

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS-UFAM**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS-FCA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL-PPGATR**

**EFEITO DE DOSES DE ESTERCO BUBALINO NA PRODUTIVIDADE DE MILHO  
VERDE E SILAGEM, EM TERRA FIRME NO AMAZONAS**

**MANAUS-AM**

**2021**

**TASSIA MICHELLI NOGUEIRA NEGREIROS**

**EFEITO DE DOSES DE ESTERCO BUBALINO NA PRODUTIVIDADE DE MILHO  
VERDE E SILAGEM, EM TERRA FIRME NO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

**Orientadora:** Dra. Albejamere Pereira de Castro

**Coorientador:** Dr. Fábio Jacobs Dias

**MANAUS-AM**

**2021**

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

N385e      Negreiros, Tassia Michelli Nogueira  
Efeito de doses de esterco bubalino na produtividade de milho verde e silagem, em terra firme no Amazonas. / Tassia Michelli Nogueira Negreiros . 2021  
52 f.: il.; 31 cm.

Orientadora: Albejamere Pereira de Castro  
Coorientador: Fábio Jacobs Dias  
Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Adubação orgânica. 2. Milho verde . 3. Ensilagem. 4. Híbrido AG1051. I. Castro, Albejamere Pereira de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

TASSIA MICHELLI NOGUEIRA NEGREIROS

**EFEITO DE DOSES DE ESTERCO BUBALINO NA PRODUTIVIDADE DE MILHO  
VERDE E SILAGEM, EM TERRA FIRME NO AMAZONAS**

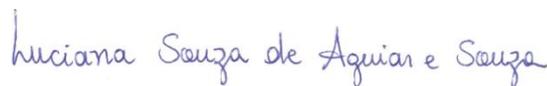
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

**Aprovada em 19 de novembro de 2021.**

**BANCA EXAMINADORA**



Dr<sup>a</sup>. Albejamere Pereira de Castro, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM



Dr<sup>a</sup>. Luciana Souza de Aguiar e Souza, Membro  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM



Dr. Inocência Junior de Oliveira, Membro  
Embrapa Amazônia Ocidental – EMBRAPA

## DEDICO

*À minha mãe Maria de Jesus Nogueira Pessoa (in memoriam), maior exemplo de fé e humildade, minha inspiração e minha saudade, te amei na vida e amo na eternidade.*

*Aos meus filhos Thalles Marcelo e Thauã Gael, razões da minha vida e felicidade, meus incentivos a seguir em frente e mudar nossa realidade. Eu os amo muito, são minha melhor metade.*

*Ao meu esposo Marcelo Nunes, pelo amor, companheirismo, encorajamento a continuar, por tudo que somos juntos e sonhamos realizar.*

*Aos meus irmãos Eduardo Bruno, Willian Rafael e Thatiane de Jesus, pelo incentivo, apoio e oração. Minha torcida escancarada, que sempre prevaleça nossa UNIÃO. Amo vocês!*

*Aos meus sobrinhos Rafael Gustavo e Noah Eduardo, amo vocês infinitamente e por sempre se fazerem presentes, me impulsionam a seguir em frente.*

*À minha sogra Marilda e sua irmã Raimunda, pelo apoio, carinho, amizade e dedicação, por cuidarem dos meninos nos momentos de correria e de tensão, sem nunca soltar a minha mão.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus e Nossa Senhora pelas bênçãos de todos os dias, dom da vida. Que juntos possam continuar abençoando, protegendo e iluminando meus passos e minhas decisões. Que permaneçam sempre ao meu lado e que vossas vontades sempre prevaleçam. Amém.

À Universidade Federal do Amazonas, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical pela oportunidade em desenvolver este trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

À minha orientadora, Dr<sup>a</sup>. Albejamere Pereira de Castro, pelos ensinamentos, dedicação, incentivo, paciência, apoio na condução do experimento em campo, carinho e amizade.

Ao meu coorientador, Dr. Fábio Jacobs Dias, pelos ensinamentos, paciência, contribuições na execução do experimento, atenção, carinho e amizade.

Ao Dr. Francisco Adilson dos Santos Hara pela atenção e contribuições no trabalho.

Ao Núcleo de Socioeconomia – NUSEC, da Universidade Federal do Amazonas, pelo espaço disponibilizado para realização de atividades de pesquisa.

À Fazenda Experimental – FAEXP e ao Laboratório de Forragicultura e Pastagens - LAFOPAST, da Universidade Federal do Amazonas, pela infraestrutura disponibilizada para realização do experimento.

Ao Dr. Inocência Junior de Oliveira da Embrapa Amazônia Ocidental, pela disponibilização de sementes de milho utilizado no experimento.

À Manuela Marques, Pamela Karoline, Carla Coelho, Ana Cecília, Kleyver e Hugo's pelo apoio na condução do experimento em campo (FAEXP) e, Midian Salgado, Ana Carla e Ana Rebeca pelo apoio nas análises laboratoriais (LAFOPAST).

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical pelos ensinamentos, aos amigos de mestrado Lucivânia, Jerônimo, Inozile, Lourenço, Gustavo, Patrick e Charles, pelas experiências compartilhadas.

À minha família e amigos, por tudo que representam na minha vida.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, obrigada!

NEGREIROS, Tassia Michelli Nogueira. **Efeito de doses de esterco bubalino na produtividade de milho verde e silagem, em terra firme no Amazonas.** 2021. 52p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM.

### **Resumo**

A utilização de esterco bubalino no solo viabiliza a produção de milho em área de terra firme no Amazonas, melhorando os atributos do solo, além de baratear os custos. Esta pesquisa visou testar a influência de diferentes doses de esterco bubalino no crescimento, produtividade do milho verde e na qualidade da silagem. Plantas de milho híbrido AG1051 foram cultivadas durante 90 dias em condições de campo, aos 75 dias após emergência (DAE) foi realizado a colheita do milho verde e aos 90 DAE foi realizado a ensilagem. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) com seis tratamentos (0, 30, 60, 90, 120 t ha<sup>-1</sup> de esterco bubalino e adubação mineral - 170-120-140 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente) com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Foi determinado o estado nutricional do solo, antes e após aplicação dos tratamentos, e da planta, parâmetros de crescimento, produtividade e composição centesimal da silagem. As doses de esterco bubalino promoveram melhorias nas propriedades químicas do solo e incrementos satisfatórios de macro e micronutrientes na massa seca da parte aérea (MSPA), bem como na produtividade de milho verde e silagem. O uso de esterco bubalino mostrou ser uma alternativa para adubação do milho híbrido AG1051, por ser tão eficiente quanto a adubação mineral.

**Palavras-chaves:** adubação orgânica; espigas, ensilagem, híbrido AG1051.

NEGREIROS, Tassia Michelli Nogueira. **Effect of buffalo manure rates on green maize and silage yields on dry land in Amazonas.** 2021. 52p. Dissertation (Masters in Tropical Agronomy) – Federal University of Amazonas, Manaus, AM.

### **Abstract**

The use of buffalo manure in the soil makes it possible to produce corn in upland areas in Amazonas, improving soil attributes, in addition to lowering costs. This research aimed to test the influence of different doses of buffalo manure on growth, green corn yield and silage quality. AG1051 hybrid maize plants were cultivated for 90 days under field conditions, at 75 days after emergence (DAE) green maize was harvested and at 90 DAE silage was carried out. A randomized block design (DBC) was used with six treatments (0, 30, 60, 90, 120 t ha<sup>-1</sup> of buffalo manure and mineral fertilization - 170-120-140 kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O, respectively) with four replications, totaling 24 experimental units. The nutritional status of the soil, before and after application of the treatments, and of the plant, growth parameters, productivity and proximate composition of the silage were determined. The doses of buffalo manure promoted improvements in soil chemical properties and satisfactory increases in macro and micronutrients in shoot dry mass (DMPA), as well as in green corn and silage yield. The use of buffalo manure proved to be an alternative for fertilizing the AG1051 hybrid corn, as it is as efficient as mineral fertilization.

**Keywords:** organic fertilization; green corn, silage, hybrid AG1051.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** Gráficos de regressão relacionando-se os parâmetros de crescimento do híbrido AG1051 em função de doses de esterco bubalino. A - Alt (Altura); B - DC – (Diâmetro do colmo); C - MSF – (Massa seca da folha; D - MSC – Massa seca do colmo; E - MSPA – Massa s seca da parte aérea); F - AF – (Área foliar); G - AFE – (Área foliar específica) e H – RMF (Razão de massa foliar). .....231

**Figura 2** Gráficos com equações de regressão relacionando-se os parâmetros produtivos do milho híbrido AG1051 em função de doses de esterco bubalino. A – PECP- Produtividade de espigas com palha; B – PESP- Produtividade de espigas sem palha; C – DESP- Diâmetro de espiga sem palha. MEF - máxima eficiência física; MEE - máxima eficiência econômica..... 33

**Figura 3** Gráficos de regressão com equações matemáticas para a composição centesimal da silagem do híbrido AG1051 em função doses de esterco bubalino. A – MS - matéria seca; B - MM - matéria mineral; C - PB - proteína bruta. ....38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Características química do esterco bubalino utilizados no experimento .....	16
<b>Tabela 2</b> – Atributos químicos do Latossolo Amarelo distrófico coletado na profundidade de 0 à 20 cm. ....	17
<b>Tabela 3</b> – Valores médios dos parâmetros de crescimento do milho híbrido AG1051 em função de doses de esterco bubalino e adubação mineral .....	21
<b>Tabela 4</b> – Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas nos parâmetros de crescimento do híbrido AG1051 .....	25
<b>Tabela 5</b> – Teor de nutrientes na parte aérea do milho híbrido AG1051 em função das doses de esterco bubalino (EB) e adubação mineral .....	26
<b>Tabela 6</b> – Quantidade acumulada de macro e micronutrientes na parte aérea do milho híbrido AG1051 aos 75 DAE.....	28
<b>Tabela 7</b> – Teor e acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea do milho híbrido AG1051 aos 75 DAE em função das doses de esterco bubalino (EB).....	30
<b>Tabela 8</b> – Valores médios dos parâmetros produtivos do milho híbrido AG10 em função de doses de esterco bubalino .....	31
<b>Tabela 9</b> – Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas nos parâmetros de produtividade do híbrido AG1051 .....	34
<b>Tabela 10</b> – Composição centesimal da massa ensilada do milho híbrido AG1051 em função de doses de esterco bubalino .....	35
<b>Tabela 11</b> – Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas na composição centesimal da silagem do híbrido AG1051 em função de doses de esterco bubalino .....	39
<b>Tabela 12</b> – Atributos químicos de amostras de Latossolo Amarelo distrófico (LAd) antes e após o cultivo do híbrido AG1051 .....	40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Localização da área experimental.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Procedimentos metodológicos.....</b>	<b>16</b>
3.2.1	Delineamento experimental e Tratamentos .....	16
3.2.2	Preparo da área .....	17
3.2.3	Adubação e Semeadura .....	17
3.2.4	Tratos culturais .....	18
3.2.5	Análise dos parâmetros de crescimento e produtividade .....	18
3.2.6	Confecção e análise da silagem de milho.....	19
<b>3.3</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Avaliação dos parâmetros de crescimento e composição química da parte aérea da cultura do milho híbrido AG1051 .....</b>	<b>20</b>
4.1.1	Parâmetros de crescimento .....	20
4.1.2	Teor e acúmulo de nutrientes no milho híbrido AG1051 aos 75 DAE .....	26
<b>4.2</b>	<b>Produtividade do milho verde em resposta a doses de esterco bubalino.....</b>	<b>31</b>
<b>4.3</b>	<b>Produção de silagem do milho híbrido AG1051 em função de doses de esterco bubalino .....</b>	<b>34</b>
<b>4.4</b>	<b>Teor de nutrientes do solo em função das doses de EB e fertilizante com NPK...39</b>	
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A degradação dos recursos naturais (solos, rios e afluentes) é uma preocupação constante nos tempos atuais e, por este fato, os sistemas orgânicos na produção de alimentos são cada vez mais crescentes (LINHARES et al., 2014).

O uso de adubo orgânico na agricultura é uma alternativa viável, devido principalmente ao aumento dos custos e à poluição ambiental causada por fertilizantes químicos (FALLAH et al., 2018). Uma vez que o uso excessivo de fertilizantes químicos, especificamente os nitrogenados amoniacais, induzem a acidificação do solo por meio da reação de nitrificação, principalmente quando doses elevadas são empregadas no sistema de produção (CAIRES, 2015). Ressalta-se que a acidez do solo é um dos principais fatores que interferem no rendimento das culturas no estado do Amazonas (TUCCI, 1991). Além de causar acidez ao solo, os fertilizantes químicos causam efeitos osmóticos (BEZERRA et al., 2018) e salinos (CRUZ et al., 2017), podendo comprometer a germinação e o desenvolvimento das plântulas e raízes (OLIVEIRA et al., 2017). Além disso, o baixo nível de capitalização do processo produtivo pela maioria dos agricultores regionais (NODA, 2000), reforça a necessidade de adaptação de tecnologias mais sustentáveis para a Amazônia.

A literatura mostra que a substituição, em parte ou totalmente, do adubo mineral por adubo orgânico nas práticas de cultivo pode aumentar o rendimento das culturas, melhorar os atributos do solo e possibilitar redução dos custos de produção, além de criar um descarte apropriado para os mesmos (CASTRO et al., 2016; HERNÁNDEZ et al., 2016). Diferentemente da adubação mineral, a orgânica apresenta dinâmica diferenciada no solo, como a melhoria das propriedades físicas e químicas, aumento da matéria orgânica, enriquecimento da flora microbiana (BAJELI et al., 2016; ANACLETO et al., 2017; MALTA et al., 2019) e a criação de equilíbrio entre os minerais do solo e as necessidades das plantas, bem como aumentam o sistema de defesa das plantas quanto ao ataque de pragas e doenças (PAES, 2015). Além de promover diminuição dos efeitos tóxicos do alumínio ( $Al^{3+}$ ) e aumentar a atividade microbiana do solo (MALAQUIAS; SANTOS, 2017).

A decomposição de materiais orgânicos incorporados ao solo ocorre de forma lenta, o que proporciona o fornecimento contínuo de nutrientes à cultura. Uma vez disponíveis às plantas em todos os estádios de crescimento promove respostas satisfatórias (LUCENA; MASAGUER; RODRIGUES, 2021). Neste sentido, o esterco de búfalo caracteriza-se por apresentar 0,28% de nitrogênio, 0,57% de fósforo, 0,11% de potássio, e quantidade considerável de matéria orgânica (BASTIANETTO; BARBOSA, 2019). Apesar de apresentar menores teores de nitrogênio em relação ao esterco bovino (EZEQUIEL, 1987), destaca-se

como uma fonte natural de adubação (SANTOS et al., 2016) e contribui para elevar a atividade agrícola da propriedade. Sua aplicação pode viabilizar a produção do milho (*Zea mays* L.) em área de terra firme, visto as melhorias proporcionadas ao solo de cultivo.

Quando no estado verde, o milho, apresenta-se como um produto de boa aceitação e alto valor agregado, sendo consumido *in natura* na forma de espigas, grãos enlatados ou em seus derivados como pamonha, suco, mingau, sorvetes e bolos (SOARES NETO et al., 2017). O mercado consumidor exige espigas longas e cilíndricas, bem-empalhadas e de sabugos claros, grãos do tipo dentado, de cor amarela e de pericarpo macio (PEREIRA FILHO et al., 2002). Vale ressaltar que, na produção do milho verde é recomendável obter espigas comerciais e peso de espigas comerciais altos (ALBUQUERQUE et al., 2008). Neste sentido, sua produção vem aumentando significativamente em decorrência da sua lucratividade e multiplicidade de uso quando comparado ao milho em grãos secos (NASCIMENTO et al., 2017). Mesmo em pequena escala, é alternativa viável para pequenos produtores, que são os principais encarregados pela colocação do produto no mercado. No Amazonas, o milho-verde é cultivado em ecossistemas de terra firme, obtendo uma produtividade média de 20 a 25 mil espigas verdes comerciais por hectare (OLIVEIRA; FONTES; DIAS, 2015). Seu cultivo permite maior retorno de capital por área plantada, além disso, pode haver o aproveitamento das plantas e das espigas não comercializáveis para alimentação animal na forma de silagem (SILVA, 2013; GALVÃO, 2014).

No Amazonas, a produção de ruminantes é limitada pela baixa disponibilidade e qualidade da forragem, devido a sazonalidade forrageira (LIMA et al., 2010). Uma vez que no período de cheia dos rios os animais são alocados em marombas ou transportados para pastagens de terra firme que, em sua maioria, são manejadas de forma extensiva (CASTRO, 2018), assim como são de baixa qualidade. Desta forma, a utilização de forragens conservadas é uma alternativa viável para minimizar esse déficit que ocorre no decorrer do ano. A ensilagem consiste em armazenar forragens e outros produtos ou subprodutos agrícolas, destinados à alimentação animal, conservados através do processo de fermentação anaeróbia (GOMEZ, 1998). Vale salientar que a produção de silagem de milho inicia na condução da lavoura, seguida do corte, trituração, compactação e vedação do silo. Todas essas etapas efetuadas corretamente, permite uma fermentação eficiente do milho picado e o armazenamento da silagem por longo período (NEUMANN et al., 2017).

Visando propor alternativa de adubação à cultura do milho para melhorar os aspectos químicos, físicos e biológicos do solo, bem como diminuir o custo de produção substituindo totalmente ou parcialmente os fertilizantes químicos, além de fornecer fonte nutricional de

alimentação aos animais durante o ano todo por meio do uso de silagem. Este trabalho teve como objetivo testar doses crescentes de esterco bubalino na produtividade de milho verde e em produção de silagem.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a influência da adubação orgânica com esterco bubalino sobre a cultura do milho-verde e no seu potencial como silagem cultivados no Amazonas.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Avaliar a influência de doses crescentes de esterco bubalino sobre os parâmetros do crescimento e produtivos da cultura do milho (*Zea mays* L.).

Avaliar a influência de doses crescentes de esterco bubalino sobre os parâmetros nutricionais das plantas de milho (*Zea mays* L.) e sobre a composição química do solo.

Comparar o efeito das doses crescentes de esterco bubalino com a fertilização química sobre o crescimento, produtividade e o potencial do milho como silagem.

Identificar a dose de máxima eficiência agrônômica do esterco bubalino para o cultivo de milho-verde e silagem.

Verificar a influência da adubação orgânica na qualidade química da silagem;

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização da área experimental

O experimento foi realizado no período de dezembro de 2019 a março de 2020 na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas-FAEXP/UFAM, localizada na BR 174, Km 38, sob as coordenadas 02° 38' 57,6" S e 60° 03' 11" W, com altitude de 92 m acima do nível do mar. O solo da área é caracterizado como Latossolo Amarelo distrófico com textura muito argilosa, topografia plana, levemente ondulada e apresentando boa drenagem. O clima da região é definido como tropical úmido segundo a classificação de Koppen, com precipitação média anual em torno de 2362 mm (MARQUES FILHO et al., 1981).

#### 3.2 Procedimentos metodológicos

##### 3.2.1 Delineamento experimental e Tratamentos

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC) com seis tratamentos (T1: 0 t ha<sup>-1</sup> de esterco bubalino (EB), T2: 30 t ha<sup>-1</sup> de EB, T3: 60 t ha<sup>-1</sup> de EB, T4: 90 t ha<sup>-1</sup> EB, T5: 120 t ha<sup>-1</sup> de EB e T6: 170-120-140 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente) com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. As doses de EB foram definidas com base nos trabalhos de Mata et al. (2010), Cancellier et al. (2011), Silveira et al. (2012), Guareschi et al. (2013) e Almeida et al. (2015).

A cultura utilizada no ensaio foi o milho (*Zea mays* L.) híbrido AG1051, como fonte de adubo orgânico foi utilizado o esterco bubalino curtido coletado na Fazenda Experimental – FAEXP da UFAM, oriundos do Setor de Bubalinocultura, e como fonte de adubo químico foram utilizados sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. O adubo orgânico utilizado foi submetido a uma análise físico-química de acordo com a metodologia proposta por Alcarde (2009) e Brasil (2017). A recomendação da adubação química foi com base na disponibilidade de P e/ou K conforme descrito por Freire et al. (1999). A Tabela 1 mostra o teor de nutrientes no EB aplicado nas parcelas correspondentes aos tratamentos com adubação orgânica.

**Tabela 1** – Características química do esterco bubalino utilizados no experimento

N Total	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	S	MO	Cu	Mn	Zn	Fe	Bo	Relação
g Kg <sup>-1</sup>						dag kg <sup>-1</sup>	mg Kg <sup>-1</sup>					C/N
6,3	2,14	5,3	9,3	2,6	0,9	16,79	24,0	100,0	87,0	2.033,0	3,0	13,0

### 3.2.2 Preparo da área

Amostras de solo foram coletadas na camada de 0 a 20 cm da área experimental para análise físico-química e, com base nos resultados foi definida a necessidade de calagem seguindo a metodologia da saturação por bases (V%). Na tabela 2 consta o resultado da análise do solo da área experimental de acordo com a metodologia de Ribeiro et al. (1999).

**Tabela 2** – Atributos químicos do Latossolo Amarelo distrófico coletado na profundidade de 0 à 20 cm

Solo	pH (H <sub>2</sub> O)	H+Al	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	t	T	P	K	MO	V	m
			(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						(mg dm <sup>-3</sup> )		(dag kg <sup>-1</sup> )	(%)	
Lad	4,6	6,43	0,20	2,20	0,50	2,81	3,01	9,24	5,00	18,00	2,60	30,41	6,64

Foi efetuada a limpeza, aração e gradagem, seguidos da aplicação e incorporação de 4,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário agrícola na área experimental, objetivando elevar a saturação por bases a 70%. Após 60 dias da calagem, foi realizada a demarcação da área que correspondeu a 21,5 m de comprimento por 17,5 m de largura, perfazendo uma área total de 376,25 m<sup>2</sup>. A área foi dividida em quatro blocos, sendo cada bloco constituído de seis parcelas. Cada parcela foi composta de cinco linhas de cinco metros de comprimento com espaçamento de 0,5 m entre linhas, perfazendo uma área de 12,5 m<sup>2</sup> com 100 plantas. As parcelas foram espaçadas por 0,5 m. As linhas externas de cada parcela, bem como os extremos das linhas centrais, constituíram a bordadura, considerando a região central como área útil para as avaliações, o que correspondeu a 54 plantas.

### 3.2.3 Adubação e Semeadura

Foi realizado a casualização dos tratamentos, seguida da aplicação do EB nas linhas de plantio das parcelas correspondentes ao tratamento com doses exclusivas de EB, na forma parcelada em três vezes, sendo a primeira aos 15 dias antes da semeadura, a segunda e a terceira foram realizadas aos 20 e 50 dias após emergência, respectivamente. No momento da semeadura foi realizada a adubação com 30, 120 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e KCl, respectivamente. Em cobertura, foi aplicado 70 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 80 Kg ha<sup>-1</sup> de KCl quando a planta apresentou seis folhas expandidas, e quando a planta apresentou 12 folhas expandidas foi aplicada a terceira dose de N, equivalente à 70 Kg ha<sup>-1</sup>, como preconizado por Freire et al. (1999). A adubação mineral (semeadura e cobertura) foi realizada exclusivamente nas parcelas correspondentes à adubação mineral, como forma de controle.

A semeadura foi realizada no dia 9 de dezembro de 2019 e consistiu na distribuição manual de duas sementes a cada 25 cm, totalizando 8 sementes por metro linear, segundo Fornasieri Filho (2007). As sementes utilizadas apresentaram germinação de 92 %.

### 3.2.4 Tratos culturais

Aos 14 dias após emergência foi realizado o desbaste em todas as parcelas e, durante a condução do experimento, foi realizado o controle manual das plantas invasoras para impedir a competição com as plantas de milho. Também, foi realizado o controle fitossanitário por meio da aplicação de solução de alho, para evitar a propagação de pragas e doenças.

### 3.2.5 Análise dos parâmetros de crescimento e produtividade

Aos 75 dias após emergência (DAE), quando as plantas atingiram o estágio R3 (grão leitoso), foram realizadas mensurações da altura das plantas (AP, cm) que consistiu da base do solo até a última folha expandida, e diâmetro do colmo (DC, cm) localizada no primeiro entrenó da planta. De cada área útil, foram extraídas 4 plantas de cada parcela, totalizando 16 plantas por tratamento. Estas foram alocadas em sacos plásticos identificados e levados ao laboratório onde foram separadas em espigas, colmo e folhas, estas frações foram pesadas obtendo-se a massa fresca (g). Em seguida, foi mensurado o comprimento (cm) e diâmetro das espigas (cm) com e sem palha e obtido o peso das espigas sem palha (g). As frações de folhas, colmo e espigas foram alocadas em sacos de papel e colocados para secar em estufa de circulação forçada a 65° por 72 h, até atingir peso constante. Após esse período, as frações foram pesadas, obtendo-se a massa seca das folhas (MSF, g), massa seca do colmo (MSC, g), matéria seca da parte aérea (MSPA, g), razão de massa foliar (RMF) obtida através da fórmula  $RMF = \text{massa seca das folhas} / \text{massa seca total}$ , área foliar (AF, cm<sup>2</sup>) e área foliar específica (AFE, cm<sup>2</sup>), relação MSF/MSC conforme Bataglia et al. (1983) e Benincasa (2003). A parte aérea seca foi triturada em moinho tipo Willey, com peneira de malha de 1 mm de crivo, e encaminhada ao Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizantes da Universidade Federal de Viçosa-UFV, para análise da composição química. Os resultados das análises químicas da parte aérea da planta forneceram os teores dos nutrientes que, para quantificar o acúmulo destes, multiplicou-se pela MSPA.

As espigas foram avaliadas quanto à produtividade total de espigas com palha (PECP, kg ha<sup>-1</sup>), produtividade total de espigas sem palha (PESP, kg ha<sup>-1</sup>), produtividade de espigas comerciais sem palha (PECSP, kg ha<sup>-1</sup>), comprimento médios de espigas sem palha (CESP, cm) e diâmetro médios de espigas sem palha (DESP, cm). Foram consideradas comercializáveis as espigas sem palha maiores que 15 cm de comprimento e 3,5 cm de diâmetro (ALBUQUERQUE et al., 2008).

### **3.2.6 Confeção e análise da silagem de milho**

Quando as plantas de milho atingiram o estágio R5, que é a fase de transição do grão pastoso para o farináceo, foram realizadas amostragens de solo da área útil na profundidade de 0-20 cm nas parcelas experimentais. Uma amostra composta de solo de cada tratamento experimental foi encaminhada para o Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizantes da UFV para análise das características químicas. As plantas correspondentes às áreas úteis foram cortadas a 25 cm do solo e trituradas na ensiladeira. Antes da ensilagem, foi coletada uma amostra do material de origem para análise da composição química. Em seguida, o material foi compactado em silos experimentais de PVC de 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro e pesados para determinação de perdas de matéria seca. Após a pesagem, os silos foram vedados com lona plástica e fita adesiva.

Após 60 dias da ensilagem os silos experimentais foram pesados, abertos e, imediatamente, retirados aproximadamente 10 cm, nos quais representam as perdas de painel de silo referentes a fungos, mofos e bolores. Posteriormente a essa retirada de material foi realizada a amostragem de 100 g para avaliação de pH e mais 600 g de amostra de silagem foram postos para secar em estufa de circulação forçada a 55°C por 72 horas até peso constante, quando foram processados em moinho do tipo Willey com peneira de malha de 1 mm de crivo, e armazenados em sacos plásticos devidamente identificados e acondicionados no laboratório de Forragicultura e Pastagens (LAFOPAST), da Faculdade de Ciências Agrárias, FCA – UFAM.

Todas as amostras foram submetidas à determinação de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) por meio de metodologias descritas por Silva e Queiroz (2012) e, a determinação de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) seguiu a metodologia proposta por Van Soest et al. (1991).

### **3.3 Análise estatística**

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade para checar se atendiam aos pressupostos básicos da análise de variância. Atendendo à normalidade e homogeneidade, realizou-se a análise de variância (1 e 5%) para checar a significância dos efeitos dos tratamentos. Para os parâmetros em que foram detectadas diferenças significativas entre doses de EB e a adubação química na ANOVA, foi realizado o teste de Dunnett (5%) para a comparação das médias. No entanto, em virtude da adequação dos modelos de regressão para explicar a variação dos parâmetros em função das doses, os resultados e a discussão do teste de Dunnett se pautaram apenas na comparação das doses com a adubação química. Os dados foram

ainda submetidos à análise de regressão visando a adequação de modelos matemáticos para explicar a relação entre as doses de EB e os parâmetros avaliados. Quando foram ajustados mais de um modelo matemático para um mesmo parâmetro, optou-se por aquele com maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ). As análises foram feitas utilizando o software RStudio (Pacote Exp.Desp) (2020).

Ao igualar a zero a primeira derivada das regressões quadráticas ajustadas entre as variáveis de crescimento, produtividade e silagem em função das doses de EB, foi encontrado o valor de  $x$  que corresponde a dose de máxima eficiência física (MEF), que ao substituir na equação de regressão encontramos o valor de  $y$  correspondente à produção máxima (PM). Foi estimado 90% PM ( $y$ ), cujo valor foi substituído na equação de regressão e calculado até chegar na equação de 2º grau, que a partir da fórmula da Bhaskara foi determinado as doses de máxima eficiência econômica (MEF).

Os parâmetros de crescimento, produtividade e composição química da silagem foram submetidos à análise de correlação entre si, e os resultados foram interpretados conforme a recomendação de Evans (1996), em que: <0,19; 0,2 – 0,39; 0,4 – 0,59; 0,6 – 0,79 e 0,8 – 1 classificam-se em muito fraco, fraco, moderado, forte e muito forte, respectivamente.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Avaliação dos parâmetros de crescimento e composição química da parte aérea da cultura do milho híbrido AG1051**

#### **4.1.1 Parâmetros de crescimento**

Na tabela 3 estão representados os valores médios dos parâmetros de crescimento do milho híbrido AG1051 em função das doses de EB e da adubação mineral. Foi observado que as elevadas doses de EB (90 e/ou 120 t ha<sup>-1</sup>) e a adubação mineral promoveram maiores rendimentos para Alt, DC, RFC, MSF, MSC e RMF em comparação com o tratamento de dose 0 t ha<sup>-1</sup>, proporcionando substancialmente MSPA elevadas nestes tratamentos. Esses dados de crescimento reforçam a importância do uso dessa prática nas condições regionais uma vez que devemos desenvolver tecnologias mais compatíveis com a realidade amazônica.

Quando comparamos as doses de EB com adubação mineral, observa-se que não houve diferenças para as variáveis Alt, DC, RFC e RMF. No entanto, quando essa comparação é feita com o tratamento de dose 0 t ha<sup>-1</sup>, percebemos que não houve diferenças nas variáveis RFC e RMF e, com exceção da variável Alt, o tratamento de dose 0 t ha<sup>-1</sup> apresentou comportamento semelhante às doses 30 e 60 t ha<sup>-1</sup> EB.

Nota-se que houve incremento da variável Alt à medida que aumentava as doses de EB, no entanto foi observado comportamento inverso para a variável AF, isso demonstra que provavelmente a cultura investiu em redistribuição metabólica para outras partes da planta em detrimento das folhas com o aumento das doses. Para as variáveis DC, MSF, MSC e MSPA percebe-se que houve incremento até a dose 90 t ha<sup>-1</sup>. No entanto, para RFC, AFE e RMF o aumento das doses de EB promoveram variações nos valores médios.

**Tabela 3** – Valores médios dos parâmetros de crescimento do milho híbrido AG1051 em função de doses de esterco bubalino e adubação mineral

Variáveis	Doses de esterco bubalino (t ha <sup>-1</sup> )					Adubação mineral
	0	30	60	90	120	
Alt (m)	1,53 B	1,75 AB	1,90 A	2,01 A	2,05 A	2,02 A
DC (cm)	4,54 B	5,00 AB	5,47 AB	5,65 A	5,63 A	5,4 AB
RFC	0,53 A	0,54 A	0,48 A	0,87 A	0,80 A	0,74 A
MSF (g)	20,56 C	22,63 C	26,88 BC	70,56 A	57,63 A	53,50 AB
MSC (g)	39,50 B	41,63 B	56,63 AB	86,00 A	81,75 A	76,38 A
MSPA (g)	108,56 C	123,94 C	161,63 BC	248,19 A	226,19 AB	210,88 AB
AF (cm)	16,78 BC	22,88 AB	22,12 ABC	20,21 ABC	16,40 C	23,65 A
AFE (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	0,82 AB	1,06 A	0,83 AB	0,245 C	0,26 C	0,4 BC
RMF	0,19 AB	0,18 AB	0,17 B	0,29 A	0,26 AB	0,25 AB

Alt - Altura; D<sub>C</sub> - Diâmetro; RFC - Relação folha: colmo; MSF – Matéria seca das folhas; MSC – Matéria seca do colmo; MSPA - Matéria seca da parte aérea; AF - Área foliar; AFE - Área foliar específica; RMF - Razão massa foliar. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

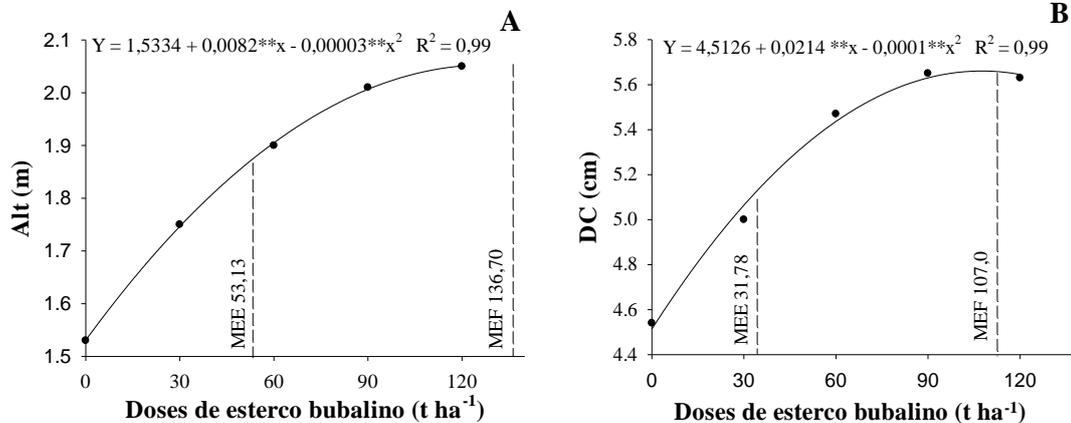
Na figura 1 estão expressos os gráficos com modelos de regressão dos parâmetros de crescimento do híbrido AG1051 em função de doses de EB. Com base nos resultados observa-se que a Alt, DC, AF, AFE e RMF ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático e a MSF, MSC e MSPA ajustaram-se ao modelo linear. Nota-se que os valores de ALT, DC, MSF, MSC, MSPA, AF e RMF aumentaram com o fornecimento de esterco bubalino, foi observado o contrário para AFE.

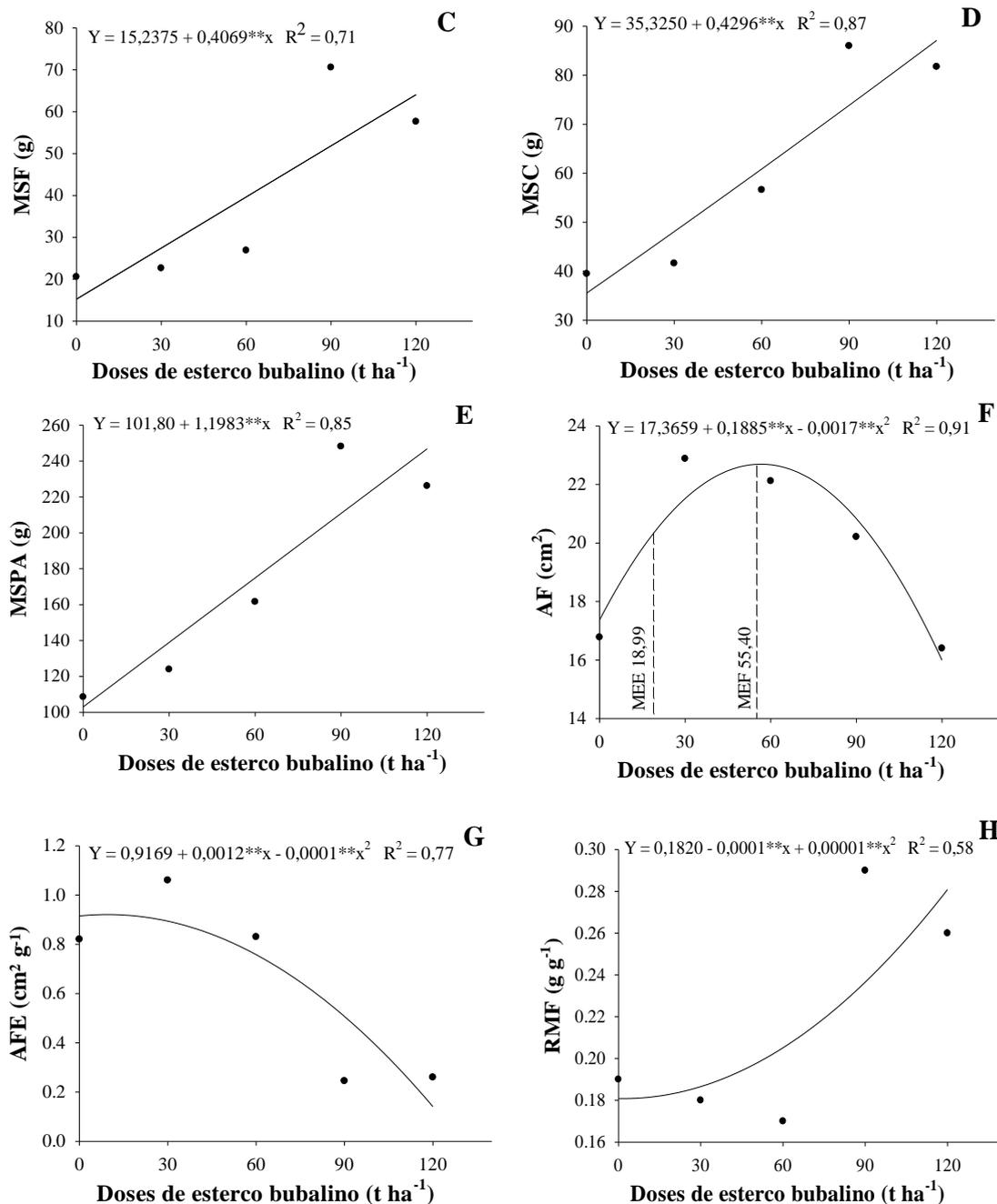
O aumento linear da biomassa do milho (MSF, MSC e MSPA) e o aumento da Alt, DC, AF e RMF até um ponto máximo refletem os efeitos diretos e indiretos da matéria orgânica sobre a cultura. O efeito direto está relacionado com o aumento do aporte de nutrientes no solo (Tabela 12) e conseqüentemente nas plantas (Tabelas 5 e 6), principalmente em relação ao N, pois a sua forma orgânica é a única forma de armazenamento que não volatiliza no solo (PIRES E JUNQUEIRA, 2001). Já os efeitos indiretos referem-se às interações benéficas com microrganismos do solo, diminuição da sua densidade aparente, melhoria na estrutura e na estabilidade dos agregados do solo, aumento da capacidade de infiltração de água e da aeração, o que facilita a possibilidade de penetração radicular (ANDREOLA et al., 2000). Todas essas vantagens permitem que as plantas realizem os processos metabólicos necessários ao seu

crescimento (SOUZA et al., 2017). Provavelmente os efeitos indiretos da matéria orgânica tenham sido mais preponderantes já que os teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas variaram muito pouco em relação a fertilização química (Tabelas 5 e 6) e em relação ao aporte natural de nutriente do solo decorrente da adubação (Tabela 12).

Em contrapartida, o aumento das doses de EB promoveu diminuição na AFE, fato que influenciou a não determinação das doses de MEF e MEE, bem como das PM e 90% PM. Apesar do aumento na RMF, com ajuste ao modelo de regressão quadrático, não foi possível estimar as doses de MEF e MEE, assim como suas produções. Em relação a RFC não foi possível ajustar nenhum modelo de regressão em função da dispersão dos dados, apesar do efeito significativo nos tratamentos.

A MEF e MEE da Alt foram 136,7 e 53,13 t ha<sup>-1</sup> EB, respectivamente. E a partir dessas doses foram determinadas a PM e 90% PM cujo valores obtidos foram 2,09 e 1,88 m, respectivamente. O DC apresentou a PM de 5,66 cm com a dose de MEF correspondente a 107,0 t ha<sup>-1</sup> e 90% PM (5,09 cm) foi obtida com a dose de 31,78 t ha<sup>-1</sup> (MEE). A AF alcançou a PM (22,59) na dose de 55,40 t ha<sup>-1</sup> (MEF) e, 90% da PM (20,33) foi obtida na dose de 18,99 t ha<sup>-1</sup> que consiste em MEE.





**Figura 1** Gráficos de regressão relacionando-se os parâmetros de crescimento do híbrido AG1051 em função de doses de esterco bubalino. A - Alt (Altura); B - DC – (Diâmetro do colmo); C - MSF – (Massa seca da folha; D - MSC – Massa seca do colmo; E - MSPA – Massa s seca da parte aérea); F - AF – (Área foliar); G - AFE – (Área foliar específica) e H – RMF (Razão de massa foliar).

De acordo com a tabela 3, as doses de EB tiveram o comportamento semelhante à adubação mineral na variável Alt. No entanto, a Alt (2,05 m) observada na dose 120 t ha<sup>-1</sup> foi superior à registrada por Costa et al. (2015) e Santos et al. (2015), sendo 1,891 m e 2,02 m, respectivamente. Já no experimento de Couto et al. (2017), foi observado altura de 2,19 m no mesmo híbrido AG1051. Ajustando-se ao modelo de regressão quadrático com R<sup>2</sup> de 99%, a Alt atingiu sua MEE com dose de 53,13 t ha<sup>-1</sup>. Provavelmente, este resultado está relacionado

a uma maior disponibilidade de nutrientes via mineralização e, conseqüentemente, às melhorias no solo.

Com relação ao DC, MSF, MSC e MSPA verifica-se um incremento em função das doses de EB ajustando-se ao modelo matemático quadrático para DC e linear para MSF, MSC e MSPA. O aumento crescente nessas variáveis, nas condições do estudo realizado, demonstra que com o aumento da aplicação de esterco bubalino, a planta se desenvolveu melhor, ou seja, o esterco age de forma eficiente na promoção de reservas na cultura do milho. Taiz & Zeiger (2017), afirmam que as plantas respondem ao aumento na dose de insumos com incrementos crescentes, até o ponto em que outro fator limitante ao crescimento passe a predominar. Gomes et al. (2019) investigaram o crescimento e desenvolvimento do milho com utilização de diferentes fontes de adubação orgânica, onde foi constatado que o uso do esterco caprino melhora o diâmetro do colmo. Brito et al. (2014) afirmam que a adição de esterco bovino promove incremento na altura e diâmetro do colmo do milho.

A AF foi influenciada pelas doses de EB. De acordo com a análise de regressão realizada, é possível notar, que o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o modelo quadrático, apresentando  $R^2$  de 91% (Figura 1). Porém, o aumento nas doses promoveu ponto de máximo na dose  $30 \text{ t ha}^{-1}$ , seguido de uma diminuição na AF, sugerindo que o aumento nas dosagens de EB não necessariamente significa aumento na AF do milho, fato ocorrido possivelmente por desbalanços nutricionais justificados pelos mecanismos de imobilização e mineralização de nutrientes em decorrência à decomposição da matéria orgânica (POSSAMAI, 2016) oriunda do EB.

Conforme observado na tabela 3, a AFE do híbrido AG1051 foi decrescendo até a dose  $90 \text{ t ha}^{-1}$ , ou seja, a medida em que aumentava as doses de EB, mais espessa foi se tornando a folha. Tal fato está diretamente relacionado à maior disponibilidade de fotoassimilados, provocado pela alta assimilação de  $\text{CO}_2$  sobre a taxa de translocação (PEDÓ et al., 2014). Em virtude do comportamento decrescente da AFE, não foi possível determinar as doses de MEF e MEE.

Observa-se ainda, na Tabela 3, que as doses  $90$  e  $120 \text{ t ha}^{-1}$  de EB, bem como a adubação mineral, proporcionaram maiores valores de RMF, o que indica, conforme Benincasa (2003) que nesses tratamentos as plantas exportaram menor fração de massa seca das folhas para outros órgãos, proporcionando maior retenção de fotoassimilados nos tecidos foliares (CHAGAS et al., 2010; GOMES et al., 2018), ou seja, houve menor desprendimento de assimilados à produção de massa foliar em comparação as plantas submetidas às menores doses de EB.

A tabela 4 apresenta o resultado da correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas nos parâmetros de crescimento do híbrido AG1051. As correlações muito fortes foram observadas entre as características Alt e DC (0,81\*\*), DC e MSPA (0,84\*\*), RFC e MSF (0,85\*\*), RFC e RMF (0,94\*\*), MSF e MSPA (0,88\*\*), MSF e RMF (0,87\*\*) e, MSC e MSPA (0,94\*\*). A Alt e MSF (0,62\*\*), Alt e MSC (0,75\*\*), Alt e MSPA (0,76\*\*), DC e MSF (0,61\*\*), DC e MSC (0,78\*\*), RFC e AFE (0,71\*\*) e, MSF e MSC (0,75\*\*), apresentaram forte correlação. Já a RFC e MSPA (0,56\*\*) e, MSPA e RMF (0,54\*\*), demonstraram correlação moderada. Com exceção da AF que não se correlacionou com nenhuma das variáveis avaliadas, as demais variáveis apresentaram correlação negativa e/ou efeito não significativo.

**Tabela 4** – Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas nos parâmetros de crescimento do híbrido AG1051

Variáveis	Alt	Dc	RFC	MSF	MSC	MSPA	AF	AFE
Dc	0,81**							
RFC	0,37 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>						
MSF	0,62**	0,61**	0,85**					
MSC	0,75**	0,78**	0,33 <sup>ns</sup>	0,75**				
MSPA	0,76**	0,84**	0,56**	0,88**	0,94**			
AF	0,11 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>		
AFE	-0,60**	-0,56*	0,71**	-0,90**	-0,80**	-0,63**	0,40 <sup>ns</sup>	
RMF	0,35 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,94**	0,87**	0,37 <sup>ns</sup>	0,54**	-0,28 <sup>ns</sup>	-0,80**

Alt - altura; Dc - diâmetro; RFC - relação folha: colmo; MSPA - matéria seca da parte aérea; AF - área foliar; AFE - área foliar específica; RMF - razão massa foliar. <sup>ns</sup> Não significativo; (\*\*), (\*) Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Sabe-se que a correlação entre as variáveis determina a influência positiva ou negativa que uma variável tem sobre outra (EVANS, 1996). Desta forma, as variáveis se correlacionaram positivamente em virtude de serem dependentes uma das outras.

O aumento na altura da planta proporcionaria aumento na MSC e conseqüentemente na MSPA, e nesse caso sobre essas condições do experimento, proporcionou também aumento no DC. Por sua vez, o aumento no DC promoveu aumentos na MSC e MSPA. A MSF está diretamente relacionada ao cálculo da RFC, MSPA, RMF justificando sua forte correlação. Nesta situação, a MSC aumentou proporcionalmente à MSF, assim como à MSPA. Dentre as variáveis que se correlacionaram negativamente estão a AFE que ao diminuir promoveu aumento na MSC, bem como na MSF e RMF (Tabela 4).

Vale ressaltar que essas respostas referentes ao crescimento das plantas do híbrido AG1051, estão diretamente relacionadas às condições a que o híbrido é submetido, sendo necessário dar atenção ao solo em termos de nutrientes disponibilizados para a cultura a ser implantada (RIBEIRO, 2016). No entanto, é necessário, mais estudos para determinar as doses adequadas de esterco bubalino para o cultivo do milho.

#### 4.1.2 Teor e acúmulo de nutrientes no milho híbrido AG1051 aos 75 DAE

Na tabela 5 constam os valores médios dos teores de nutrientes na parte aérea do híbrido AG1051 em função das doses de EB e da adubação mineral. A adubação mineral promoveu teores elevados de N, Ca, Cu e Mn. Com relação ao P, K e S, os maiores teores foram obtidos na dose 120 t ha<sup>-1</sup> de EB. As 60 e 30 t ha<sup>-1</sup> de EB alcançaram os maiores teores de Fe e B, respectivamente. Na dose 0 t ha<sup>-1</sup> de EB foram obtidos os maiores teores de Mg, Zn e Ca.

Partindo da dose 0 t ha<sup>-1</sup> de EB, observa-se que com a aplicação do EB houve incrementos crescentes no teor de K. O teor de N caiu na dose 30 t ha<sup>-1</sup> EB e em seguida apresentou um comportamento crescente até a dose 120 t ha<sup>-1</sup> EB. Foi observado também que o teor de Zn diminuiu até a dose 90 t ha<sup>-1</sup> à medida que aumentou as doses de EB. Com relação ao teor de P, nota-se que houve incremento até a dose 120 t ha<sup>-1</sup>, com uma queda discreta na dose 60 t ha<sup>-1</sup>. Já o teor de Fe teve incrementos até a dose 60 t ha<sup>-1</sup>. Os teores de Ca, Mg, S, Cu, Mn e B variaram com o aumento das doses de EB.

**Tabela 5** – Teor de nutrientes na parte aérea do milho híbrido AG1051 em função das doses de esterco bubalino (EB) e adubação mineral

Nutrientes	Unidade	Doses de esterco bubalino (t ha <sup>-1</sup> )					Adubação mineral
		0	30	60	90	120	
N		11,21 E	10,96 F	11,34 D	11,84 C	11,96 B	13,96 A
P		1,31 D	1,51 C	1,50 C	1,70 B	1,93 A	1,14 E
K	g kg <sup>-1</sup>	4,22 D	7,20 C	10,34 B	10,53 B	13,16 A	6,12 D
Ca		1,89 A	1,40 C	1,68 B	1,39 C	1,37 C	1,92 A
Mg		2,92 A	2,02 C	2,13 B	1,83 E	1,94 D	2,02 C
S		1,15 C	0,96 D	1,03 D	1,01 D	9,90 A	1,46 B
Cu		3,90 C	3,22 E	4,11 B	3,72 D	3,77 D	4,93 A
Fe		88,41 D	132,32 B	145,15 A	84,93 E	62,01 F	90,57 C
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	30,34 A	24,22 C	22,17 D	20,29 F	21,80 E	25,78 B
Mn		21,60 C	23,57 B	20,01 D	15,00 F	16,19 E	33,15 A
Bo		3,72 B	4,00 A	3,34 C	2,92 F	2,99 E	3,18 D

Nitrogênio (N), fósforo (F), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

As fontes minerais caracterizam-se pela rápida e alta solubilidade no solo (BATISTA et al., 2018), o que justifica o maior teor de N na parte aérea do milho híbrido AG1051 sob adubação mineral, embora isso não tenha se refletido em maior aporte de biomassa em relação às doses 90 e 120 t ha<sup>-1</sup> de EB. De acordo com Almeida et al. (2013), o N é o fator mais limitante da produção inicial de MSPA e da planta inteira do milho, e por ser uma espécie de crescimento inicial rápido, exigem grande quantidade de N em curto intervalo de tempo e o não suprimento resulta em prejuízo ao crescimento inicial. Logo, os híbridos cultivados sob adubação mineral, possivelmente, absorveram mais N disponível no solo, oriundo das adubações de cobertura. Por

outro lado, nota-se que à medida que aumentava as doses de EB, aumentou também o aporte deste nutriente na parte aérea da planta. Isso pode estar associado à mineralização da MO, facilitada pela sua baixa relação C/N (Tabela 1), que promove a liberação de elementos minerais na forma inorgânica, que é a forma em que as plantas preferencialmente absorvem (EMERENCIANO NETO et al., 2016; SOUZA et al., 2016), principalmente, N, K, P e S, uma vez que o aumento da demanda por nutrientes essenciais da planta, aumenta a demanda por outros nutrientes (ORTAS; ISLAM, 2018).

Foi observado que os teores de P, tanto nas doses de EB como na adubação mineral se mantiveram abaixo da faixa considerada adequada para a cultura, de 2,5 a 3,5 g kg<sup>-1</sup> (MARTINEZ et al., 1999). Isso pode ter ocorrido em função dos valores de pH do solo que ainda se mantiveram muito próximos (Tabela 12) do valor original antes da instalação do experimento (pH 4,6, Tabela 2) mesmo com aplicação da calagem. O acréscimo da matéria orgânica conferiu o poder tampão ao solo, por isso, a calagem não foi tão eficiente. Vale destacar que a aplicação de corretivos de acidez do solo ao elevar o pH torna-o mais eletronegativo e diminuindo assim a adsorção do P pelos minerais predominantes nos latossolos como a caulinita, óxidos de ferro e alumínio (LEHMANN et al., 2001). Essa característica oxidica reduz a eficiência do P, uma vez que as formas de P absorvíveis pelas plantas ligam-se a esses minerais, formando compostos estáveis de baixa reatividade (FERNANDÉZ R. et al., 2008).

No processo de absorção do N ocorre acidificação em microssítios da rizosfera, provocada pela nitrificação ou absorção do íon amônio. Essa acidificação aumenta a disponibilidade dos micronutrientes Cu, Mn, Fe e Zn (MORAGHAN; DAKOTA; DAKOTA, 1991), corroborando com os resultados deste estudo (Tabela 5). Com relação aos maiores teores de Cu e Mn no tratamento mineral está diretamente relacionado à maior absorção e translocação dos micronutrientes devido à adubação com NPK. A elevação no teor de Ca e Mg, na dose 0 t ha<sup>-1</sup> de EB e de Ca, também, no tratamento mineral, pode estar relacionado à prática da calagem, uma vez que foi realizada utilizando o calcário dolomítico que, além de neutralizar o alumínio, fornece Ca e Mg, que são elementos essenciais à nutrição mineral do milho e se encontram em baixas concentrações nos solos tropicais (SIMÕES-NETO et al., 2015; ANDRADE et al., 2019). Quando absorvido pelas plantas, o Ca tem a finalidade de aumentar as estruturas da parede celular (ESPINDULA et al., 2010) e o Mg contribui com a formação da clorofila, por isso que os valores de biomassa (MSF, MSC e MSPA) na dose 0 t ha<sup>-1</sup> foram equiparados aos valores observados às doses de 30 e 60 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 3).

O acúmulo de nutrientes na parte aérea do híbrido AG1051 estão apresentados na tabela 6. Com relação às doses de EB, observa-se que os acúmulos de N, Mn e B apresentaram um comportamento crescente até a dose 90 t ha<sup>-1</sup>, com queda na dose 120 t ha<sup>-1</sup>. Houve declínio nos acúmulos de Ca, Mg, Cu e Zn, inicialmente, na dose de 30 t ha<sup>-1</sup> e em seguida houve elevação até a dose 90 t ha<sup>-1</sup> EB. Nota-se, ainda, que houve incrementos nos acúmulos de P e K com elevação das doses de EB. Houve declínio no acúmulo de S na dose 30 t ha<sup>-1</sup> EB, seguida de incrementos à medida que as doses de EB foram crescentes. O acúmulo de Fe aumentou até a dose 60 t ha<sup>-1</sup> EB.

Na comparação de doses de EB com a adubação mineral, foi identificado que os acúmulos de P e K nas doses 90 e 120 t ha<sup>-1</sup> EB e S na dose 120 t ha<sup>-1</sup> EB foram superiores à adubação mineral. Quanto aos acúmulos de N, Ca e Cu nas doses 90 e 120 t ha<sup>-1</sup> não diferiram da adubação mineral, cujas respostas foram superiores aos demais tratamentos. O acúmulo de Mg e B nas doses 30 e 120 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, diferenciaram dos demais tratamentos apresentando respostas inferiores. Com relação ao acúmulo de Zn, a adubação mineral diferiu apenas das doses 0 e 30 t ha<sup>-1</sup> de EB. Não houve diferenças entre as doses de EB e adubação mineral para o acúmulo de Fe. O acúmulo de Mn foi maior no tratamento com adubação mineral. O aumento no acúmulo observado na parte aérea, indica a alta redistribuição dos nutrientes para esta parte da planta (MARSCHNER, 1995).

**Tabela 6** – Quantidade acumulada de macro e micronutrientes na parte aérea do milho híbrido AG1051 aos 75 DAE

Acúmulo	Unidade	Doses de esterco bubalino (t ha <sup>-1</sup> )					Adubação mineral
		0	30	60	90	120	
N		1,23 C	1,37 C	1,84 BC	2,96 A	2,69 AB	2,97 A
P		0,14 B	0,19 B	0,24 B	0,43 A	0,44 A	0,24 B
K	g planta <sup>-1</sup>	0,46 D	0,90 CD	1,68 B	2,64 A	2,96 A	1,30 BC
Ca		0,21 C	0,18 C	0,27 BC	0,35 AB	0,31 ABC	0,41 A
Mg		0,32 AB	0,25 B	0,35 AB	0,46 A	0,44 A	0,44 A
S		0,13 B	0,12 B	0,17 B	0,25 B	2,23 A	0,31 B
Cu		0,43 C	0,41 C	0,67 BC	0,93 AB	0,85 AB	1,05 A
Fe		9,73 C	16,54 ABC	23,59 A	21,24 AB	13,95 BC	19,24 AB
Zn	mg planta <sup>-1</sup>	3,34 BC	3,03 C	3,60 ABC	5,07 AB	4,91 ABC	5,48 A
Mn		2,38 B	2,95 B	3,25 B	3,76 B	3,64 B	7,04 A
B		0,41 AB	0,5 AB	0,54 AB	0,73 A	0,20 B	0,68 A

Nitrogênio (N), fósforo (F), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

O EB promoveu acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea do milho híbrido AG1051, apresentando desempenho igual ou superior à adubação mineral. Os rendimentos superiores nas doses de EB, podem estar relacionadas aos benefícios nas propriedades físico-

químicas e biológicas do solo promovidos pela matéria orgânica, refletindo em melhorias na fertilidade do solo (MALAVOLTA, 2006). E, ao melhorar a fertilidade do solo potencializa-se o processo de absorção de nutrientes pelas plantas, convertendo-os em produtos vegetais (TAIZ et al., 2017).

O conhecimento da absorção e do acúmulo de nutrientes durante as fases de cultivo das plantas permite determinar as épocas em que os elementos são mais exigidos e orientar as correções das deficiências que venham a ocorrer durante o seu desenvolvimento. Ressaltamos que as curvas de absorção refletem o que a planta necessita, e não o que deve ser aplicado. Desta forma, as curvas de acúmulo auxiliam os programas de adubação na quantidade dos diferentes nutrientes que devem ser aplicados durante o estágio fisiológico da cultura (MARTINEZ; CARVALHO; SOUZA, 1999).

Neste contexto, constatamos que a adubação orgânica proporciona maiores acúmulos de P e K. Entretanto, na adubação mineral os maiores acúmulos foram reportados para Mn. Os demais nutrientes apresentaram acúmulos similares entre a adubação orgânica e mineral. Observamos que os teores de N, Ca e Cu do tratamento mineral foram substancialmente maiores que os tratamentos orgânicos. No entanto, estes aumentos não se refletiram para o acúmulo, uma vez que os teores inferiores de N, Ca e Cu nas doses 90 e 120 t ha<sup>-1</sup> de EB, refletiram em acúmulos equiparados à adubação mineral. Este comportamento é conhecido como efeito diluição e caracteriza-se quando a taxa de crescimento relativo de matéria seca é superior à taxa de absorção relativa do nutriente (FREIRE; SOUZA; SILVA, 2008).

De forma geral, a maior dose de EB (120 kg ha<sup>-1</sup>) promoveu o acúmulo de nutrientes na seguinte ordem: K, N, S, P, Mg e Ca. A adubação mineral promoveu o acúmulo dos seguintes nutrientes: N, K, Mg, Ca, P e S. Sabemos que a adubação orgânica e química promovem acúmulos divergentes dos valores recomendados por Vasconcellos et al. (1983). Com as informações do acúmulo de nutrientes do híbrido AG1051, pode-se planejar melhores estratégias de gestão do fornecimento de nutrientes afim de obter a recomendação de Vasconcellos et al. (1983), com a finalidade de promover aumentos na produtividade das lavouras e aumentar a eficiência desses insumos, que se encontram cada vez mais caros (VON-PINHO et al., 2009).

A tabela 7 apresenta as equações de regressão dos teores e acúmulos de macro e micronutrientes no milho híbrido AG1051 submetido a doses de esterco bubalino. Pode-se observar que os teores de N ( $R^2=0,86$ ), P ( $R^2=0,95$ ), K (0,97), Mg ( $R^2=0,86$ ), S ( $R^2=0,86$ ) e Fe ( $R^2=0,84$ ) ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático, onde à medida que aumenta as doses de EB promove um incremento destes nutrientes na planta. Os teores de Ca ( $R^2=0,56$ ),

Zn (0,98), Mn (R<sup>2</sup>=0,73) e B (R<sup>2</sup>=0,74) se ajustaram ao modelo quadrático negativo, ou seja, com o aumento das doses de EB houve diminuição nos incrementos desses minerais. Com relação ao acúmulo de nutrientes, observou-se que o aumento das doses de EB promoveu ajuste ao modelo de regressão quadrático em todos os nutrientes avaliados na matéria seca do milho híbrido AG1051.

**Tabela 7** – Teor e acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea do milho híbrido AG1051 aos 75 DAE em função das doses de esterco bubalino (EB)

Nutrientes	Teor de nutrientes			Acúmulo de nutrientes		
	Equação	R <sup>2</sup>	CV (%)	Equação	R <sup>2</sup>	CV (%)
N	$\hat{Y}=11,109-0,0003x+0,0001x^2$	0,86	0	$\hat{Y}=1,0937+0,0166x-0,00001x^2$	0,84	18,51
P	$\hat{Y}=1,3426+0,0022x+0,00002x^2$	0,95	2,53	$\hat{Y}=0,1305+0,0022x+0,000004x^2$	0,92	20,47
K	$\hat{Y}=4,3266+0,1055x-0,0003x^2$	0,97	0,36	$\hat{Y}=0,3763+0,0228x-0,000003x^2$	0,98	19,43
Ca	$\hat{Y}=1,8089-0,0070x+0,00003x^2$	0,56	2,13	$\hat{Y}=0,1830+0,0016x+0,000003x^2$	0,71	17,83
Mg	$\hat{Y}=2,8280-0,0225x+0,0001x^2$	0,86	0	$\hat{Y}=0,2903+0,0004x-0,00001x^2$	0,70	17,91
S	$\hat{Y}=1,8814-0,1136x+0,0014x^2$	0,86	1,17	$\hat{Y}=0,2841-0,0236x+0,0003x^2$	0,89	24,81
Cu	NS		0,90	$\hat{Y}=0,3657+0,0057x-0,00001x^2$	0,82	18,46
Fe	$\hat{Y}=93,0749+1,6345x-0,0164x^2$	0,84	0	$\hat{Y}=9,0080+0,4018x-0,0030x^2$	0,96	16,88
Zn	$\hat{Y}=30,1707-0,2170x+0,0012x^2$	0,98	0,01	$\hat{Y}=3,1215+0,0060x+0,0001x^2$	0,79	17,86
Mn	$\hat{Y}=22,7224-0,0360x-0,0002x^2$	0,73	1,85	$\hat{Y}=2,3576+0,0224x-0,0001x^2$	0,97	18,44
B	$\hat{Y}=3,8773+0,0211x-0,0004x^2$	0,97	0,12	$\hat{Y}=0,3579+0,0098x-0,0001x^2$	0,59	42,51

Nitrogênio (N), fósforo (F), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B).

A elevação nos teores de N, P, K, Mg, S e Fe na parte aérea do milho ocorreu, provavelmente, em decorrência do aumento desses nutrientes em função da adubação (Tabela 7). O aumento dos teores desses nutrientes nas plantas, mediante o fornecimento de níveis crescentes de EB possivelmente está relacionado ao aumento do conteúdo dos mesmos no solo (Tabela 12), à baixa disponibilidade natural desses nutrientes (Tabela 12) e também à necessidade da espécie (VIÉGAS et al., 2012). O aumento no *status* nutricional pode estar associado ao aumento na mineralização da MO promovendo a liberação de nutrientes, nas formas catiônica e aniônica possíveis de serem absorvidos pelas plantas (EMERENCIANO NETO et al., 2016; SOUZA et al., 2016).

Na tabela 12 verifica-se que os teores de Mg no solo diminuem conforme aumento das doses de EB, porém o aumento de Mg no tecido vegetal possivelmente se deve aos aumentos de N. Pois, existe uma relação de sinergismo entre N e Mg na parte aérea, acarretando aumentos na absorção de N e Mg (SMITH, 1966; RESENDE et al., 2009). Em relação a diminuição dos teores de nutrientes nas plantas, a liberação ou imobilização dos nutrientes possíveis de serem absorvidos depende da dinâmica dos microrganismos, da quantidade de resíduos vegetais, do

rápido retorno e da eficiência de utilização de carbono pela microbiota (MACHADO et al., 2012).

A imobilização microbiana de fertilizantes é a principal causa da menor disponibilidade de nutrientes para as plantas (MELO et al., 2021). Outros fatores como a adsorção ao complexo coloidal no solo, erosão e o escoamento superficial das águas de chuvas podem diminuir a disponibilidade de nutrientes afetando na absorção e concentração nutricional na planta (BATISTA et al., 2018). Os aumentos no acúmulo de nutrientes no tecido em função das doses de EB deve-se em função aos aumentos na produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), uma vez que, a determinação no acúmulo leva-se em consideração os teores de nutrientes e a produção de matéria seca (BALIGAR; DUNCAN; FAGERIA, 1990).

#### 4.2 Produtividade do milho verde em resposta a doses de esterco bubalino

A tabela 8 apresenta os valores médios dos parâmetros de produtividade do híbrido AG1051 em função das doses de EB e da adubação mineral. Não houve diferenças significativas entre as doses de esterco bubalino e a adubação mineral em nenhuma das variáveis avaliadas. No entanto, quando comparamos com a dose 0 t ha<sup>-1</sup> de EB observa-se que houve diferenças da PECP e CESP na dose 90 t ha<sup>-1</sup> de EB, da PESP nas doses 90 e 120 t ha<sup>-1</sup> de EB, da DESP nas doses 60 e 120 t ha<sup>-1</sup> de EB e para a PECSP não foi observado diferenças significativas.

**Tabela 8** – Valores médios dos parâmetros produtivos do milho híbrido AG10 em função de doses de esterco bubalino

Variáveis	Doses de esterco bubalino (t ha <sup>-1</sup> )					Adubação mineral
	0	30	60	90	120	
PECP (kg ha <sup>-1</sup> )	10.460,00 B	12.811,00 AB	15.810,00 AB	17.950,00 A	16.890,00 AB	15.430,00 AB
PESP (kg ha <sup>-1</sup> )	6.570,00 B	9.040,00 AB	11.040,00 AB	13.000,00 A	12.215,00 A	10.980,00 AB
PECSP (kg ha <sup>-1</sup> )	9.800,00 A	13.360,00 A	14.440,00 A	14.320,00 A	14.600,00 A	12.480,00 A
DESP (cm)	3,79 B	4,24 AB	4,53 A	4,49 AB	4,62 A	4,36 AB
CESP (cm)	14,10 B	13,89 B	16,15 AB	16,75 A	15,42 AB	16,35 AB

PECP - produtividade de espiga com palha; PESP - produtividade de espiga sem palha; DESP - diâmetro da espiga sem palha, PECSP - produtividade de espiga comerciais sem palha; CESP - comprimento da espiga sem palha. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Este resultado demonstra que o fornecimento de esterco bubalino é tão eficiente quanto a adubação mineral em promover parâmetros de produtividade satisfatórios para a cultivar de milho utilizada neste trabalho. Essa eficiência está relacionada com o aporte de nutrientes para as plantas (Tabela 5 e 6), e devido a melhoria nos parâmetros do solo, que embora não tenham sido avaliados neste trabalho, são relatados na literatura como fatores importantes para a produtividade das culturas, como a estabilização da temperatura do solo, aumento da

capacidade de retenção de água no solo, favorecendo o desenvolvimento das raízes, melhor estabilidade dos agregados e redução do escoamento de água superficial, diminuindo os riscos de erosão (CONCEIÇÃO et al., 2005). Além disso, a adubação orgânica pode estimular o crescimento de bactérias endofíticas capazes de liberar aminoácidos e AIA (ácido indolacético) para as plantas (FERRARA, 2010) e de bactéria diazotróficas que se desenvolvem muito bem no solo durante o processo de decomposição da matéria orgânica (HEDIN et al, 2009). Moreira et al. (2010) verificaram níveis razoáveis de produtividade de forrageiras e cana-de-açúcar sem grande aplicação de fertilizantes nitrogenados, o que indica que este fenômeno poderia estar relacionado com a contribuição da fixação biológica do nitrogênio por microrganismos diazotróficos associativos.

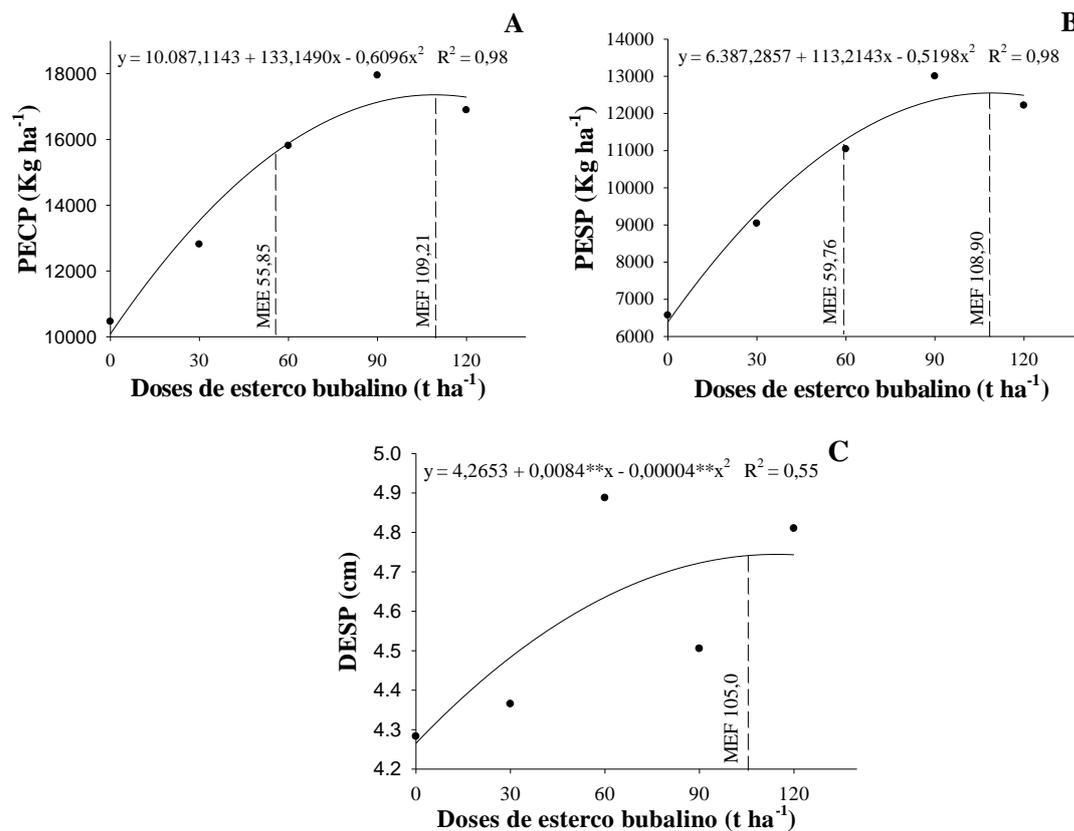
Santos et al. (2015) encontraram diferenças entre o sistema de cultivo orgânico e convencional, cujas PECP obtidas foram 14.804,0 e 17.354,0 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, e PESP obtidas foram 9.213,0 e 10.398,0 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Nota-se que as doses 60, 90 e 120 t ha<sup>-1</sup> proporcionaram a PECP e PESP superiores às encontradas por Santos et al. (2015) no sistema orgânico e com relação à adubação mineral foi superior ou igual.

Quando a comercialização de milho verde se dá por unidades ou bandejas, o diâmetro e comprimento de espigas são características importantes a serem consideradas. De acordo com Albuquerque et al. (2008), os consumidores preferem espigas de maior comprimento e diâmetro, uma vez que espigas com menor comprimento e diâmetro são rejeitadas por possuírem menores quantidades de grãos, permanecendo na prateleira por mais tempo e favorecendo sua deterioração. Para as espigas serem consideradas comerciais, é necessário que possuam diâmetros e comprimentos maiores que 3,5 e 15,0 cm, respectivamente (ALBUQUERQUE et al., 2008; CARDOSO et al., 2011). Neste sentido, os resultados encontrados se enquadram como comerciais em todos os tratamentos para DESP, e para CESP com exceção apenas das doses 0 e 30 t ha<sup>-1</sup> de EB. O bom desempenho nos parâmetros de biomassa (Tabela 3) e produtivos do milho (Tabela 8) com EB reforçam o potencial dessa prática para agricultura de baixos insumos. Cabe salientar que esse procedimento se aplica a pequenos produtores, ou pequenas áreas de cultivos, pois existe um grande empecilho do emprego da adubação orgânica em grandes áreas, que é a falta de equipamentos adequados para a aplicação pois, geralmente, são materiais com alto teor de umidade, o que torna a atividade pouco eficiente e demorada em relação à adubação mineral. Além disso, o volume de esterco a ser usado em grandes áreas deve ser relativamente alto, o que dificulta os pecuaristas atenderem a essa demanda.

O modelo de regressão que melhor se ajustou aos parâmetros PECP, PESP e DESP, foi o quadrático (Figura 2). Porém, a PECSP e CESP não se ajustaram a nenhum modelo devido a

variabilidade dos dados, não satisfazendo os pressupostos do modelo. Para a PECP, as doses de MEF e MEE foram de 109,2 t ha<sup>-1</sup> e 55,9 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Com base nessas doses foram determinados a PM e 90% PM, obtendo-se os valores de 17.357,3 kg ha<sup>-1</sup> e 90% PM de 15.621,6 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Com relação a PESP, as doses de MEF (108,9 t ha<sup>-1</sup>) e MEE (59,76 t ha<sup>-1</sup>) proporcionaram a PM de 12.550,0 kg ha<sup>-1</sup> e 90% PM de 11.295,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para o DESP, a dose de MEF foi 105,0 t ha<sup>-1</sup> com PM de 4,71 cm.



**Figura 2** Gráficos com equações de regressão relacionando-se os parâmetros produtivos do milho híbrido AG1051 em função de doses de esterco bubalino. A – PECP- Produtividade de espigas com palha; B – PESP- Produtividade de espigas sem palha; C – DESP- Diâmetro de espiga sem palha. MEF - máxima eficiência física; MEE - máxima eficiência econômica;

Na literatura existe uma diversidade de estudos com diferentes fontes orgânicas para o cultivo do milho, no entanto, os ensaios com esterco bubalino ainda são escassos. Bezerra-Neto et al. (1984), ao analisar a produção do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. WaIp), identificou a MEE de esterco de curral de 15 t ha<sup>-1</sup>. Avaliando o desenvolvimento do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) em resposta à adubação com esterco bovino, Trindade et al., (2018), estimou a MEE de 18 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino para a produção máxima de 91, t ha<sup>-1</sup>. Borges et al. (2020), verificou que a utilização de 10 t ha<sup>-1</sup> de cama de frango promove aumento da produtividade de grãos de milho safrinha. As doses citadas anteriormente divergem das doses

encontradas neste estudo, isso reforça a ideia de que a dose a ser recomendada depende principalmente da origem e da composição química do material, além do perfil de fertilidade do solo do local do experimento.

Na tabela 9 está expresso o resultado da correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas nos parâmetros de produtividade do híbrido AG1051. A PECP e PESP apresentaram correlação muito forte (0,98\*\*), a PECP e CESP (0,79\*\*), PESP e CESP (0,75\*\*) e, PECSP e DESP (0,67\*\*) apresentaram forte correlação. A PECSP e PESP (0,45\*) apresentaram correlação moderada. As demais correlações foram negativas e/ou não significativas.

**Tabela 9** – Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas nos parâmetros de produtividade do híbrido AG1051

	PECP	PESP	PECSP	DESP
PESP	0,98**			
PECSP	0,37 <sup>ns</sup>	0,45*		
DESP	0,37 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,67**	
CESP	0,79**	0,75**	-0,08 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>

PECP- Produtividade de espigas com palha; PESP- Produtividade de espigas sem palha; PECSP- Produtividade de espigas comerciais sem palha; DESP- Diâmetro de espiga sem palha e CESP- Comprimento de espiga sem palha. <sup>ns</sup> Não significativo; (\*\*), (\*) Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

O coeficiente de correlação de Pearson, expressa a associação entre duas variáveis quantitativas (OLIVEIRA et al., 2021). A PECP e PESP proporcionaram uma correlação positiva muito forte, sugerindo que aumentos na PECP refletem em maiores PESP, e vice-versa. A variável CESP se correlacionou positivamente forte com a PECP e PESP, evidenciando que ao mesmo que ocorre incrementos em CESP ocorre incrementos, também, na PECP e PESP, o contrário é verdadeiro. A correlação da DESP com a PECSP foi moderada indicando que o diâmetro contribuiu pouco para o peso das espigas. De acordo com o estudo de correlação percebe-se que a biomassa das espigas de maneira geral depende mais do comprimento do que o diâmetro, embora não tenha observado tal relação para a espigas comerciais.

Dentre as variáveis correspondentes à produtividade do milho híbrido AG1051 que se correlacionaram, foi de forma positiva, ou seja, houve aumentos simultâneos nos rendimentos das variáveis relacionadas.

#### **4.3 Produção de silagem do milho híbrido AG1051 em função de doses de esterco bubalino**

Na Tabela 10 constam os valores médios das variáveis da massa ensilada do milho híbrido AG1051 produzido sob doses crescentes de EB. De acordo com análise centesimal do ensilado, percebe-se que a qualidade desse material variou pouco entre a adubação com EB e a fertilização química. Em todos os parâmetros existe pelo menos uma dose de EB que no mínimo

se equiparou ao uso da fertilização química. Apenas as doses 0 e 60 t ha<sup>-1</sup> de EB proporcionaram valores de MS inferiores a fertilização química, sendo que as demais doses se equipararam a esta prática. As doses de EB não se diferenciaram da adubação mineral para a variável MM, porém, a dose 60 t ha<sup>-1</sup> diferenciou-se das doses 0 e 30 t ha<sup>-1</sup>. O resultado da MM que corresponde à fração não orgânica, demonstra que nas doses de 60 a 120 t ha<sup>-1</sup>, o ensilado possui certamente, menores níveis de energia. A dose de 30 t ha<sup>-1</sup> foi superior à adubação mineral e às doses de 90 e 120 t ha<sup>-1</sup> de EB na variável PB, não havendo diferenças nos demais tratamentos. Não houve diferenças entre os tratamentos para as variáveis FDN, FDA e pH.

**Tabela 10** – Composição centesimal da massa ensilada do milho híbrido AG1051 em função de doses de esterco bubalino

Variáveis	Doses de esterco bubalino (t ha <sup>-1</sup> )					Adubação mineral
	0	30	60	90	120	
MS	33,10 BC	34,05 ABC	31,38 C	33,50 ABC	37,33 AB	37,7 A
MM	2,34 C	2,45 BC	3,55 A	3,30 AB	2,93 ABC	2,98 ABC
PB	7,25 AB	7,60 A	6,80 AB	6,40 B	6,58 B	6,30 B
FDN	43,30 A	37,23 A	40,98 A	42,98 A	40,75 A	39,08 A
FDA	21,18 A	18,98 A	20,75 A	22,58 A	19,15 A	19,05 A
pH	3,31 A	3,29 A	3,28 A	3,26 A	3,23 A	3,31 A

MS - matéria seca; MM - matéria mineral; PB - proteína bruta, FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; pH – potencial hidrogeniônico. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

O tipo de fermentação que irá se desenvolver no interior do silo é determinado pelo teor de MS da planta forrageira (CAMPOS et al., 2017), que é onde está concentrado todo seu valor nutritivo (DUPONT, 2016). O fato das plantas de milho terem sido colhidas no estágio adequado à ensilagem, com teor médio de 30% de MS, contribuiu para que o teor de MS verificado nas silagens estivesse dentro do padrão de fermentação de boa qualidade, que de acordo com Carvalho et al. (2015) recomenda-se que a MS da silagem apresente valores entre 32 e 38%.

Neste sentido, somente o tratamento 60 t ha<sup>-1</sup> de EB estaria fora dos padrões recomendados, no entanto teores de MS abaixo de 30% pode resultar em perdas de compostos solúveis por meio da alta produção de efluentes e fermentação clostrídica (SILVA et al., 2015). Por outro lado, teores de MS superiores a 37% promovem dificuldade de uniformidade na picagem, compactação, formando o chamado “colchão” na silagem, resultando em perdas qualitativas de fermentação e maior presença de fungos e micotoxinas (SOEST, 1967).

Em relação a MM, as doses de EB não se diferenciaram da adubação mineral. A MM corresponde ao teor total de minerais contidos nas silagens ou forragens. O valor médio de MM

ideal na silagem de milho é de 3%, podendo haver variação de 2 a 5% de matéria mineral na matéria seca da silagem (NEUMANN, 2011). Neste caso, todos os tratamentos avaliados se encontram dentro dos padrões descritos pelo autor, visto que os valores médios encontrados variaram de 2,34 % a 3,55% MM, inferiores ao reportado por Nigon et al. (2016) de 3,7%. A elevação no teor de MM indica perdas de MO, uma vez que o consumo de MO tornará a porção mineral maior (BOLSEN, 1997). Segundo Elias et al. (2015), o conteúdo mineral, representado pelo teor de cinzas, é a fração que apresenta as menores variações no seu conteúdo total durante o armazenamento. Diferente da lavoura para produção de grãos, o milho para silagem leva para o silo maior quantidade de nutrientes, ou seja, proporcionando diminuição da matéria orgânica bem como a reciclagem de nutrientes do solo (CRUZ et al., 2011).

Os níveis de PB de todos os tratamentos situam-se em níveis considerados ideais, que correspondem no intervalo de 7 a 9% (VIEIRA et al., 2013). De acordo com Van Soest (1994), não pode ser inferior a 7%, uma vez que limita a digestão devido aos baixos níveis de N para os microrganismos do rúmen, reduzindo sua população e influenciando na redução da ingestão e na digestibilidade de MS (BUSO et al., 2018). Desta forma, teor mais alto de PB é necessário para suprir as exigências dos microrganismos ruminais, favorecendo assim seu desenvolvimento. Sabe-se que a percentagem de PB é determinada pelo total de nitrogênio (N) multiplicado por 6,25. Assim, potencializando-se o fornecimento de N no solo as plantas podem absorver e utilizar em seus metabólitos (EPSTEIN; BLOOM, 2006). No solo, a adubação com EB promoveu aumentos nos teores de MO e N e, a adubação mineral aumentou o teor de N. Ambos promoveram maiores teores e acúmulos de N na planta (Tabelas 5 e 6), e conseqüentemente influenciou no teor de PB na silagem de milho como produto final, estando dentro da faixa recomendada.

Os teores de FDN e FDA na MS da silagem do híbrido AG1051 não apresentaram diferenças entre os tratamentos. Resultado semelhante foi obtido por Souza et al. (2008) quando avaliaram a influência das diferentes doses de N sobre a qualidade da silagem de milho e verificaram que a FDN e a FDA não foram afetadas significativamente. Janssen (2009) também não observou interferência de doses de N na FDN.

De acordo com Van Soest (1994), os níveis adequados para o consumo animal devem ser abaixo de 60% e 40%, para os teores de FDN e FDA, respectivamente. A fração FDN tem relação negativa com o consumo, visto que é um fator físico que limita a ingestão de matéria seca, enquanto que as frações FDA e a lignina possuem relação negativa com a digestibilidade aparente do material e com a ingestão (SOEST, 1967; PINEDO et al., 2020).

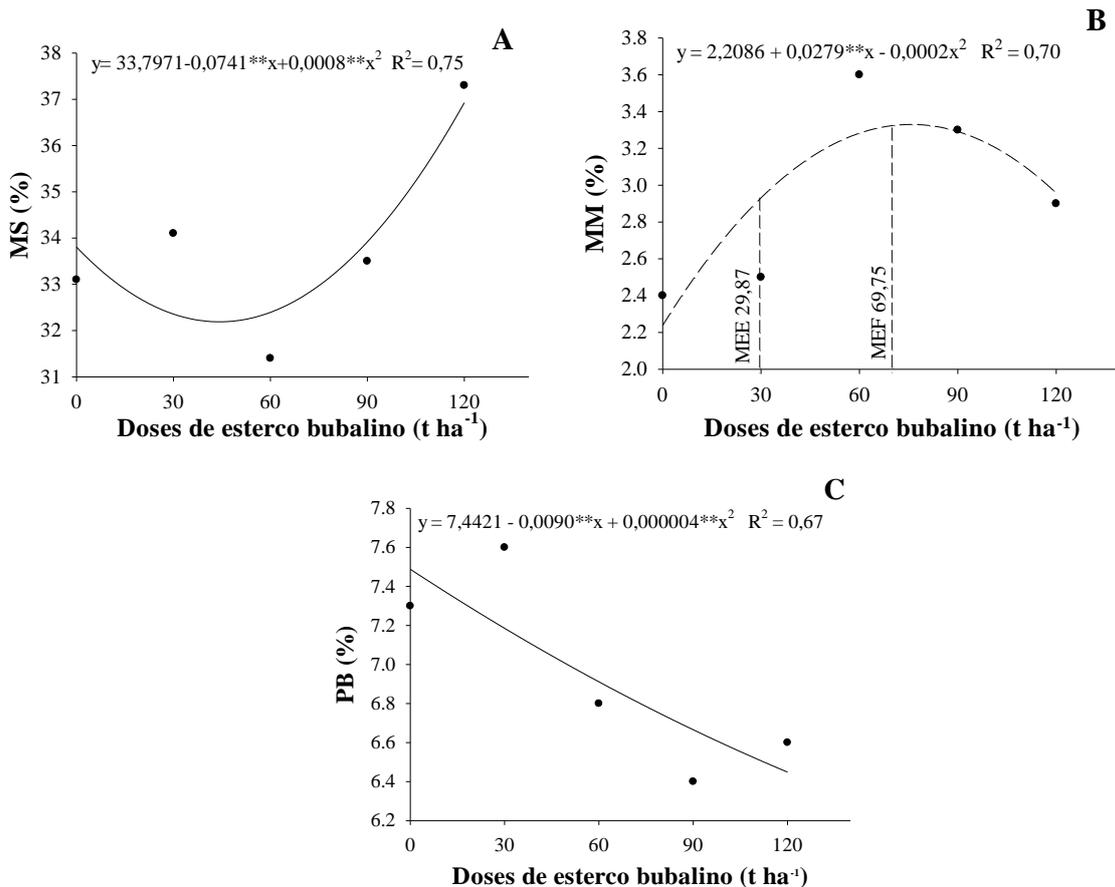
A variável FDN é uma fonte de nutrientes para ruminantes, que estimula a ruminação e a saúde do rúmen (NEUMANN et al., 2017). Silagens com teores de FDN acima de 60% MS prejudica a digestibilidade do alimento pois, o aumento nos teores de FDN causam menor ingestão de matéria seca devido ao espaço físico do rúmen que se limita com a quantidade elevada de material fibroso, promovendo a diminuição da taxa de passagem do alimento pelo trato digestivo do animal (BOSA et al., 2012). Este parâmetro representa a fração de carboidratos dos alimentos de digestão lenta ou indigestível e, dependendo de sua concentração e digestibilidade, impõe limitações do consumo de matéria seca e energia pelo ruminante (BERCHIELLI; GARCIA; OLIVEIRA, 2006). Portanto, quanto menor o teor de FDN, melhor será a silagem e maior será o consumo de matéria seca (MORAES et al., 2013). Neste sentido, os resultados de FDN encontrados, em todos os tratamentos, se enquadram no que é preconizado na literatura.

Maiores valores de FDA resultam na indisponibilidade de carboidratos estruturais degradáveis, uma vez que a lignina presente na parede celular impede a aderência microbiana e a hidrólise enzimática da celulose e hemicelulose, diminuindo a digestibilidade da fibra (EPIFANIO et al., 2016). Quanto maior o teor de FDA, menor a qualidade e a digestibilidade da silagem e, quanto menor o valor de FDA, maior o valor energético do alimento (PASA; PASA, 2015). Sendo assim, os resultados nos teores de FDA encontrados para a silagem de milho híbrido AG1051 estão dentro do que é recomendado.

Para que o processo fermentativo da silagem ocorra de forma adequada, é necessário que o pH esteja na faixa de 3,8 e 4,2, uma vez que nessa faixa há restrições das enzimas proteolíticas, e de enterobactérias e clostrídeos (ZHANG, et al., 2016). Desta forma, o pH encontrado em todos os tratamentos avaliados estiveram abaixo do requerido para silagem de milho. Sendo assim, a excessiva diminuição do pH da massa ensilada promove o estabelecimento de microrganismos ácido-tolerantes capazes de se desenvolverem em pH abaixo de 3,5 (REZENDE et al., 2011; MACÊDO et al., 2019). No entanto, outra justificativa para o abaixamento do pH pode ser em função da atividade enzimática das plantas após o corte, pois a excessiva respiração causa diminuição dos teores de carboidratos que são os principais substratos para as bactérias lácticas, afetando negativamente o valor nutritivo do material final (PINHO et al., 2013; MACÊDO et al., 2019).

A variação na composição centesimal do ensilado do milho em função das doses de EB era esperado, pois de acordo com Neumann et al. (2005) diferentes doses de adubação nitrogenada no milho podem influenciar diretamente sobre os componentes da planta, e consequentemente no produto final do processo de ensilagem.

Na Figura 3 estão expressos os modelos de regressão da composição centesimal da massa ensilada do milho híbrido AG1051 em função de doses de EB. Observa-se que MS e MM ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático positivo, ou seja, o aumento das doses de EB aumentaram os teores de MS e MM. Embora a PB tenha melhor se ajustado ao modelo quadrático, houve diminuição à medida que aumentava as doses de EB. Para FDN e FDA não houve ajuste a nenhum modelo de regressão.



**Figura 3** Gráficos de regressão com equações matemáticas para a composição centesimal da silagem do híbrido AG1051 em função doses de esterco bubalino. A – MS - matéria seca; B - MM - matéria mineral; C - PB - proteína bruta.

Das variáveis ajustadas ao modelo quadrático foi possível estimar as doses de MEF e MEE, assim como sua PM, apenas para MM (Figura 3) que apresentou a dose de MEF de 69,75 t ha<sup>-1</sup> com PM de 3,18. A dose de MEE de 29,87 t ha<sup>-1</sup> obteve 90% PM de 2,86. Estes valores de MEF e MEE foram superiores aos encontrados por Bezerra-Neto et al. (1984), Trindade et al. (2018) e Borges et al. (2020).

Na Tabela 11 está expresso o resultado da correlação de Pearson (r) entre as variáveis MS, MM, PB, FDN, FDA e pH, correspondentes aos parâmetros da composição centesimal da silagem do híbrido AG1051. A FDN e FDA apresentaram correlação positiva muito forte

(0,92\*\*). A MS e FDA (-0,53\*) e a MM e PB (-0,46\*) apresentaram correlação negativa moderada; e a MM e FDN (0,53\*) e MM e FDA (0,56\*\*) apresentaram correlação positiva moderada; a MM e pH (-0,20\*), PB e FDN (-0,23\*\*) e a PB e FDA (-0,26\*\*) apresentaram correlação negativa fraca. As demais correlações foram negativas e/ou não significativas.

**Tabela 11** – Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas na composição centesimal da silagem do híbrido AG1051 em função de doses de esterco bubalino

Variáveis	MS	MM	PB	FDN	FDA
MM	-0,44 <sup>ns</sup>				
PB	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,46*			
FDN	-0,43 <sup>ns</sup>	0,53*	-0,23**		
FDA	-0,53*	0,56**	-0,26**	0,92**	
pH	-0,1 <sup>ns</sup>	-0,20*	0,38 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>

MS - matéria seca; MM - matéria mineral; PB - proteína bruta, FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; pH – potencial hidrogeniônico. <sup>ns</sup> Não significativo; (\*\*), (\*) Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

A correlação de Pearson mede o grau de relação entre duas variáveis de escala métrica (EVANS, 1996). Dentre as variáveis, a FDN e FDA apresentaram correlação positiva muito forte, ou seja, à medida que aumenta os teores de FDN aumenta, também, os teores de FDA. Isso evidencia que ganhos em rendimento de FDN são acompanhados de ganhos em FDA, uma vez que a FDA está contida na FDN.

As frações fibrosas FDN e FDA tiveram correlação positiva moderada com a MM, fatores que desencadeiam o aumento das frações fibrosas podem contribuir para o aumento da MM. A FDA se correlacionou negativamente com a MS ( $r = -0,53$ ), sugerindo que o aumento na FDA diminuiu a MS, resultado semelhante foi obtido por Faria (2016).

A MM e a PB tiveram uma correlação negativa moderada, em que à medida que aumenta a MM diminui a PB. Esta por sua vez, teve correlação negativa fraca com as frações fibrosas FDN e FDA. As correlações negativas ratificam que ganhos no rendimento de uma variável são acompanhadas em perdas na variável relacionada.

#### 4.4 Teor de nutrientes do solo em função das doses de EB e fertilizante com NPK

Na tabela 12 consta o resultado da análise do solo antes e após o cultivo do milho híbrido AG1051 expostos a doses de esterco bubalino e adubação mineral, para efeito de caracterização. A adubação com EB promoveu melhorias físico-química no solo quando comparado à condição inicial e à adubação mineral.

Observa-se que houve uma pequena variação no pH do solo ao fim do experimento, no entanto, em todas as doses de EB e na fertilização química o pH do solo manteve-se em valores próximos ao valor inicial. Antes da instalação do experimento o pH do solo provavelmente foi

alterado pela calagem, no entanto, em função da aplicação da matéria orgânica e no decorrer do experimento, houve redução do pH em função dos ácidos orgânicos liberados durante o processo de mineralização da matéria orgânica. Esse nível de pH não afetou o milho haja vista que segundo Ciotta et al. (2004) as maiores concentrações de Ca, Mg, K e de P proporcionados pelas doses de EB, bem como os maiores teores de carbono orgânico total e solúvel, atuam na minimização do efeito negativo da acidificação do solo na presença da matéria orgânica, contribuindo para a obtenção de rendimentos satisfatórios para as culturas. Já a acidez na presença da fertilização química deve-se provavelmente à aplicação de sulfato de amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  na adubação de cobertura. Os teores da acidez potencial  $(\text{H} + \text{Al}^{3+})$  nas áreas que receberam aplicações de EB foram inferiores em relação às áreas antes da implantação do experimento e área correspondente à adubação mineral. Os valores de pH, embora próximos do valor inicial, indicam uma neutralização de  $\text{H}^+$  e extinção do alumínio trocável (Tabela 12) o que explica a redução da acidez potencial do solo.

Os incrementos observados nos teores de Ca, Mg e K, e conseqüentemente nas SB, podem ser atribuídos ao aumento no fornecimento de EB, bem como aumentos nos teores de P disponível. Houve pouca variação de N nas parcelas com adubação orgânica, seguida da adubação mineral. O aumento dos teores de MO refletiu em incrementos da capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T) e capacidade de troca catiônica efetiva (t) em função do aumento das cargas negativas do solo devido a matéria orgânica, além de manter a saturação de bases (V) alta e a saturação de alumínio (m) baixa como observado nos tratamentos que receberam as aplicações de EB, sendo superiores ao tratamento que recebeu adubação mineral. A diminuição de m deve-se a diminuição do alumínio trocável, o qual foi neutralizado pela calagem, e pela possível complexação organometálica desencadeada pela matéria orgânica.

O aumento nas doses de EB, promoveram incrementos de S, porém, inferiores quando comparados à adubação mineral. Os teores de B e Zn na adubação orgânica, foram superiores à adubação mineral. Os teores de Mn nas doses 0 e 30 t ha<sup>-1</sup> EB foram superiores à adubação mineral. A concentração de Fe e Cu diminuíram à medida que aumentaram as doses de EB.

**Tabela 12** – Atributos químicos de amostras de Latossolo Amarelo distrófico (LAd) antes e após o cultivo do híbrido AG1051

Atributos químicos	Teor de nutrientes no solo antes do cultivo (2019)	Teores de nutriente após cultivo do híbrido AG1051 <sup>2</sup> (2020)					
		Doses de esterco bubalino (kg ha <sup>-1</sup> )					Controle NPK
		0	30	60	90	120	
pH (H <sub>2</sub> O) <sup>(1)</sup>	5,0	5,10	4,96	5,00	4,94	5,09	4,65
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	6,43	5,2	5,2	5,2	5,6	4,2	6,1

Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	0,20	0	0	0	0,20	0	0,29
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	2,20	3,13	2,87	2,55	2,97	2,41	2,48
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	0,50	1,65	1,48	1,35	1,58	1,35	1,06
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	5,00	8,0	7,3	7,9	9,5	7,4	9,4
K (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	18,00	13	27	35	55	61	15
N (dag kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	-	0,15	0,182	0,165	0,171	0,148	0,175
MO (dag kg <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	2,60	3,86	3,99	3,59	4,12	3,46	3,99
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	2,81	4,81	4,42	3,99	4,69	3,92	3,58
t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	3,01	4,81	4,42	3,99	4,89	3,92	3,87
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	9,24	10,01	9,62	9,19	10,29	8,12	9,68
V (%) <sup>(1)</sup>	30,41	48,1	45,9	43,4	45,6	48,3	37,0
m (%) <sup>(1)</sup>	6,64	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	7,5
P-Rem <sup>(1)</sup>	-	26,6	27,6	28,1	27,7	26,1	24,5
S (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	-	11,8	13,5	16,3	18,3	20,0	25,7
B (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	-	0,27	0,43	0,42	0,38	0,38	0,35
Cu (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	-	0,83	0,83	0,76	0,69	0,70	0,91
Mn (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	-	7,3	7,0	5,1	5,9	5,0	6,7
Fe (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	-	143,7	124,4	110,5	90,6	103,5	129,0
Zn (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	-	4,99	5,26	4,50	4,69	3,84	4,24

<sup>1</sup>Análise química do solo realizada conforme os procedimentos recomendados pela Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais – Recomendação para uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação.

De acordo com Malaquias e Santos (2017), a aplicabilidade de produtos orgânicos na agricultura é importante por conta da diversidade dos nutrientes minerais e pela ação positiva de ativador enzimático do metabolismo vegetal.

O EB utilizado apresentou cerca de 16,79 dag kg<sup>-1</sup> de MO, classificado conforme Alvarez V. et al. (1999) como muito bom. A decomposição da MO justifica a variação no pH, haja vista que durante esse processo ocorre a liberação de metabólitos que causam acidificação, como ácidos carbônicos e prótons resultantes da ionização de grupos carboxílicos e fenólicos, que originam as cargas negativas do solo (LUCENA; MASAGUER; RODRIGUES, 2021).

O aumento dessas cargas negativas eleva a CTC do solo, possibilitando maior retenção de cátions trocáveis e menores perdas por lixiviação quando comparados aos argilominerais do tipo 1:1 e os óxidos (CASTRO et al., 2014). Dentre os cátions adsorvidos nas cargas negativas estão Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>, refletindo no aumento da soma de bases (SB) e V, resultados encontrados neste estudo. A SB, V e m foram classificadas como boa, média e muito baixa, respectivamente (ALVAREZ V. et al., 1999). Os elevados teores de bases indicam uma boa fertilidade do solo, uma vez que, alta SB indica maior possibilidade de absorção de macronutrientes pelas plantas (MACIEL et al., 2019).

Nos tratamentos com EB não foram detectados teores de Al<sup>3+</sup>, em relação ao solo antes da instalação do experimento e ao tratamento mineral. A ausência de Al<sup>3+</sup> pode ser justificada

pela prática da calagem, uma vez que, a partir da reação do calcário com a  $H_2O$  e  $H^+$  ocorre a dissolução e dissociação, liberando  $Ca^{2+}$ ,  $H_2CO_3$  e  $OH^-$  (NOLLA et al., 2020). Neste sentido, ocorre a neutralização da acidez e a imobilização do  $Al^{3+}$ , uma vez que este reage com a molécula de  $OH^-$  (CUNHA et al., 2018). Uma outra justificativa para ausência do  $Al^{3+}$  é a sua complexação por moléculas orgânicas oriundas da MO (LUCENA; MASAGUER; RODRIGUES, 2021), e que lixiviam no perfil do solo devido à alta solubilização em água (MIYAZAWA et al., 1993). Os maiores teores de  $Al^{3+}$  no tratamento mineral deve-se a adubação de cobertura utilizando sulfato de amônio  $(NH_4)_2SO_4$  como fonte de N, esta fonte promove a acidificação do solo e com a diminuição do pH ocorre aumento nos teores e na atividade do  $Al^{3+}$  (MENECHINI et al., 2020).

Nos teores de P os resultados demonstram valores competitivos entre as doses de EB e adubação mineral, porém superiores em comparação ao solo em condições naturais (Dose 0 t  $ha^{-1}$ ). O aumento nos teores de P nas doses de EB, ocorre porque a MO contribui para o aumento da disponibilidade de P, seja pela liberação de P durante sua decomposição/mineralização ou através da redução dos sítios de fixação no solo (MALAQUIAS; SANTOS, 2017). A MO libera ácidos húmicos, acético e málico que promovem o bloqueio dos sítios de carga positiva dos óxidos de Fe e Al reduzindo a fixação de P no solo. Assim, ocorre uma tendência de menor adsorção de P e maior aproveitamento pelas plantas (MALTA et al., 2019).

Os valores de N dos tratamentos orgânicos foram competitivos com adubação mineral, no entanto, os teores de S foram superiores na adubação mineral em relação a adubação orgânica. Os resultados mostram que a MO é uma importante fonte de macronutrientes fornecendo N e S para as plantas (MATEUS et al., 2017). No entanto, para que estes nutrientes sejam absorvidos pelas plantas é necessário que ocorra o processo de mineralização, liberando as formas iônicas destes nutrientes (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013). Os maiores teores de N e S identificados na adubação mineral pode ser atribuído a adubação de cobertura com  $(NH_4)_2SO_4$  aumentando os teores de N e S no solo.

Em relação aos micronutrientes, acredita-se que o aumento na concentração de B e Zn deve-se à mineralização da MO, disponibilizando o B e Zn que nela estava quelado/complexado ou mesmo advindo do aporte de EB. No entanto, a diminuição na concentração de Mn, Fe e Cu pode estar associada à extração pela cultura, ou tornou-se menos disponível em razão da complexação pela MO após a incorporação de EB (SILVA et al., 2016). Portanto, a aplicação de EB no solo, rico em MO, faz com que os níveis de metais tóxicos às plantas possam ser reduzidos.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo podem contribuir para o conhecimento da composição química do EB, assim como seus efeitos na cultura do milho híbrido AG1051 e no solo de cultivo, pois se mostrou tão eficiente quanto a adubação mineral.

O milho híbrido AG1051 foi responsivo às doses de EB no solo, em virtude das melhorias causadas no ambiente de cultivo que promoveu incrementos na Alt, DC e AF com doses de MEE de 53,13; 34,85 e 19,99 t ha<sup>-1</sup> EB, respectivamente.

O fornecimento de EB não promoveram respostas satisfatórias no teor e acúmulo de macro e micronutrientes. Por isso, o bom desempenho da cultura pode estar também associado aos efeitos indiretos da matéria orgânica do solo nos atributos físicos, e metabolismo do solo.

A PECP, PESP e DESP responderam à MEE com doses de 55,9; 43,0 e 11,50 t ha<sup>-1</sup> de EB. Com relação à composição química da silagem apenas a MS e PB nas doses de 60 e 30 t ha<sup>-1</sup> de EB, respectivamente, se diferenciaram da adubação mineral.

A utilização de esterco bubalino promoveu melhorias dos atributos químicos do solo, aumento da disponibilidade de N, P, K e S, no entanto diminuiu a disponibilidade de B, Cu, Mn, Fe e Zn.

Considerando as doses de MEE supracitados, podemos inferir que as menores doses de EB (30, 60 e 90 t ha<sup>-1</sup>) promoveram rendimentos satisfatórios do milho híbrido AG1051.

A utilização do EB apresentou potencial como alternativa à adubação química na cultura do milho.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADNAN, N.; NORDIN, S.; RAHMAN, I.; NOOR, A. The impacts and visions of the green fertilizer Technologies (GFT). **World Journal of Science, Technology and Sustainable Development**, v.14, n.4, p.336-354, 2017. <https://doi.org/10.1108/WJSTSD-08-2016-0053>
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76, 2008.
- ALCARDE, José Carlos. Manual de Análise de Fertilizantes - Piracicaba: FEALQ, 2009.
- ALMEIDA ML, SANGOI L, NAVA IC, GALIO J, TRENTIN OS & RAMPAZZO C (2003) Crescimento inicial de milho e sua relação com o rendimento de grãos. *Ciência Rural*, 33:189-194.
- ALMEIDA, D. J.; SILVA, I. F.; SOUZA, R. F.; SILVEIRA, F. P. M.; SANTOS, L. S.; MALTA, A. O. Influência da adubação orgânica e densidade de plantio na produção do milho pipoca. **Pesq. Agropec. Pernamb.**, Recife, v. 20, n. 1, p. 17-21, jan./dez. 2015.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. Em: **Recomendações Para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais - 5º Aproximação**. v. 5, p. 25–32, 1999.
- ANACLETO, A.; CABRAL, A. C. F. B.; FRANCO, L. S. Manual de horticultura orgânica: do produtor ao consumidor. Paranaguá: UNESPAR, 2017. 96p.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.867-874, 2000.
- ARGAW, A. Organic and inorganic fertilizer application enhances the effect of Bradyrhizobium on nodulation and yield of peanut (*Arachis hypogea* L.) in nutrient depleted and sandy soils of Ethiopia. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 6, n. 3, p. 219-231, 2017.
- AVILA, C. L. S.; CARVALHO, B. F. Silage fermentation — updates focusing on the performance of microorganisms. **Journal of Applied Microbiology**, v. 128, n. 4, p. 966–984, 2020.
- BAJELI, J.; TRIPATHI, S.; KUMAR, A. et al. Organic manure saconvincing source for quality production of Japane semint (*Mentha arvensis*L.). **Industrial Cropsand Products**. V. 83 p, 603–606. 2016.
- BARBOSA, T. M. B. **Mineralogia e disponibilidade de fósforo em solos de terra firme da amazônia central**. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus-AM, 2017.
- BARRETO, M. T. L.; MAGALHÃES, A. G.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; DUARTE, A.DE S.; TAVARES, U. E. Growth and accumulation of macronutrients in maize plants biofertilized with cassava wastewater. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** 18 (5): 487-494, 2014.
- BASTIANETTO, E.; BARBOSA, J. D. Diferenças fisiológicas entre bubalinos e bovinos: interferência na produção. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/7664/5437>. Acesso em: 14 de junho de 2019.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. Métodos de análise química de plantas. Campinas: IAC, 1983. 48p.
- BATISTA, M. A.; INOUE, T. T.; ESPER NETO, M.; MUNIZ, A. S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. 2018. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P.S.L., BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. (Ed.). **Hortaliças-fruto**. p. 113–162.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SANTOS, J. B.; FERNANDES, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 13, n. 3, p. 1-12, 2018.

BEZERRA-NETO, F.; HOLANDA, J. S.; TORRES-FILHO, J.; TORRES, J. F. Níveis de máxima eficiência econômica de esterco de curral no cultivo do caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 5, p. 567–571, 1984.

BORGES, F. E.; COSTA, A. R. da; FILHO, E. S.; BIDO, G. de S.; MANNIGEL, A. R. Rendimento de milho safrinha adubado com resíduo orgânico. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO**, v. 17, n. 34, p. 462–469, 2020.

BOSA, R.; FATURI, C.; VASCONCELOS, H. G. R., et al. Consumo e digestibilidade aparente de dietas com diferentes níveis de inclusão de torta de coco para alimentação de ovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 34, n. 1, p. 57-62, Jan.- Mar., 2012.

BRASIL, 2017. Manual de Métodos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos e Corretivos. MAPA.

CAIRES, E. F.; HALISKI, A.; BINI, A. R.; SCHARR, D. A. (2015). Surface liming and nitrogen fertilization for crop grain production under no-till management in Brazil. **European Journal of Agronomy**, 66, 41-53.

CAMPOS, S. D. A.; LANA, R. D. P.; CARLOS, J.; GALVÃO, C.; SOUZA, M. N.; TAVARES, V. B. Efeito do esterco de galinha poedeira na produção de milho e qualidade da silagem. **Rev. Ceres, Viçosa**, v. 64, n. 3, p. 274–281, 2017.

CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; ADORIAN, G. C.; RODRIGUES, H. V. M.; MELO, A. V.; PIRES, L. P. M.; CANCELLIER, E. L. Adubação orgânica na linha de semeadura no desenvolvimento e produtividade do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 527-540, abr/jun. 2011.

CARVALHO, L. B.; BIANCO, S.; BIANCO, M. S. (2014). Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de *Zea mays* e *Ipomoea hederifolia*. **Planta Daninha**, 32(1),99-107.

CASTRO, C.S.; LOBO, U.G.M.; RODRIGUES, L.M.; BACKES, C.; SANTOS, A.J.M. Eficiência de utilização de adubação orgânica em forrageiras tropicais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 4, p. 48-54, 2016.

CASTRO, F. M. Produção e silagem de sorgo forrageiro em função do espaçamento e do manejo de plantas daninhas. 124f. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2018.

CHEN, C.W., JU, Y.R., CHEN, C.F., DONG, C.D., 2016. Evaluation of organic pollution and eutrophication status of Kaohsiung Harbor, Taiwan. *Int. Biodeter. Biodegr.*

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A) & WOBETO, C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:1055-1064, 2002.

CLARKSON, D. T.; MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. second edition. 889pp. London: Academic Press, £29.95 (paperback). *Annals of Botany*, Volume 78, Issue 4, October 1996, Pages 527–528, <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0155>

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.777-88,

COSTA, D.P.B.; MOURÃO, R.C.; RODRIGUES, V.S.; COSTA, Q.B.; LIMA, E.S. Esterco de bubalinos e de bovinos aplicados à capineira de capim elefante. *PUBVET*, Londrina, V. 2, N. 33, 2008.

COSTA, E. M. da; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. de A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v. 9, n. 17, p. 1842–1860, 2013.

COSTA, F. R.; DAMASO, L. F.; MENDES, R. C.; MARQUES, D. D.; RODRIGUES, F. Desempenho de híbridos para consumo in natura em diferentes doses de nitrogênio. **Científica, Jaboticabal**, v. 43, n. 2, p. 109-116, 2015.

COSTA, M. S. S. M.; PIVETTA, L. A.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. G.; CASTOLDI, G.; STEINER, F. Atributos físicos do solo e produtividade do milho sob sistemas de manejo e adubações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 15, n. 8, p. 810-815, ago. 2011.

COUTINHO, J.J.O.; COURA, R.A.N.; RODRIGUES, L.M. Efeito de aditivo em silagens de leguminosas forrageiras. **Ciência et Praxis**. V.8, n.15. 2015.

COUTO, C. A.; SILVA, E. M.; SILVA, A. G.; OLIVEIRA, M. T. P.; VASCONCELOS, J. C.; SILVA, A. R.; SOBREIRA, E. A.; MOURA, J. B. Desempenho de cultivares de milho destinados para produção de milho verde e silagem. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 6, n. 1, p. 232-251, 2017.

CRASWELL, E. T.; LEFROY, R. B. D. The role and function of organic matter in tropical soils. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. 2001.

CRUZ, J. L.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; SANTOS, A. A. dos. Salinity reduces carbon assimilation and the harvest index of cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Scientiarum**, v. 39, n. 4, p. 545-555, oct./dec. 2017.

CUNHA, G. O. de M.; ALMEIDA, J. A. de; ERNANI, P. R.; PEREIRA, É. R.; SKORONSKI, É.; LOURENÇO, L. S.; BRUNETTO, G. Chemical Species and Aluminum Concentration in the Solution of Acid Soils Cultivated with Soybean and Corn under Liming. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, n. 0, p. 1–16, 2018.

EIRAS, P. P.; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. **Inter Science Place**, v. 1, n. 17, 2015.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L.; FERREIRA, C. D.; Classificação oficial, qualidade e conservação de arroz, feijão e soja. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2015a. 475 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. p. 10–11, 2006. Disponível em: <<https://www.amazon.com.br/Nutrição-Mineral-Plantas-Princípios-Perspectivas/dp/8599144030>>. Acesso em: 25 nov. 2020.

ESPINDULA, M. C.; CAMPANHARO, M.; ROCHA, V. S.; MONNERAT, P. H.; FAVARATO, L. F. Composição Mineral De Grãos De Trigo Submetidos a Doses De Sulfato De Amônio E Trinexapac-Etil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, 2010.

EVANS, J. **Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences**. Brooks/ Cole Publishing Company; 1996

EZEQUIEL, J. M. B. Exigências de proteína e minerais de bovídeos: Frações endógenas. 1987. 131f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1987.

FALLAH, S.; ROSTAEI, M.; LORIGOOINI, Z.; SURKI, A.A. Chemical compositions of essential oil and antioxidant activity of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in sole crop and dragonhead- soybean (*Glycine max*) intercropping system under organic manure and chemical fertilizers. **Industrial Crops & Products** v, 115 p, 158–165. 2018.

FARIA, T. F. R. Levantamento exploratório das amostras de silagem de milho do banco de dados do Instituto de Zootecnia. Dissertação (mestrado) – Instituto de Zootecnia. APTA/SAA. Nova Odessa, SP. 74p. 2016.

FERNÁNDEZ R., I. E. J.; NOVAIS, R. F.; NUNES, F. N.; KER, J. C. Reversibilidade do fósforo não-lábil em solos submetidos à redução microbiana e química. I: Alterações químicas e mineralógicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 2307-2318, 2008.

FERRARA, Felipe Ibañez de Santi. Influência do tipo de adubação na produção de aminoácidos e de ácido indol-3-acético, etileno e poliaminas por bactérias fixadoras de nitrogênio isoladas de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.).

2010. Tese (Doutorado em Microbiologia) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FORNASIERI FILHO, D. Manual da cultura do milho. Jaboticabal: Funep, 2007.

FREIRE, F. J.; SOUZA, S. K. D. S.; SILVA, G. B. Disponibilidade e níveis críticos de fósforo em milho e solos fertilizados com fontes fosfatadas 1 Availability and critical levels of phosphorus in maize and soils fertilized with phosphate sources. n. 81, p. 218–224, 2008.

FREIRE, F. M. et al. Milho verde. In: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES V., V. H. Editores. Viçosa, MG, 1999.

GAIND, S. Effect of fungal consortium and animal manure amendments on phosphorus fractions of paddy-straw compost. **International Biodeterioration & Biodegradation**. 2014.

GALVÃO, D. C. Estratégia de uso de água salina na irrigação do milho AG 1051. 62f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semi Árido. Mossoró, 2014.

GOMEZ, J. C. A. Revolução forrageira. Guaíba: Agropecuária, 1998.

GUARESCHI, R. F.; SILVA, A.; SILVA JUNIOR, H. R.; PERIN, A.; GAZOLLA, P. R. Adubação orgânica na produção de biomassa de milho em Latossolo de cerrado. **Gl. Sci Technol.**, Rio Verde, v. 06, n. 02, p.66 – 73, mai/ago. 2013.

HEDIN, L.O. et al. The nitrogen paradox in tropical forest ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, Palo Alto, v. 40, p. 613-635, 2009.

HERNÁNDEZ, T.; CHOCANO, C.; MORENO, J. L.; GARCÍA, C. Use of compost as an alternative to conventional inorganic fertilizers in intensive lettuce (*L.*) crops: effects on soil and plant. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 160, p. 14-22, 2016.

JANSSEN, H.P. Adubação nitrogenada para rendimento de milho silagem em sucessão ao azevém pastejado, pré-secado e cobertura em sistemas integrados de produção. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná – Curitiba, UFPR, 2009. 91f.

JUNIOR, M. C., JOBIM, C. C., OSMARI, M. P. & TRES, T. T. 2017. Nutritional additives in high moisture corn silage. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 12, 105-111.

KUNG, L. Fermentación de ensilaje y aditivos. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, v. 26, n. 3–4, p. 28–31, 2018.

LEHMANN, J.; GÜNTHER, D.; MOTA, M. S.; ALMEIDA, M. P.; ZECH, W.; KAISER, K. Inorganic and organic soil phosphorus and sulfur pools in an Amazonian multistrata agroforestry system. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 53, p. 113-124, 2001

LINHARES, P. C. A.; SILVA, J. N.; SOUZA, J. A.; SOUZA, T. P.; ANDRADE, R.; MEDEIROS, A.C.; MARACAJÁ, P. B. Crescimento do feijão-caupi sob adubação orgânica em condições edafoclimáticas de Catolé do Rocha-PB. **INTESA**, Pombal, v. 8, n. 1, p. 90-95, 2014.

LUCENA, J. J.; MASAGUER, A.; RODRIGUES, L. A. O Sistema Solo. In: MARTINEZ, H. E. P.; LUCENA, J. J.; MANGAS, I. B. (Ed.). **Relações solo-planta: bases para a nutrição e a produção vegetal**. UFV ed. Viçosa, MG: UFV, 2021.

MACIEL, A. M.; SILVA, J. B. G.; NASCIMENTO, A. de M.; PAULA, V. R. de; OTENIO, M. H. Aplicação de biofertilizante de bovinocultura leiteira em um planossolo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR)**, v. 12, n. 1, p. 151–171, 2019.

MALAQUIAS, C. A. A.; SANTOS, A. J. M. Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Pubvet**, v. 11, n. 5, p. 501–512, 2017.

- MALTA, A. O. de; PEREIRA, W. E.; TORRES, M. N. N.; MALTA, A. O. de; SILVA, E. S. da; SILVA, S. I. A. da. Atributos físicos e químicos do solo cultivado com graviolera, sob adubação orgânica e mineral. **Revista Pesquis Agro**, v. 2, n. 1, p. 11–23, 2019.
- MARQUES FILHO, A.O.; RIBEIRO, M.N.G.; SANTOS, H.M.; SANTOS, J.M. Estudos climatológicos da Reserva Florestal Ducke – Manaus – AM. IV. Precipitação. 1981.
- MARTINEZ HEP, CARVALHO JG & SOUZA RB (1999) Diagnose foliar. In: Ribeiro AC, Guimarães PTG & Alvarez VVH (Eds.) Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. Viçosa, Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. p.143-168.
- MATA, J. F.; SILVA, J. C.; RIBEIRO, J. F.; AFFÉRI, F. S.; VIEIRA, L. M. Produção de milho híbrido sob doses de esterco bovino. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3 n.3, 2010.
- MATEUS, G. P.; ARAÚJO, H. S.; MÜLLER, R. do V.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGES, W. L. B. Decomposição e teor de macronutrientes da palhada em função do manejo do solo e rotação de culturas em áreas de reforma de canavial. **Nucleus, Edição Especial**, v. 1, n. 1, p. 93–102, 2017.
- MELÉM JÚNIOR, N. J.; MAZZA, J. A.; DIAS, C. T. S.; BRISKE, E. G. Efeito de fertilizantes nitrogenados na acidificação de um argissolo vermelho amarelo distrófico cultivado com milho. *Amapá ciênc. e tecnol.*, Macapá, v.2, n.1, p. 75-89, 2001.
- MENEGHINI, L. A.; LOPES, C. L.; ANDRADE, E. A. De; JÚNIOR, A. Z. Fontes e doses de adubação nitrogenada na cultura do milho segunda safra. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, p. 1–8, 2020.
- MENESES, O. B. **Efeitos de doses de esterco no rendimento do feiço-de-corda e do milho em cultivos isolados e consorciados**. 1993. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESAM. Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & CALEGARI, A. efeito de material vegetal na acidez do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:411-416, 1993.
- MORAES, S. D.; JOBIM, C. C.; DA SILVA, M. S.; MARQUARDT, F. I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 14, n. 4, p. 624–634, 2013.
- MOREIRA, F.M.S. et al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, Teresina, v. 2, p. 74-99, 2010.
- MOTTA, A. C. V.; ARAUJO, E. M.; BROADLEY, M. R.; YOUNG, S. D.; BARBOSA, J. Z.; PRIOR, S. A.; SCHMIDT, P. Minerals and potentially toxic elements in corn silage from tropical and subtropical Brazil. **R. Bras. Zootec.**, v. 20, n. 1, 2020.
- MOURA, M. M. A.; PIRES, D. A. de A.; COSTA, R. F.; TOLENTINO, D. C.; RIGUEIRA, J. P. S.; SALES, E. C. J. de. Nutritional value of sorghum silages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 137–142, 2017.
- NASCIMENTO, F. N.; BASTOS E. A.; CARSOSSO M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RAMOS, H. M. Desempenho da produtividade de espigas de milho verde sob diferentes regimes hídricos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 1, p. 94-108, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n1p94-108>
- NASCIMENTO, J. A. M. et al. P rodução de melancia em solo adubado com esterco bovino e potássio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 122-127, 2017.
- NEUMANN, M.; LEÃO, G.F.M.; COELHO, M.G.; FIGUEIRA, D.N.; SPADA, C.A. PERUSSOLO, L.F. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. *Archivos de Zootecnia, Córdoba, Argentina*, v. 66, n. 253, p. 51- 58. 2017.
- NEUMANN, M.; SANDINI, I.E.; LUSTOSA, S.P.C.; OST, P.R.; ROMANO, M.A.; FALBO, M.K.; PANSERA, E.R. Rendimentos e componentes de produção da planta de milho (*Zea mays* L.) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.4, n.3, p. 418-427, 2005.

NIGON, B.J.; SHINNERS, K.J.; COOK, D.E. Harvester modifications to alter composition and dry matter of cornsilage. *Applied Engineering in Agriculture*, v.32, p.157–167, 2016.

NODA, H. 2000. Pequena produção de terra-firme no estado do Amazonas/Coordenador Hiroshi Noda. Manaus:INPA. 87p.

NOLLA, A.; ALVES, E. O. da S.; SILVA, T. G. da; BORDIN, A. V. Correção da acidez e disponibilização de fósforo e potássio em latossolo vermelho distrófico típico submetido à calagem incorporada e superficial. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2478–2487, 2020.

OKUMURA R.S.; MARIANO D.C.; ZACCHEO P.V.C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.226–244, 2011.

OLIVEIRA, I. J.; FONTES, J. R. A.; DIAS, M. C.. BR 5011 Sertanejo - variedade de milho de dupla aptidão (milho em grãos e milho-verde) para o Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2015 (Comunicado Técnico 118).

OLIVEIRA, A. F. G. Testes estatísticos para comparação de médias. **Revista Eletrônica Nutritime**. nov./dez., 2008.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K.T; MEDEIROS, J. F.; SILVA, O. M. P.; PAIVA, E. P.; MAIA, P. M. E. Produtividade do maxixeiro cultivado em substrato e fertirrigado com soluções nutritivas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.32, n.4 p.464-467, 2014.

OLIVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, J. S. **Produção de silagem de milho para suplementação do rebanho leiteiro**. Embrapa Gado de Leite, 2014. (Comunicado Técnico). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/991566/1/COT74PersioProducaoodeSilagemdeMilhoParaSuplementacaodoRebanhoLeiteiro.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2020.

OLIVEIRA, R. M. de; OLIVEIRA, R. A. de; NEVES, J. C. L.; OLIVEIRA, E. M. de; BOTELHO, M. E.; OLIVEIRA, J. T. de. Relação entre índice de colheita do milho e eficiências de fósforo por meio de análise de trilha. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. 1–8, 2021.

OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R. de; CUNHA, J. C.; SILVA, E. F. F.; VELOSO, V. L. Leaf gas exchange in cowpea and CO<sub>2</sub> efflux in soil irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 32-37, jan. 2017.

ORTAS, I.; ISLAM, K. R. Phosphorus Fertilization Impacts on Corn Yield and Soil Fertility. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 49, n. 14, p. 1684–1694, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1474906>>.

PAES, L. S. O. P. Biofertilizantes e defensivos naturais na agricultura orgânica: Receitas e Recomendações. **Petrobrás, Brazil: Ademadan Antonina**, v. 1, p. 1-27, 2015.

PASA, C.; PASA, M. C. Zea mays L. E A PRODUÇÃO DE MASSA SECA. **Biodiversidade**, v. 14, n. 3, p. 35–45, 2015.

PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 411- 417, 2009.

PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, M. A. De; PINTO, J. C.; EDUARDO, M.; SANTOS, R.; RIBEIRO, K. G.; CECON, P. R. Análise de crescimento do capim Coastcross-1 sob adubação nitrogenada em duas idades de rebrotação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2121–2128, 2011.

PINEDO, L. A.; OLIVEIRA, P. V. C. de; FIRMINO, S. S.; RIBEIRO, A. A.; SANTOS, B. R. C. dos; AMORIM, D. S.; CHACÓN, S. G.; CODOGNOTO, L. da C. Parâmetros bromatológicos e fermentativos da silagem de capim elefante aditivado com subproduto de cupuaçu. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. 1–14, 2020.

PINHO, L.; PAES, M. C. D.; ALMEIDA, A. C.; COSTA, C. A. Qualidade de Milho Verde Cultivado em Sistemas

de Produção Orgânico e Convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, n. 3, p. 279–290, 2008.

PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; RODRIGUES, J. A. S.; MACEDO, C. H. O.; CAMPOS, F. S.; RAMOS, J. P. de F.; BEZERRA, H. F. C.; PERAZZO, A. F. Avaliação de genótipos de milho para silagem no semiárido. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador**, v. 14, n. 3, p. 426–436, 2013.

PIRES, J. F.; JUNQUEIRA, A. M. R. Impacto da adubação orgânica na produtividade e qualidade das hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 2, p. 195, 2001.

PIVETTA, R. S. **Sistemas de preparo de solo, rotação e sucessão de culturas nos atributos químicos do solo e características agrônomicas do milho e da soja no cerrado brasileiro**. 2017. 142f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2017.

REZENDE, A. V. de; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; FARIA-JUNIOR, D. C. N. A. de; BARBOSA, L. de Á. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. **R. Bras. Zootec**, v. 40, n. 4, p. 739–746, 2011.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RIBEIRO, M. C.; DAMASO, L. F.; COSTA, F. R.; PELÁ, A.; RODRIGUES, F. Híbridos de milho sob diferentes doses de fósforo visando o consumo in natura. **Magistra, Cruz das Almas, BA**, v. 28, n.2, p. 273-278, 2016.

ROCHA JUNIOR, P.R.; ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E.S.; DONAGEMMA, G.K.; FERNANDES, R.B.A.; BHRATHARAI, R.; KALITA, P.K. Soil, water, and nutrient losses from management alternatives for degraded pasture in Brazilian Atlantic Rainforest biome. **Science of the Total Environment**, v. 583, p. 53-63, 2016.

RODRIGUES, V. C.; COSTA, D. P. B.; ALVES, B. J.R.; MOURÃO, R. C. Composição mineral das fezes de bubalinos e bovinos castrados e inteiros. **Pesquisa Agropecuária e Desenvolvimento Sustentável**, Niterói, v. 2, n. 1, p. 11-18, dez. 2003.

RONG, Y. et al. Effect of chemical and organic fertilization on soil carbon and nitrogen accumulation in a newly cultivated farmland. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 15, n. 3, p. 658–666, 2016.

SANTOS, A. F.; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; PÉREZ-MARIN, A. M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.1267-1272, 2010

SANTOS, C.L.R.; SANTOS JÚNIOR, J.B.; CUNHA, M.C. Nível tecnológico e organizacional da cadeia produtiva da bubalinocultura de corte no estado do Maranhão. **Arq. Inst. Biol.** v.83, p, 1-8. 2016.

SANTOS, G., MORAES, J. M. M. & NUSSIO, L. G. 2017. Custo e análise de sensibilidade na produção de silagem. **Revista iPecege**, 3, 39-48.

SANTOS, M. M.; GALVÃO, J. C. C.; SILVA, I. R.; MIRANDA, G. V.; FINGER, F. L. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (15N) na planta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 34: 1185-1194, 2010.

SANTOS, N. C. B. dos; CARMO, S. A. do; MATEUS, G. P.; KOMURO, L. K.; PEREIRA, L. B.; SOUZA, L. C. D. de. Características agrônomicas e de desempenho produtivo de cultivares de milho-verde em sistema orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 36, n. 3, p. 1807–1822, 2015.

SILESHI, G.W.; NHAMO, N.; MAFONGOYA, P.L.; TANIMU, J. Stoichiometry of animal manure and implications for nutrient cycling and agriculture in subSaharan Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 107, n. 1, p. 91-105, 2016. DOI 10.1007/s10705-016-9817-7.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos* 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2012.

SILVA, G. F. **Adubação nitrogenada e fosfatada para produção de milho verde e de grãos na Chapada do Apodi-RN**. 121f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2013.

SILVA, M.S.J.; JOBIM, C.C.; POPPI, E.C.; TRES, T.T.; OSMARI, M.P. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.44, p.303-313, 2015.

SILVA, J. B. G.; MARTINEZ, M. A.; MATOS, A. T. de; OLIVEIRA, A. P. S.; SILVA, L. B. D. da. Concentração de metais em um solo adubado com água residuária da bovinocultura de leite. **Revista Engenharia na Agricultura - Reveng**, v. 23, n. 4, p. 357–367, 2016.

SILVEIRA, W. R.; SILVA, A. A. S.; HIPOLITO, S. H. M.; SILVA, C. R.; OLIVEIRA, L. S.; FIRMINO, G. O.; PAIVA, M. J. A. Avaliação de Produtividade do Milho Submetido a Diferentes Doses de Esterco Bovino em Pré-Plantio, com Adubação Convencional. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia, 2012.

SIMÕES-NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C. de; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. dos S.; OLIVEIRA, E. C. A. de; ROCHA, A. T. da. Adubação fosfatada para cana-de-açúcar em solos representativos para o cultivo da espécie no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 1, p. 73–81, 2015.

SOEST, P. J. VAN. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. **Journal of animal Science**, v. 1, n. 26, p. 119–128, 1967.

SOUZA, F. M.; CAROLINE, E.; LIMA, S.; VANIES, F.; SOUTO, L. S. Emergência e crescimento inicial de plantas de milho sob déficit hídrico e doses de esterco bovino Emergency and initial growth of maize plants under water deficit and doses of bovine manure. p. 524–529, 2017.

SOUZA, G.B., BERNARDI, A.C.C.; MONTE, M.B.M.; PAIVA, P.R.P. Produtividade e qualidade da silagem de milho adubado com a mistura de uréia e zeólita. In: FERTBIO 2008, Londrina. Anais do Fertbio, 2008. CD Rom.

SOUZA, H. A.; MELO, M. D.; PRIMO, A. A.; VIEIRA, L. V.; POMPEU, R. C. F. F.; GUEDES, F. L.; NATALE, W. Use of organic compost containing waste from small ruminants in corn production. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 40, p. 1–16, 2016.

TRACHSEL, S.; SAN VICENTE, F. M.; SUAREZ, E. a.; RODRIGUEZ, C. S.; ATLIN, G. N. Effects of planting density and nitrogen fertilization level on grain yield and harvest index in seven modern tropical maize hybrids (*Zea mays* L.). *The Journal of Agricultural Science*, v. 5, n. 1974, p. 1–16, 2015.

TRINDADE, P. C.; LANA, R. de P.; VELOSO, C. M.; PEREIRA, D. S. Desempenho agrônômico e qualidade da silagem do capim elefante com adubação orgânica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 8, n. 2, p. 62–70, 2018.

TUCCI, C. A. F. Disponibilidade de fósforo em solos da Amazônia. Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1991.

VALENTINI, L.; FERREIRA, J. M.; SHIMOYA, A.; CARLOS, C. Adubação orgânica em milho verde no norte fluminense. **Niterói: PESAGRO-RIO**, 2002.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VASCONCELLOS, C. A.; BARBOSA, J. V. A.; SANTOS, H. L. DOS; FRANÇA, G. E. DE. Acumulação de massa seca e de nutrientes por duas cultivares de milho com e sem irrigação suplementar. **Pesq. agropec, bras., Brasília**, v. 18, n. 8, p. 887–901, 1983.

VIÉGAS, I. J. M.; LOBATO, A. K. S.; RODRIGUES, M. F. S.; CUNHA, R. L. M.; FRAZÃO, D. A. C.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; GUEDES, E. M. S.; ALVES, G. A. R.; SILVA, S. P. Visual symptoms and growth parameters linked to deficiency of macronutrients in young *Swietenia macrophylla* plants. *International Journal of Food, Agriculture and Environment*, Helsinki, v. 10, n. 1, p. 937-940, 2012.

VIEIRA, M. A.; CAMARGO, M. K.; DAROS, E.; ZAGONEL, J.; KOEHLER, H. S. Cultivares de milho e população de plantas que afetam a produtividade de espigas verdes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 81-86, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.987>

VON-PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, J. L. D. A. R.; REIS, M. C. DOS. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 2, p. 157–174, 2009.

WEINÄRTNER, M.A.; ALDRIGHI, C.F.S.; MEDEIROS, C.A.B. Adubação Orgânica. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006.

ZANINE, A.M.; FERREIRA, D.J. Animal Manure as a Nitrogen Source to Grass. *American Journal of Plant Sciences*, v. 6, p. 899-910, 2015.