

INSTITUTO DE SERVIÇOS EDUCACIONAIS VALE DO PARANAPANEMA LTDA
FACULDADES INTEGRADAS DE TAGUAÍ
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

**USO DE ESTERCO BOVINO COMO ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO
DE CUSTOS NA ADUBAÇÃO MINERAL EM MILHO/SILAGEM**

ANTONIO CEZAR BÉRGAMO

TAGUAÍ- SP

2024

ANTONIO CEZAR BÉRGAMO

**USO DE ESTERCO BOVINO COMO ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO
DE CUSTOS NA ADUBAÇÃO MINERAL EM MILHO/SILAGEM**

Projeto de Pesquisa apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica da Faculdades Integradas de Taguaí, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Orientador (a): Profa. Dra. Viviane Maria Codognoto

Professor Responsável pela disciplina: Profa. Dra. Viviane Maria Codognoto

TAGUAÍ- SP

2024

Nome do autor: Antonio Cezar Bérghamo

Título: USO DE ESTERCO BOVINO COMO ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO DE CUSTOS NA ADUBAÇÃO MINERAL EM MILHO/SILAGEM

Profa. Dra. Viviane Maria Codognoto

Presidente e Orientadora

Professora da Faculdades Integradas de Taguaí – FIT, Taguaí/SP

Prof. Dr. José Guilherme Lança Rodrigues

Membro titular

Professor da Faculdades Integradas de Taguaí – FIT, Taguaí/SP

Me. Zimbábwe Osório Santos

Membro titular

Departamento de Ciência Animal, Universidade de Purdue, Indiana, Estados Unidos

Data da Defesa, 16 de dezembro de 2024.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Natal Aparecido Bérghamo e Teresa Cristina Gabriel Bérghamo, que me deram a vida e nunca mediram esforços para me ver bem, me deram educação e me ensinaram a ser alguém melhor.

A minha namorada Denise, a minha irmã Regina e minha sobrinha Maria Teresa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e Nossa Senhora Aparecida, pela realização deste trabalho e pela concretização de muitos dos meus sonhos, e dão forças para continuar, me iluminando, guardando e me guiando nesse caminho.

Agradeço a toda minha família, em especial aos meus pais, Natal e Teresa Cristina, que sempre me incentivaram e me apoiaram nessa jornada, nunca me deixaram faltar nada e não medem esforços para me ajudar.

A minha namorada Denise de Araujo, que sempre esteve me incentivando e ajudando em todos os momentos, pela paciência e compreensão.

A minha orientadora, professora Dra. Viviane Maria Codognoto que acreditou em mim e ajudou com sua orientação, competência, seriedade, confiança, disponibilidade e contribuições feitas ao longo deste trabalho e principalmente passando seus conhecimentos e me colocando no caminho para ser um bom profissional.

Aos professores, Leandro, Thais e José Guilherme que foram indispensáveis durante a minha graduação, pela amizade, ajuda, ensinamentos e incentivo.

Aos meus amigos, Rafael e Luís Felipe principalmente pela amizade, e por sempre me ajudarem.

A todos os professores que passaram seus conhecimentos e agregaram em minha trajetória.

Aos meus colegas de curso, pela parceria durante todos esses anos.

E agradecer a instituição, pela oportunidade.

E por fim, a todos aqueles que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional de forma direta e/ou indireta.

USO DE ESTERCO BOVINO COMO ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO DE CUSTOS NA ADUBAÇÃO MINERAL EM MILHO/SILAGEM

ANTONIO CEZAR BÉRGAMO

RESUMO

A busca por medidas alternativas para o descarte correto de resíduos oriundos da cadeia produtiva leiteira (fezes e urina) vem sendo abordado em sistemas de produção sustentáveis, a fim de dar um destino correto para o descarte desses resíduos com o intuito de diminuir riscos ambientais. Além disso, esses resíduos podem ser utilizados como uma opção de adubação para o plantio de milho, que é a base para a alimentação de bovinos de leite, o que leva a uma diminuição nos custos de produção dessa cultivar. Mediante ao exposto, o objetivo do nosso estudo é avaliar se a aplicação de esterco bovino é uma alternativa viável na redução do uso de adubação mineral na produção de milho e na fertilidade do solo. O delineamento experimental utilizado foi o delineamento em blocos casualizados (DBC) com 5 tratamentos (testemunha, 100% adubação mineral, 100% adubação mineral + 100% adubação orgânica, 50% adubação mineral+100% adubação orgânica e 100% adubação orgânica) e quatro blocos. Nos blocos que receberam adubação orgânica a incorporação do mesmo ao solo foi de uma única vez antes do plantio. A cultura implantada foi o milho para produção de silagem cultivar B2688 PWU - BREVANT. As variáveis analisadas foram: stand inicial e final, altura da planta, diâmetro do colmo, altura inserção da espiga, comprimento espiga, diâmetro da espiga, teor de matéria seca, produção por hectare e custo de produção. Para verificar efeito da adubação foi realizada a ANOVA, e as médias foram comparadas por Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados obtidos mostraram que o tratamento que combinou 50% de adubação mineral + 100% de compostagem manteve uma boa relação entre custo e produtividade, seguido do 100% compostagem. Conclui-se que a utilização da compostagem como adubo orgânico aliada ou em substituição parcial a adubação mineral na produção de milho para silagem possibilita uma agricultura mais competitiva e ambientalmente responsável com impacto positivo tanto na produtividade quanto na redução de custos.

Palavra-chave: Agricultura, Compostagem, Bovinocultura

USO DE ESTERCO BOVINO COMO ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO DE CUSTOS NA ADUBAÇÃO MINERAL EM MILHO/SILAGEM

ANTONIO CEZAR BÉRGAMO

ABSTRACT

The search for alternative measures for the correct disposal of waste from the dairy production chain (feces and urine) has been addressed in sustainable production systems, in order to provide a correct destination for the disposal of these wastes in order to reduce environmental risks. In addition, these residues can be used as a fertilizer option for planting corn, which is the basis for feeding dairy cattle, which leads to a reduction in the production costs of this cultivar. Given the above, the objective of our study is to evaluate whether the application of cattle manure is a viable alternative in reducing the use of mineral fertilizers in corn production and in soil fertility. The experimental design used was a randomized block design (RBD) with 5 treatments (control, 100% mineral fertilizer, 100% mineral fertilizer + 100% organic fertilizer, 50% mineral fertilizer + 100% organic fertilizer and 100% organic fertilizer) and four blocks. In the blocks that received organic fertilization, the soil was incorporated only once before planting. The crop planted was corn for silage production, cultivar B2688 PWU - BREVANT. The variables analyzed were: initial and final stand, plant height, stem diameter, ear insertion height, ear length, ear diameter, dry matter content, production per hectare and production cost. To verify the effect of fertilization, ANOVA was performed, and the means were compared by Tukey at 5% probability. The results obtained showed that the treatment that combined 50% mineral fertilization + 100% composting maintained a good relationship between cost and productivity, followed by 100% composting. It is concluded that the use of composting as an organic fertilizer combined with or partially replacing mineral fertilization in the production of corn for silage enables a more competitive and environmentally responsible agriculture with a positive impact on both productivity and cost reduction.

Keyword: Agriculture, Composting, Cattle farming

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
2.1. <i>Localização</i>	6
2.2. <i>Tipo de compostagem.....</i>	6
2.3. <i>Delineamento experimental.....</i>	7
2.4. <i>Tratos culturais do milho</i>	9
2.5. <i>Variáveis analisadas</i>	11
2.6. <i>Ensilagem e produtividade</i>	12
2.7. <i>Cálculo de custo de produção</i>	14
2.8. <i>Análise estatística</i>	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4. CONCLUSÃO.....	19
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

1. INTRODUÇÃO

O rebanho bovino brasileiro alcançou um total 234,4 milhões de animais em 2022 (MAPA, 2023), sendo que deste número total, 17 milhões de animais compõe o rebanho leiteiro de vacas em sistema intensivo de produção (ROCHA; CARVALHO; RESENDE, 2020), colocando o Brasil em terceiro lugar no ranking de maior produtor mundial de leite, com mais de 34 bilhões de litros por ano (IBGE, 2023).

Em sistemas intensivos de produção de leite, a alta produção de dejetos, como urina e fezes, produzidos pelos animais acaba se tornando um grande desafio para os criadores, sendo que a produção destes corresponde a 10% do peso corporal do animal, chegando em média de 30 kg a 48 kg de dejetos/vaca/ dia (KONZEN; ALVARENGA, 2021). Esse desafio também se estende aos especialistas que atuam em relação aos aspectos sanitários, técnicos e econômicos, pois caso o dejetos não seja tratado adequadamente, este acaba se tornando uma fonte de poluentes ao meio ambiente (CAMPOS, 1997).

Com o intuito de diminuir o impacto ambiental causado por esses resíduos, são adotadas algumas práticas para promover a sua decomposição. Entre as medidas para destino adequado desses resíduos destacam-se os biodigestores, esterqueiras, vermicompostagem e compostagem (COSTA, 2006). A compostagem é um processo controlado de decomposição microbiana da matéria orgânica em estado sólido e úmido, onde passando por fases de fitotoxicidade, semicura ou bioestabilização chega à fase de humificação ou cura dessa matéria orgânica onde também ocorre a mineralização de determinados componentes. Após esse processo, tem-se como produto final um composto rico em nutrientes e matéria orgânica que é muito utilizado no meio agrícola como adubo orgânico, o que garante ao solo uma melhor qualidade (PELÁ, 2005).

O uso da adubação orgânica oriunda de esterco bovino ou de outras fontes, é uma alternativa econômica sustentável visto que oferece como vantagens o aumento de matéria orgânica no solo, melhora na capacidade de retenção e infiltração de água, favorece o aumento da capacidade de troca catiônica, reduz os efeitos tóxicos do alumínio, leva a complexação ou solubilização de elementos químicos essenciais ou tóxicos às plantas e estimula a atividade microbiana do solo, resultando em um melhor aproveitamento pela cultura dos nutrientes disponíveis no solo e aumento da produtividade (SILVA, 2018; GOMES et al., 2018).

Assim, a adubação orgânica é uma alternativa viável para a reciclagem de nutrientes do solo, tendo grande aplicabilidade em lavouras de milho, especialmente

naquelas destinadas a silagem, visto que toda massa produzida é levada da lavoura para o silo, o que ocasiona a falta de reciclagem de nutrientes de resíduos culturais da lavoura (RESENDE et al., 2017). Além disso, com o uso de adubação orgânica tem-se uma diminuição do uso de fertilizantes minerais, o que ocasiona a redução dos custos de produção e é uma alternativa diretamente ligada a uma produção sustentável (MACÊDO; SANTOS; EDVAN, 2018).

O objetivo deste estudo é avaliar a produtividade do milho para silagem utilizando a adubação orgânica associada ou não a adubação mineral, comparar os custos de produção entre os dois tipos de adubação e analisar as possíveis alterações nas condições físico-químicas do solo após a aplicação da compostagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização

O experimento foi realizado e conduzido em uma área no Sítio Santa Bárbara, situado no município de Taguaí, Estado de São Paulo, Brasil, cuja localização geográfica médias são: 23°28'22.20"S, 49°23'27.80"O e a 591 metros de altitude. O solo é classificado como Nitossolo Vermelho Eutrófico. A área tem clima tropical com total de 604mm de chuva durante o ciclo do experimento, dezembro de 2023 à 21 de abril de 2024.

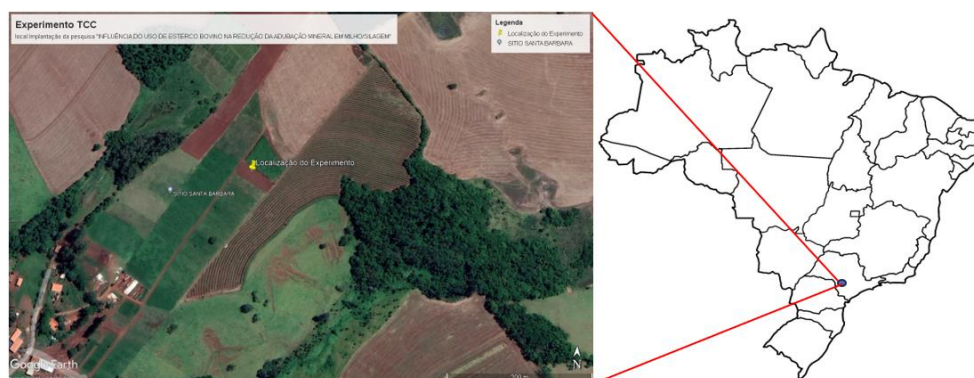


Figura 1. Localização do Experimento. Fonte: Google Earth.

2.2. Tipo de compostagem

A compostagem utilizada foi obtida com mistura de esterco bovino e adição de serragem. Foram realizadas leiras com a mistura e estas foram revolvidas uma vez a cada 15 dias até 90 dias, período necessário para o ciclo da compostagem. Finalizado esse processo, foi coletado uma amostra da compostagem para realização de análise de sua composição química em laboratório credenciado obtendo os seguintes resultados:

<i>Parâmetro</i>	<i>Unidade</i>	<i>Valor</i>
<i>Matéria seca</i>	%	86,21
<i>Umidade</i>	%	4,9
<i>Nitrogênio</i>	%	2,11
<i>P2O5 total</i>	%	1,41
<i>Óxido de Potássio</i>	%	3,57
<i>Ferro</i>	mg/kg	36793,039
<i>Boro</i>	mg/kg	37,912
<i>Cobre</i>	mg/kg	68,512
<i>Manganês</i>	mg/kg	413,96
<i>Zinco</i>	mg/kg	229,047
<i>Matéria Orgânica</i>	%	71,13

2.3. Delineamento experimental

Antes da implantação do experimento foi realizada coleta de amostra de solo com trato holandês previamente na área, para a realização de análise físico-química do solo na profundidade de 0-20 cm, a fim de verificar a qualidade do mesmo e obteve-se os seguintes dados (Figura 1):

RESULTADOS																				
Descrição Amostra	Cultura	C	MO	pH	S	P	P	P	K	Ca	Mg	SB	H+Al	Al3	CTC pH	V%	Al	Ca	Mg	K
		g/dm3	g/dm3		mg/dm3	mg/dm3	mg/dm3		mmolc/d	mmolc/d	mmolc/d	mmolc/d	mmolc/d	mmolc/d	mmolc/d	% CTC	% CTC	% CTC	% CTC	% CTC
		Cálculo	Cálculo	CaCl2	Ca3(PO4)	Melich	Resina	Rem	Resina	Resina	Resina	Cálculo	Cálculo	KCL	Cálculo	Cálculo	Cálculo	Cálculo	Cálculo	Cálculo
TCC T - 00	MILHO	17,00	30,00	5,70	13,00	ns	53,00		2,80	51,00	22,00	75,80	22,00	0,00	97,80	78,00	0,00	52,00	22,00	3,00
TCC T - 01	MILHO	21,00	36,00	5,70	11,00	ns	61,00		3,20	65,00	24,00	92,20	20,00	0,00	112,20	82,00	0,00	58,00	21,00	3,00
TCC T - 02	MILHO	26,00	44,00	6,10	12,00	ns	96,00		4,40	79,00	28,00	111,40	18,00	0,00	129,40	86,00	0,00	61,00	22,00	3,00
TCC T - 03	MILHO	24,00	42,00	5,90	12,00	ns	70,00		3,90	52,00	21,00	76,90	20,00	0,00	96,90	79,00	0,00	54,00	22,00	4,00
TCC T - 04	MILHO	17,00	29,00	5,70	9,00	ns	54,00		2,90	53,00	21,00	76,90	19,00	0,00	95,90	80,00	0,00	55,00	22,00	3,00

Pelos resultados obtidos na análise, não houve a necessidade de correção com calagem. Após isso, foi executado o processo de gradagem, subsolagem e nivelamento em área total do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi o Delineamento Bloco Casualizados (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições (blocos), de modo que utilizando esse delineamento conseguimos controlar melhor as condições ambientais (DUARTE, 1996).

Cada bloco foi dividido em cinco parcelas (tratamentos), sendo cada tratamento constituído por (Figura 2):

- ✓ T0 – área testemunha - Não recebeu nenhuma adubação no plantio.
- T1 – 100% adubação mineral,
- ✓ T2 – 100% adubação mineral + 100% adubação orgânica;
- ✓ T3 – 50% adubação mineral + 100% adubação orgânica;
- ✓ T4 – 100% adubação orgânica.

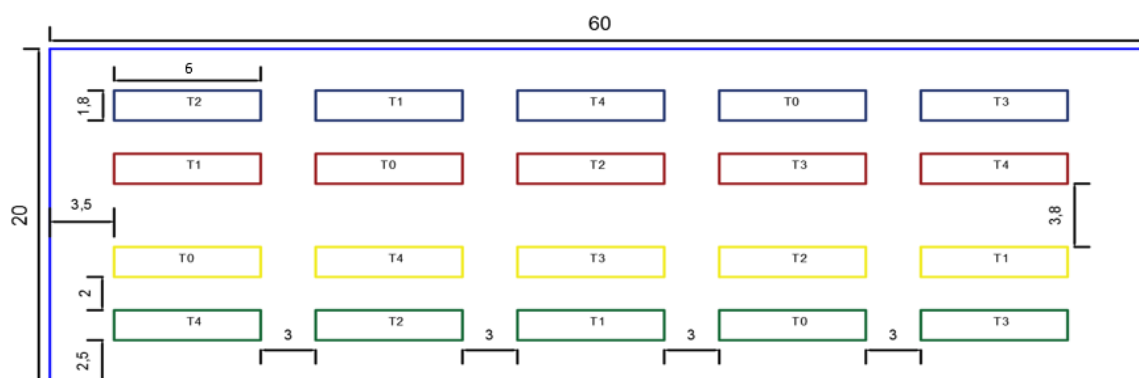


Figura 2. Croqui da área experimental.

Nesses tratamentos obedeceu às recomendações segundo Boletim 100 para a cultura, avaliando as necessidades com base na análise físico/química do solo e da compostagem. Para os tratamentos utilizou-se as seguintes recomendações:

- Testemunha - Não recebeu nenhuma adubação no plantio.
- 100% adubação mineral, 285kg/ha de NPK 08-28-16;
- 100% adubação mineral, 285kg/ha de NPK 08-28-16 + 100% adubação orgânica, 8500kg/ha de composto;
- 50% adubação mineral, 142,5kg/ha de NPK 08-28-16 + 100% adubação orgânica, 8500kg/ha de composto;
- 100% adubação orgânica, 8500kg/ha de composto.

Nas parcelas com adubação orgânica, foi aplicado a compostagem de uma única vez 25 dias antes da implantação da cultura e incorporado ao solo com auxílio do trator com niveladora (Figura 3).



Figura 3. Parcelas onde foi realizada a aplicação da compostagem.

Nas parcelas que receberam tratamentos com adubação mineral foram utilizadas adubo de composição de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK 8-28-16) na hora do plantio, segundo recomendação do Boletim 100 para o cultivo de milho.

A cultura foi implantada com auxílio de um trator Massey Ferguson 4410 de 105cv e uma semeadora Baldan NSH2500 de 5 linhas com espaçamento de 0,45m entre elas e regulagem de 3 sementes por metro linear. O plantio foi realizado de acordo com as janelas de plantio e chuvas no dia 17 de janeiro de 2024, utilizando a cultivar (B2688 PWU - BREVANT) que é adaptada para a região (Figura 4).



Figura 4. Área onde foi realizado o plantio.

Após encerrar o ciclo da cultura de milho e ter sido realizado a ensilagem, uma nova análise físico-química do solo foi realizada a fim de verificar a qualidade do solo.

2.4. Tratos culturais do milho

Todos os tratamentos receberam aplicação de inseticida e herbicida. Para o controle de pragas, foram realizadas aplicações de inseticida sendo a primeira aplicação 10 dias após germinação com a utilização de Verdavis® (composição isocicloseram 100 g/L e lambda-cialotrina 150 g/L) do grupo inseticida/acaricida na recomendação de 300ml/ha e volume de calda de 150L/ha, para o controle de Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) com intervalo entre aplicações de 10 dias segundo recomendação do fabricante. Para o controle de plantas daninhas foi utilizado o herbicida seletivo de nome comercial Click® (composição terbutilazina 500,0 g/L) na recomendação de 2 L/ha e volume de calda de 250L/ha, realizado juntamente com a primeira aplicação de inseticida (Figura 5).



Figura 5. Aplicação de inseticida e herbicida.

Todos os tratamentos (exceto testemunha) receberam adubação de cobertura com ureia 25 dias após germinação, levando em conta a necessidade da cultura de 220kg/ha de nitrogênio durante seu ciclo, na seguinte recomendação (Figura 6):

- 100% adubação mineral, 430kg/ha de Ureia;
- 100% adubação mineral + 100% adubação orgânica, 350/ha de Ureia;
- 50% adubação mineral + 100% adubação orgânica, 378kg/ha de Ureia;
- 100% adubação orgânica, 404kg/ha de Ureia.



Figura 6. Aplicação de ureia na cobertura do milho.

2.5. Variáveis analisadas

Para as variáveis analisadas da cultura levou-se em consideração apenas a área útil do experimento, sendo apenas 4,5m² centrais por parcela (0,90m x 5m), onde foram desconsideradas as duas ruas de bordadura e 0,50m das extremidades, sendo assim analisadas 3 fileiras centrais e 15 plantas aleatórias por repetição, totalizando 60 plantas por tratamento.

As plantas foram monitoradas frequentemente e as variáveis foram coletadas conforme os dias após a semeadura (Figura 7). A tabela 1 detalha quais variáveis foram avaliadas com os momentos e formas de coleta.



Figura 7. Imagem demonstrando a coleta de dados das variáveis analisadas.

Tabela 1. Variáveis avaliadas no estudo e respectivos métodos e momentos de avaliação.

Variável	Momento de avaliação (Dias após a semeadura - DAS)	Forma de avaliação
Stand inicial	5	Análise e contagem visual
Espessura do colmo	20, 35, 50, 65, 93	Paquímetro mecânico (mm)
Altura da planta	20, 35, 50, 65, 93	Trena métrica (mm)

Número de folhas	20, 35, 50, 65,	Análise e contagem visual
Número de espigas por planta	65	Análise e contagem visual
Altura da inserção da 1ª espiga	65, 93	Trena métrica (mm)
Espessura da espiga	93	Paquímetro mecânico (mm)
Comprimento da espiga	93	Trena métrica (mm)

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.6. Ensilagem e produtividade

A ensilagem das plantas foi realizada no 93º após semeadura, sendo feito o corte das plantas apenas das 3 fileiras centrais x 5 metros lineares, totalizando uma área útil ensilada de cada parcela de 4,5m². O corte das plantas foi realizado manualmente com auxílio de um facão, e em seguida moído com o auxílio de um trator Massey Ferguson de 105cv e uma colhedora de forragem Nogueira modelo FTN1000 com quebra-grãos (Figura 8).



Figura 8. Ensilagem do milho.

Todas as parcelas dos tratamentos foram moídas separadamente e realizado a pesagem de matéria verde para fazer o cálculo da produtividade/ha. Esse cálculo foi realizado com peso obtido de silagem em 4,5m² e expandido proporcionalmente para 1 ha. No momento da ensilagem foi retirado uma pequena amostra de cada parcela, afim de fazer o teor de matéria seca pelo método do micro-ondas, onde é um método de baixo custo para realizar e tem os resultados mais rápidos (OLIVEIRA, 2015) (Figura 9).



Figura 9. Pesagem da amostra antes e após a secagem para a realização da matéria seca.

A ensilagem foi armazenada em sacos apropriados, acrescida de inoculante de nome comercial Silotrato® (Basso Pancotte) diluído em água na proporção de 1g em 10 litros, posteriormente adicionando 500ml da solução com auxílio de um regador sobre cada silagem e misturada para obter uma homogeneização antes de ser ensacada. Esse procedimento foi realizado em todas as diferentes parcelas. Todos os sacos foram compactados manualmente e posteriormente fechado com abraçadeira plástica para evitar a entrada de ar.

O tempo mínimo recomendado para a fermentação total do material ensilado foi de 30 dias, período necessário para garantir uma fermentação adequada, permitindo que a silagem seja utilizada de forma eficaz (NEGRÃO; DANTAS, 2010). Após esse período, os sacos de silagem correspondentes a cada repetição de cada tratamento foram abertos e agrupados em uma única amostra composta para a retirada de 1 amostra para a realização da análise bromatológica.

2.7. Cálculo de custo de produção

O custo da produção foi avaliado de acordo com o tempo de horas gasta com serviços do trator para o preparo do solo, aplicação e incorporação da compostagem, plantio do milho, aplicação dos inseticidas e herbicidas e fertilizantes utilizados. Foi calculado de acordo com o valor gasto em cada tratamento em relação a sua produtividade alcançada em toneladas produzidas, ou seja, o valor total do custo em relação a produção.

2.8. Análise estatística

Após a obtenção dos dados, estes foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade das variâncias. Após atender as pressuposições necessárias, foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) para verificação da significância dos tratamentos a 5%. Verificado efeito significativo na Anova, as medias foram comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas usando o software estatístico R (R CORE TEAM, 2023).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

TABELA 1. Resultados das variáveis do estudo com relação aos tipos de adubação.

	Testemunha	T1 - 100% Mineral	T2 - 100% Mineral + 100% Compostagem	T3 - 50% Mineral + 100% Compostagem	T4 - 100% Compostagem	CV (%)
Stand inicial	17,70 ± 0,41a	17,15 ± 0,37a	17,60 ± 0,84a	17,40 ± 0,28a	17,30 ± 0,93a	2,63
Diâmetro do colmo (mm)	18,99 ± 6,09 c	21,06 ± 5,76 ab	21,27 ± 5,95 a	20,66 ± 5,98 ab	20,25 ± 6,22 b	5,08
Nº de folhas	8,61 ± 3,03 c	9,57 ± 3,23 a	9,44 ± 2,97 ab	9,18 ± 2,88 ab	9,01 ± 2,93 bc	5,21
Altura da planta (mm)	1398,3 ± 776,63 c	1536,33 ± 761,26 a	1573,45 ± 794,39 a	1539,44 ± 798,39 a	1464,55 ± 775,12 b	4,2
Nº de espigas	1,43 ± 0,29 b	1,63 ± 0,17 ab	1,79 ± 0,14 a	1,53 ± 0,17 ab	1,63 ± 0,17 ab	9,26
Inserção 1º Espiga (mm)	995,47 ± 69,83a	1056,32 ± 34,69a	1115,67 ± 39,96a	1064,35 ± 62,42a	1056,5 ± 35,33a	4,71
Diâmetro da espiga (mm)	45,46 ± 3,64a	45,58 ± 2,54a	46,13 ± 1,94a	46,76 ± 4,12a	46,83 ± 1,03a	5,53
Comprimento da espiga (mm)	16,05 ± 1,63a	15,99 ± 1,14a	17,01 ± 2,38a	16,68 ± 1,55a	17,75 ± 2,92a	8,31
Stand final	17,33 ± 0,81a	16,66 ± 0,38a	16,42 ± 1,70a	17,41 ± 0,56a	16,58 ± 0,95a	5,29
Peso da silagem (kg)	20,95 ± 2,04a	20,87 ± 1,94a	23,70 ± 2,07a	24,75 ± 0,91a	22,40 ± 1,94a	8,58
Teor MS silagem (%)	40,00 ± 0,81a	40,25 ± 1,70a	39,75 ± 0,95a	37,75 ± 1,25a	38,75 ± 0,95a	2,94

*Médias seguidas por letras iguais nas linhas demonstram que não houve diferenças estatísticas entre os grupos. Médias seguidas de letras diferentes nas linhas demonstram diferenças estatísticas significativas entre os grupos.

Como esperado, o tempo de avaliação afetou o desenvolvimento da cultura em termos de altura ($F(4, 99) = 3595,3$, $P < 0,001$; $CV=4,2\%$), número de folhas ($F(3, 79) = 975,08$, $P < 0,001$; $CV=5,21\%$) e espessura do colmo ($F(4, 99) = 779,21$, $P < 0,001$; $CV=5,08\%$). As plantas aumentaram de altura independentemente do tratamento do dia 20 e 65 ($\bar{x}_{20\text{DAS}} = 303,10$; $\bar{x}_{65\text{DAS}} = 2161,84 \pm 67,22$), quando o crescimento estabilizou, não sendo observado incremento de altura ao 93º dia ($\bar{x}_{65-93\text{DAS}} = 2137,14 \pm 62,60$).

Um efeito semelhante foi encontrado para o número de folhas, onde houve um aumento significativo entre os 20º e 65 º DAS ($\bar{x}_{20\text{DAS}} = 4,90 \pm 0,29$; $\bar{x}_{65\text{DAS}} = 12,62 \pm 0,46$). Após o 65 º o número de folhas não foi avaliado pois as plantas começaram a apresentar senescência das folhas inferiores, indicando a estabilização do crescimento por volta dos 65 dias, como reportado para a variável altura. Já com relação ao diâmetro do colmo, esta variável aumentou significativamente entre os 20º a 35 º DAS ($\bar{x}_{20\text{DAS}} = 9,15 \pm 1,12$; $\bar{x}_{35\text{DAS}} = 25,70 \pm 1,71$), diminuindo no 50º e 65DAS ($\bar{x}_{50\text{DAS}} = 23,07 \pm 0,54$; $\bar{x}_{65\text{DAS}} = 22,12 \pm 0,68$), se mantendo até os 93DAS ($\bar{x}_{93\text{DAS}} = 22,18 \pm 0,55$).

Em nosso estudo notamos que não houve diferença estatísticas em relação a variável stand inicial e final, sendo o mesmo observado na variável stand final no estudo de Castoldi et al. (2011) que também utilizou adubações mineral, orgânica e organomineral, demonstrando que os tratamentos utilizados não exerceram influência sobre essas variáveis.

Em relação ao diâmetro do colmo, este foi maior no tratamento 100% Mineral + 100% Compostagem quando comparado à testemunha e ao 100% Compostagem, mas não diferiu quando comparado aos tratamentos 50% Mineral + 100% Compostagem e 100% Mineral. Castoldi et al. (2011) em seu estudo com diferentes tipos de adubação no cultivo do milho não obteve diferenças em relação ao diâmetro do colmo, divergindo dos nossos resultados. Essa diferença pode ter ocorrido devido as concentrações nos tipos de adubação.

Quando analisamos o número de folhas entre os tratamentos, o tratamento 100% mineral sobressaiu quando comparado a 100% compostagem e a testemunha, mas não diferiu em relação aos demais tratamentos, divergindo dos estudos de Castoldi et al. (2011) e Da Silva et al. (2020), onde os autores relataram que não houve diferenças no número de folhas entre os tratamentos sem adubação, com adubação mineral e com esterco bovino.

Na variável altura da planta, não houve diferença entre os tratamentos 100% Mineral + 100% Compostagem 50% Mineral + 100% Compostagem e 100% mineral

quando comparados entre si. Contudo estes tratamentos apresentaram valores maiores quando comparados aos demais grupos, 100% Compostagem e Testemunha, sendo que a 100% Compostagem também apresentou maiores valores quando comparado ao Testemunha devido não ter recebido nenhum nutriente. Nossos resultados diferem dos resultados de Castoldi et al. (2011) e Félix, (2014), onde a altura da planta não deferiu nos tratamentos com adubação mineral, organomineral e orgânica e também nos tratamentos com composto orgânico, composto orgânico + inoculante, composto orgânico + biofertilizante, composto orgânico + biofertilizante + inoculante e adubação mineral, respectivamente.

Em relação a variável número de espigas, o tratamento 100% mineral + 100% compostagem tem maior número de espigas quando comparado com a testemunha, mas não difere quando comparado com os tratamentos 100% mineral, 50% mineral + 100% compostagem e 100% compostagem, corroborando com os estudos de Castoldi et al. (2011) e Félix, (2014), onde não houve diferença no índice de espigas .

De acordo com os resultados obtidos em relação as variáveis inserção da 1ª espiga, diâmetro da espiga e comprimento da espiga não houveram diferenças entre os tratamentos, dados estes que se assemelham aos do estudo de Mata et al. (2010), onde estas variáveis não diferiram em diferentes doses de adubação orgânica em comparação com adubação mineral. Contudo, nossos resultados divergem de Mota et al. (2019), que comparou os tratamentos com a testemunha e obteve resultados inferiores nas variáveis analisadas. Já no estudo de Cabral (2017) a variável comprimento da espiga não teve diferença corroborando com nossos resultados. Contudo, quando comparado os tratamentos com adubação mineral, adubação orgânica + mineral e adubação orgânica em relação ao diâmetro da espiga o tratamento com adubação orgânica obteve melhor resultado. Essa divergência entre os estudos pode ser justificada por variações no solo e clima da região em que os experimentos foram realizados.

Com relação ao peso da silagem não foi observado diferenças significativas entre os grupos ($F(4, 19) = 3.1048$, $P \leq 0,057$; $CV=8,56\%$). Contudo, tais resultados demonstraram uma tendência dos tratamentos diferirem na análise, de modo que a média com relação a esta variável foi maior no grupo 50% Mineral + 100% Compostagem (55 toneladas/ha) seguido do 100% Mineral + 100% Compostagem (52,7 toneladas/ha), 100% Compostagem (49,8 toneladas/ha), Testemunha (46,5 toneladas/ha) e 100% Mineral (46,4 toneladas/ha) Nossos resultados corroboram com os dados de Castoldi et al. (2011) que, em análise da massa de matéria seca de parte aérea, não obteve diferenças

entre os tratamentos utilizando adubações mineral, orgânica e organomineral. O mesmo foi observado por Silva et al. (2020) em seu estudo, que ao realizar o teor de massa de matéria seca da parte aérea 60 dias após germinação, não obteve diferenças entre os tratamentos com adubação mineral e esterco bovino.

Com relação ao custo por tonelada, o tratamento testemunha foi que obteve o menor valor quando comparado aos demais tratamentos, porém não se constitui como a mais indicada para o cultivo do milho/silagem, visto que o uso contínuo de uma determinada área sem a devida reposição dos nutrientes extraído pelas colheitas levará ao seu empobrecimento, resultando em rendimentos decrescentes com os cultivos sucessivos. Em seguida, os tratamentos 50% mineral + 100% compostagem e 100% compostagem apresentaram menores custos, indicando a eficiência no atendimento às necessidades nutricionais das culturas de milho, de modo que esses tratamentos são benéficos para o ambiente podendo ser obtidos pelos produtores de milho a partir de uma produção sustentável, já que as compostagens podem ser produzidos localmente, proporcionando assim melhores condições e não causando danos ambientais (Félix, 2014). Nossos resultados diferem de Zure et al. (2011) que nos tratamentos com adubação química teve um menor custo em relação a produtividade, quando comparado a adubação orgânica + química e adubação orgânica. Tal diferença pode ser explicada devido aos custos de produção eu variam de acordo com as regiões onde os experimentos foram realizados.

TABELA 2. Custo total por hectare e por tonelada de produção de milho/silagem utilizando diferentes tipos de adubação.

CUSTO DE PRODUÇÃO					
	TESTEMUNHA	100% MINERAL	100% MINERAL + 100% COMPOSTAGEM	50% MINERAL + 100% COMPOSTAGEM	100% COMPOSTAGEM
Adubação NPK	R\$ -	R\$ 855,00	R\$ 855,00	R\$ 427,50	R\$ -
Compostagem	R\$ -	R\$ -	R\$ 340,00	R\$ 340,00	R\$ 340,00
Ureia	R\$ -	R\$ 1.032,00	R\$ 840,00	R\$ 907,20	R\$ 969,60
Grade Rome	R\$ 182,95	R\$ 182,95	R\$ 182,95	R\$ 182,95	R\$ 182,95
Subsolador	R\$ 227,22	R\$ 227,22	R\$ 227,22	R\$ 227,22	R\$ 227,22
Niveladora	R\$ 121,97	R\$ 121,97	R\$ 121,97	R\$ 121,97	R\$ 121,97
Distribuidor de Esterco	R\$ -	R\$ -	R\$ 121,97	R\$ 121,97	R\$ 121,97
Semeadora	R\$ 258,18	R\$ 258,18	R\$ 258,18	R\$ 258,18	R\$ 258,18
Pulverizador	R\$ 73,52	R\$ 73,52	R\$ 73,52	R\$ 73,52	R\$ 73,52
Ensiladeira	R\$ 688,48	R\$ 688,48	R\$ 688,48	R\$ 688,48	R\$ 688,48
semente de milho	R\$ 1.088,87	R\$ 1.088,87	R\$ 1.088,87	R\$ 1.088,87	R\$ 1.088,87
Inseticidas	R\$ -	R\$ 468,00	R\$ 468,00	R\$ 468,00	R\$ 468,00
Herbicidas	R\$ 52,00	R\$ 52,00	R\$ 52,00	R\$ 52,00	R\$ 52,00
CUSTO TOTAL /Ha	R\$ 2.693,19	R\$ 5.048,19	R\$ 5.318,16	R\$ 4.957,86	R\$ 4.592,76
CUSTO TOTAL POR TONELADA	R\$ 57,85	R\$ 108,82	R\$ 100,98	R\$ 90,14	R\$ 92,27

4. CONCLUSÃO

O presente estudo evidencia que os diferentes tipos de adubação não interferiram nas variáveis analisadas. Contudo, mostrou que a utilização da compostagem como adubo orgânico na produção de milho para silagem pode ser uma estratégia sustentável e econômica, com impacto positivo tanto na produtividade quanto na redução de custos. A combinação entre adubação mineral e orgânica demonstrou um aumento na produtividade do milho.

Além disso, em termos de custo-benefício, o uso de compostagem como adubação contribuiu para reduzir significativamente os custos de produção, uma vez que diminui a dependência de fertilizantes minerais, que são financeiramente mais onerosos. Observou-se que o tratamento que combinou 50% de adubação mineral + 100% de compostagem manteve uma boa relação entre custo e produtividade, destacando-se como uma alternativa econômica viável. Observou-se também que a compostagem isolada apresentou resultados promissores em diversas variáveis produtivas, com potencial para substituir parcialmente os insumos minerais.

Podemos concluir que o uso de compostagem é eficaz para a produção de milho para silagem e também oferece vantagens econômicas, ambientais e agronômicas. Dessa forma, a adubação orgânica, aliada ou em substituição parcial à mineral, representa uma solução sustentável, garantindo produtividade e qualidade do solo e, ao mesmo tempo, possibilita uma agricultura mais competitiva e ambientalmente responsável, pois garante uma destinação adequada aos resíduos oriundos da bovinocultura leiteira.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABRAL, L. B. dos S. Adubação Mineral E Orgânica No Cultivo Do Milho. [s. l.], 2017.

CAMPOS, A. T. De. Análise Da Viabilidade Da Reciclagem De Dejetos De bovinos com tratamento biológico em sistema intensivo de produção de leite. [s. l.], p. 161, 1997.

CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. de M.; COSTA, L. A. de M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F. Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum - Agronomy**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 139–146, 2011.

COSTA, L. A. D. M. ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA CULTURA DO MILHO: PARÂMETROS FITOMÉTRICOS E QUÍMICOS. [s. l.], 2006.

DA SILVA, L. F. P.; ROSSET, J. S.; OZÓRIO, J. M. B.; DE PIERRI CASTILHO, S. C.; MARRA, L. M. Development of corn culture and total organic carbon under different fertilization sources. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 1509–1532, 2020.

DUARTE, J. B. Princípios sobre delineamentos em experimentação agrícola. [s. l.], p. 66, 1996.

FÉLIX, C. A. Uso alternativo da adubação organica em substituição à mineral no cultivo do milho. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 1, n. 22 Jan, p. 1–17, 2014.

GOMES, L. S. de P.; BRAZ, T. G. dos S.; FRANÇA, M. H. M.; PARAÍSO, H. A.; NETO, O. de S. P.; SILVA, F. E. G.; PEREIRA, L. R. F.; ALMEIDA, B. Q. Níveis de substituição de ureia por esterco bovino na adubação de capim-marandu. **Revista de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 41, n. 4, p. 914–923, 2018.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, [s. l.], 2023.

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. Adubação Orgânica. **EMPRAPA Milho e Sorgo**, [s. l.], 2021.

MACÊDO, A. J. da S.; SANTOS, E.; EDVAN, R. L. Adubação orgânica em pastagens tropicais : Revisão. [s. l.], n. February, p. 1–19, 2018.

MATA, J. F.; DA, J. C.; SILVA, J. F. R.; AFFÉRI, FLÁVIO SÉRGIO, L. M. V. Produção de milho híbrido sob doses de esterco bovino. [s. l.], v. 6325, p. 125–134, 2010.

MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T.; PINTO, S. M.; DE ABREU, L. R.; LEITE, D. F. Utilization of bedded cattle confinement for organic manure of maize crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 23, n. 8, p. 620–624, 2019.

NEGRÃO, F. de M.; DANTAS, C. C. O. Produção de silagem de milho e capim-elefante. **Pubvet**, [s. l.], v. 4, n. 27, 2010.

- OLIVEIRA, J. S. Comunicado 77 Técnico. [s. l.], p. 1–6, 2015.
- PELÁ, A. Efeito De Adubos Orgânicos Provenientes De Dejetos De Bovinos Confinados Nos Atributos Físicos E Químicos Do Solo E Na Produtividade Do Milho. [s. l.], 2005.
- R CORE TEAM. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. [s. l.], 2023.
- RESENDE, H.; OLIVEIRA, J. S. e; MIRANDA, J. E. C. De; LEITE, J. L. B. Tecnologia e Custo da Silagem de Milho. **Embrapa**, [s. l.], v. 114, p. 11, 2017.
- ROCHA, D. T. Da; CARVALHO, G. R.; RESENDE, J. C. De. Cadeia produtiva do leite No Brasil: producao primária. **Circular Técnica 123**, [s. l.], n. 123, p. 1–15, 2020.
- SILVA, M. S. Da. Efeitos De Esterco Bovino Em Atributos Químicos E Físicos Do Solo, Produtividade De Milho E Créditos De Nitrogênio. [s. l.], p. 77, 2018.
- ZURE, G. E. O.; OLIVEIRA, V. M.; GOTARDO, M.; SANTOS, F. M. Produtividade De Milho Verde Híbrido Bm3061 Sob Diferentes Tipos De Adubação No Plantio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s. l.], n. 2010, p. 184–188, 2011.