological stage, when used sources of green manure in sorghum (Andrade-Neto et al., 2010).

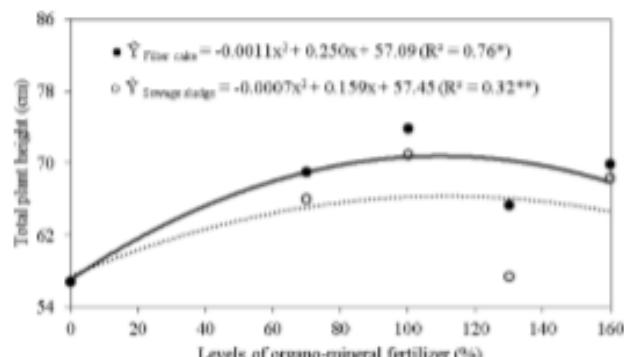


Figure 4. Total plant height of sorghum as function of sources and levels of organomineral fertilizer.  
\*\*Significant at the  $p < 0.01$  level. \*Significant at the  $p < 0.05$  level

The leaf area per sheet was affected by the levels of organo-mineral fertilizer and that this effect adjusts to a polynomial quadratic model ( $p < 0.05$ ), as shown in Figure 5. At the level 131.15% of filter cake the maximum value will be  $211.55 \text{ cm}^2$  and 110.13% of sewage sludge will be  $199.87 \text{ cm}^2$ , to the organo-mineral fertilizer. Effect of levels of organo-mineral fertilizer was similar in the leaf area per plant (Figure 6), since until 130.46% of filter cake to  $2687.05 \text{ cm}^2$  and 109.53% of sewage sludge to  $1874.14 \text{ cm}^2$ . The highest value of leaf area was observed when added  $20 \text{ t ha}^{-1}$  of cattle manure in soil, corresponded an increase of  $192.83 \text{ cm}^2$  in leaf area of sorghum (Araújo-Neto et al., 2014).

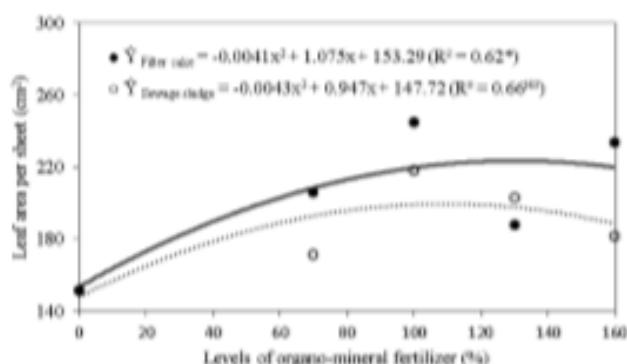


Figure 5. Leaf area per sheet of sorghum as function of sources and levels of organomineral fertilizer.

\*Significant at the  $p < 0.05$  level. NS, not significant

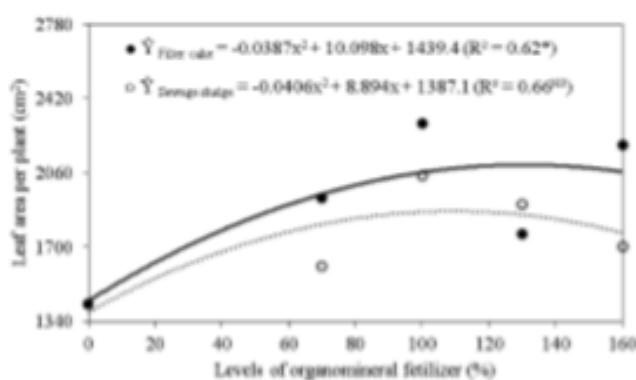


Figure 6. Leaf area per plant of sorghum as function of sources and levels of organomineral fertilizer.

\*Significant at the  $p < 0.05$  level. NS, not significant

The production of dry mass per plant had quadratic effect on the filter cake (Figure 7), and the higher observed dry mass was of 29.86 g with 121.83% in the fertilization. However, the higher level of organo-mineral produced with sewage sludge, negatively affected the biomass production of the plants.

Silveira-Junior et al. (2015) verified a linear increase of dry mass of sorghum, after the application of doses of biofertilizers in the two systems of crops, in intercropping and monoculture, being that the higher dose provided similar production for both.

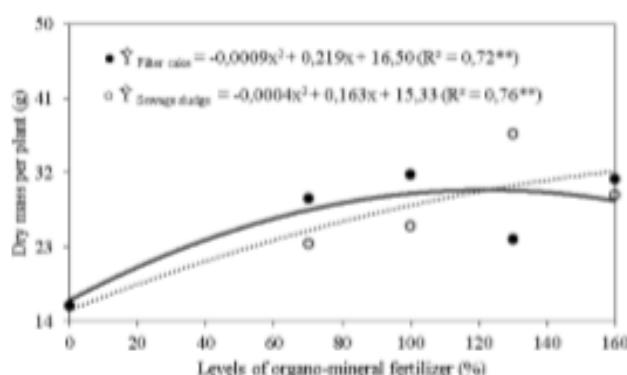


Figure 7. Dry mass per plant of sorghum as function of sources and levels of organo-mineral fertilizer.

\*\*Significant at the  $p < 0.01$  level

#### 4. Conclusions

The study on the behavior of sorghum, submitted to organo-mineral fertilization, proved efficient to glimpse the effect of different organic sources composed to the product. It is important to emphasize what the producer seeks to achieve by cultivating the crop, thus achieving a more favorable result when choosing the level and the ideal fertilizer to be used. The use of organic waste is a promising source for industries and entrepreneurs, which has two correlated functions, the correct disposal of by-products and the generation of a product with added value, without presenting environmental risks. Therefore, organic waste can be sold as a source of raw material or reprocessed in the factory itself, in this case, the sewage sludge and the filter cake, potentials for plant nutrition.

#### References

- Araújo, B. L., Arnhold, E., Oliveira-Junior, E. A., & Lima, C. F. (2014). Genetic parameters in sorghum cultivars evaluated in the off-season. *Revista Trópica—Ciências Agrárias e Biológicas*, 8, 51-59.
- Araújo, F. F., & Bettoli, W. (2009). Effect of sewage sludge in soil-borne pathogens and powdery mildew severity in soybean. *Sunma phytopathologica*, 35, 184-190. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052009000300004>
- Araújo-Neto, R. A., Araújo-Filho, J. T., Silva, F. J., Rocha, A. E. Q., & Farias, J. J. A. (2014). Forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) development submitted to different types and levels of organic fertilizer. *Ciência Agrícola*, 12, 31-40. <https://doi.org/10.28998/rca.v12i1.1278>
- Andrade-Neto, R. C., Miranda, N. O., Duda, G. P., Góes, G. B., & Lima, A. S. (2010). Growth and yield of forage sorghum cv. BR 601 under green manure. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 124-130.
- Barbosa, J. C., & Maldonado, Junior, W. (2015). *AgroEstat—Sistema para análises estatísticas de ensaios agronómicos* (p. 396). Jaboticabal: FCAV/UNESP.
- Costa, F. X., Lima, V. L. A., Beltrão, N. E. M., Azevedo, C. A. V., Soares, F. A. L., & Alva, I. D. M. (2009). Residual effects of application of biosolid and of irrigation with wastewater on corn growth. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 687-693. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000600004>
- Cruz, A. C., Pereira, F. S., & Figueiredo, V. S. (2017). Organic-mineral agri-waste fertilizers: evaluation of the Brazilian economic potential. *Chemical Industry*, 1, 137-187.
- Dutra, K. O. G., Irineu, T. H. S., Véras, M. L. M., Figueiredo, J. P., Silva, J. N., Andrade, R., & Meneses, C. H. S. G. (2018). Biochemical alterations of red rice cultivated at soil water levels and organomineral fertilization. *Comunicata Scientiae*, 9, 185-183. <https://doi.org/10.14295/cs.v9i2.2111>
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). (1997). *Manual de métodos de análise de solos* (2nd ed., p. 212).
- Kominko, H., Gorazda, K., & Wzorek, Z. (2017). The Possibility of Organo-Mineral Fertilizer Production from Sewage Sludge. *Waste Biomass Valor*, 8, 1781-1791. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9805-9>

- Kominko, H., Gorazda, K., Wzorek, Z., & Wojtas, K. (2018). Sustainable Management of Sewage Sludge for the Production of Organo-Mineral Fertilizers. *Waste and Biomass Valorization*, 9, 1817-1826. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9942-9>
- Martinkoski, L., & Vogel, G. F. (2013). Using sorghum as alternative in the production of silage. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 8, 177-187.
- Oliveira, D. P., Camargo, R., Lemes, E. M., Lana, R. M. Q., Matos, A. L. A., & Magela, M. L. M. (2017). Organic matter sources in the composition of pelletized organomineral fertilizers used in sorghum crops. *African Journal of Agricultural Research*, 12, 2574-2581. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11476>
- Pearce, R. B., Mock, J. J., & Bailey, T. B. (1975). Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. *Crop Science*, 15, 691-694. <https://doi.org/10.2135/cropscl1975.0011183X001500050023x>
- Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T., & Venegaz, V. H. A. (1999). 5<sup>a</sup> Aproximação—Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (1st ed., p. 359). Viçosa-MG: Editora SBCS.
- Schmidt-Filho, E., Gonçalves, J. C., Silva, M. T., Matos, N. C. S., & Azevedo, R. E. C. (2016). Reducing the environmental impacts of the sugarcane sector using filter cake in soil fertilization. *Revista Uningá*, 27, 05-09.
- Silveira-Junior, O., Santos, A. C., Rocha, J. M. L., Ferreira, C. L. S., Oliveira, L. B. T., Rodrigues, M. O. D., & Rodrigues, M. O. D. (2015). Establishment of pastures under monoculture farming and integrated with biofertilizer using poultry litter as a nutrient source. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, 16(3), 499-512. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000300003>
- Soil Survey Staff. (2014). *Keys to Soil Taxonomy* (12th ed., p. 362). Washington, DC: United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service.
- Teles, D. S., Oliveira, G., Mendonça, H. G., & Cruz, P. H. L. (2016). Reverse logistics and sustainability. *Journal of Innovation, Projects and Technologies*, 4, 129-136.
- Tilley, J. M. A., & Terry, R. A. (1963). A two-stage technique for the "in vitro" digestion of forage crops. *The Journal of the British Grassland Society*, 18, 104-111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
- Tiritan, C. S., Santos, D. H., Foloni, J. S. S., & Alves-Júnior, R. (2010). Phosphorus fertilization mineral and organomineral on corn. *Colloquium Agrarias*, 6, 08-14.
- Tomazeli, V. N., Santos, I., & Morales, R. G. F. (2011). Organic residues for the control of bean diseases caused by *Sclerotium rolfsii*. *Ambiência*, 7, 65-74. <https://doi.org/10.5777/ambiente.2011.01.04>
- Trani, P. E., Terra, M. M., Tecchio, M. A., Teixeira, L. A. J., & Hanasiro, J. (2013). Organic Fertilization of Vegetables and Fruits. *Organic fertilization of vegetables and fruits* (Technical Bulletin). Retrieved from [http://www.iac.sp.gov.br/imagem\\_informacoestecnologicas/83.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/83.pdf)

#### Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## ANEXO I

### Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Residual for H30DAP	,135	32	,143	,936	32	,058
Residual for H60DAP	,072	32	,200*	,978	32	,742
Residual for H90DAP	,109	32	,200*	,954	32	,188
Residual for HAEI	,147	32	,075	,947	32	,121
Residual for NF30DAP	,097	32	,200*	,979	32	,784
Residual for NF60DAP	,103	32	,200*	,978	32	,748
Residual for NF90DAP	,087	32	,200*	,980	32	,792
Residual for DC30DAP	,083	32	,200*	,982	32	,863
Residual for DC60DAP	,099	32	,200*	,968	32	,434
Residual for DC90DAP	,082	32	,200*	,972	32	,565
Residual for PBS90DAP	,108	32	,200*	,972	32	,544
Residual for AFF	,128	32	,198	,956	32	,209
Residual for AFP	,128	32	,198	,956	32	,209
Residual for PBST	,108	32	,200*	,972	32	,544
Residual for DIVMO	,112	32	,200*	,970	32	,488
Residual for N	,136	32	,143	,911	32	,012
Residual for P	,112	32	,200*	,961	32	,300
Residual for K	,115	32	,200*	,977	32	,706
Residual for S	,145	32	,085	,972	32	,557
Residual for Ca	,121	32	,200*	,970	32	,496
Residual for Mg	,165	32	,026	,939	32	,071
Residual for Cu	,117	32	,200*	,959	32	,263
Residual for Fe	,099	32	,200*	,954	32	,184
Residual for Mn	,162	32	,032	,938	32	,065
Residual for Zn	,175	32	,014	,958	32	,244
Residual for B	,122	32	,200*	,954	32	,183

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

**Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>**

	F	df1	df2	Sig.
Residual for H30DAP	6,134	7	24	,000
Residual for H60DAP	32,611	7	24	,000
Residual for H90DAP	1,641	7	24	,172
Residual for HAEI	6,437	7	24	,000
Residual for NF30DAP	1,984	7	24	,100
Residual for NF60DAP	5,721	7	24	,001
Residual for NF90DAP	2,028	7	24	,093
Residual for DC30DAP	,312	7	24	,942
Residual for DC60DAP	1,641	7	24	,172
Residual for DC90DAP	1,491	7	24	,218
Residual for PBS90DAP	,360	7	24	,917
Residual for AFF	1,865	7	24	,120
Residual for AFP	1,865	7	24	,120
Residual for PBST	,360	7	24	,917
Residual for DIVMO	,946	7	24	,491
Residual for N	,592	7	24	,756
Residual for P	1,967	7	24	,103
Residual for K	1,678	7	24	,162
Residual for S	1,288	7	24	,298
Residual for Ca	1,768	7	24	,141
Residual for Mg	,673	7	24	,692
Residual for Cu	,415	7	24	,883
Residual for Fe	3,186	7	24	,016
Residual for Mn	2,620	7	24	,037
Residual for Zn	,691	7	24	,679
Residual for B	1,310	7	24	,288

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Tratamento