

UNIVERSIDADE BRASIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CAMPUS DESCALVADO

LUCAS HENRIQUE ALAYON

**PRODUÇÃO DE SILAGEM DE MILHO FERTILIZADO COM BIOSSÓLIDO:
COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA**

**PRODUCTION OF CORN SILAGE FERTILIZED WITH BIOSOLID:
BROMATOLOGICAL COMPOSITION**

Descalvado, SP

Maio de 2023

CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUCAS HENRIQUE ALAYON

PRODUÇÃO DE SILAGEM DE MILHO FERTILIZADO COM BIOSSÓLIDO: COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Prof. Dr. Gabriel Mauricio Peruca de Melo
Orientador

Prof^a Dra. Liandra Maria Abaker Bertipaglia
Coorientadora

Descalvado, SP
Maio de 2023

DEDICATÓRIA

Dedico aqui, este trabalho e futura conclusão do curso de agronomia aos meus pais, Sonia Regina de Almeida Alayon e Romeu Alayon, os quais me ensinaram o real sentido da vida, me guardando com um legado de honra, glória e inspiração.

A minha namorada Daiane Claudinéia Jacinto minha fiel escudeira, por não medir esforços ao me apoiar nos momentos difíceis sempre que precisei e contribuir na minha caminhada até o presente momento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me amparar nos momentos difíceis, me mostrando a luz nos momentos de incertezas e me dar a sabedoria para tomar as decisões certas.

Aos meus orientadores, professor doutor Gabriel Mauricio Peruca de Melo e professora doutora Liandra Maria Abaker Bertipaglia por me orientarem e auxiliarem no desenvolver deste trabalho, e serem exemplos de sabedoria e conhecimento.

Ao coordenador do curso, professor doutor Fábio Mazzonetto por ser atencioso ao mostrar os caminhos certos a se seguir.

Aos colegas envolvidos no trabalho, contribuindo com informações necessárias para o desenvolver de tal.

A minha família e namorada por sempre me incentivar a nunca desistir.

PRODUÇÃO DE SILAGEM DE MILHO FERTILIZADO COM BIOSSÓLIDO: COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

RESUMO

Objetivo desse estudo foi avaliar o uso de bio sólido como substituto parcial da adubação mineral na cultura do milho destinado à produção de silagem sobre a composição bromatológica. A área experimental tem histórico de uso de bio sólido de 23 anos. Em 1997/98 (implantação), o experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados com 4 tratamentos e 5 repetições, totalizando 20 parcelas. No primeiro ano os tratamentos utilizados na instalação do experimento foram: T1= testemunha (sem aplicação de bio sólido - BI) e sem fertilização mineral); T2= 2,5 t ha⁻¹; T3= 5 t ha⁻¹, T4= 10 t ha⁻¹ de BI (base seca). No segundo ano, a testemunha passou a receber fertilização mineral com base na análise de solo e nas indicações do Boletim 100. Do quarto ano em diante, a dose 2,5 t ha⁻¹ de BI foi substituída por 20 t ha⁻¹ com a finalidade de aumentar os riscos de poluição e fitotoxicidade. Ao longo dos 23 anos de experimentação, quatro culturas foram utilizadas (milho, girassol, guandu e crotalária), e o bio sólido aplicado foi proveniente de três Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) do Estado de São Paulo (Monte Alto). No 23º ano, o bio sólido foi obtido da ETE de Monte Alto/SP, operada pela SABESP e utilizado o milho (VT PRO 2 – produção de silagem) como planta teste. O ponto de colheita para ensilagem foi determinado quando a maioria das plantas apresentou matéria seca em torno de 35%. A forragem foi ensilada em mini silos experimentais e a abertura dos silos ocorreu após 150 dias de processo fermentativo. As amostras foram avaliadas quanto a composição em proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, celulose e hemicelulose. Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos avaliados sobre os teores de proteína, fração fibrosa, lignina e matéria mineral das silagens. Concluiu-se que o uso de bio sólido como fertilizante na cultura do milho não afeta a qualidade nutritiva das silagens obtidas e pode substituir parcialmente a fertilização química

Palavras-chave: FDA. FDN. Lignina. Lodo esgoto. Proteína.

PRODUCTION OF CORN SILAGE FERTILIZED WITH BIOSOLID: BROMATOLOGICAL COMPOSITION

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the use of biosolids as a partial substitute for mineral fertilizer in the culture of corn for silage production on the bromatological composition. The experimental area has a 23-year history of biosolids use. In 1997/98 (implementation), the experiment was set up in randomized block design with 4 treatments and 5 repetitions, totaling 20 plots. In the first year, the treatments used in the installation of the experiment were: T1 = control (without application of biosolid (BI) and without mineral fertilization); T2 = 2.5 t ha⁻¹; T3 = 5 t ha⁻¹, T4 = 10 t ha⁻¹ of BI (dry base). In the second year, the witness started to receive mineral fertilization based on soil analysis and Bulletin 100 indications. From the fourth year on, the dose 2.5 t ha⁻¹ of BI was replaced by 20 t ha⁻¹ with the purpose of increasing the risks of pollution and phytotoxicity. Over the 23 years of experimentation, four crops were used (corn, sunflower, guandu and crotalaria), and the biosolids applied came from three Sewage Treatment Plants (STPs) in the State of São Paulo (Barueri, Monte Alto and Franca). In the 23rd year, the biosolid was obtained from the ETE of Monte Alto/SP, operated by SABESP and corn (VT PRO 2 - silage production) was used as test plant. The harvest point for ensiling was when the majority of the plants presented dry matter of 35%. The forage was ensiled in experimental mini silos and the silos were opened after 150 days of fermentation process. The samples were evaluated for composition of crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin, cellulose, and hemicelluloses. No significant difference was observed between the treatments evaluated on the contents of protein, fiber fraction, lignin and mineral matter of the silages. It was concluded that the use of biosolids as fertilizer in corn culture does not affect the nutritional quality of the silages obtained and can partially replace chemical fertilization

Key words: FDA. FDN. Lignin. Sewage sludge. Protein.

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Teores médios de matéria seca (MS), matéria mineral ou cinzas (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) de silagens de milho, em função das doses de bio sólido.....19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	99
1.1. Silagem de milho.....	100
1.2. Biossólido.....	100
2. JUSTIFICATIVA	122
3. OBJETIVOS	133
3.1. Objetivos específicos	133
4. MATERIAIS E MÉTODOS	133
4.1. Local do experimento de campo	133
4.2. Delineamento experimental e tratamentos	133
4.3. Biossólido.....	144
4.4. Condução experimental	144
4.5. Ensilagem	155
4.6. Abertura dos minis silos	166
4.7. Composição bromatológica.....	166
4.8. Análise dos resultados obtidos.....	166
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	177
4.9. Composição bromatológica.....	177
6. CONCLUSÃO	200
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	200

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos gerados pelas Estações de Tratamento de Esgoto geram vários problemas, com altos custos com sua destinação final, geralmente a deposição em aterros sanitários.

Trata-se de um resíduo com grandes atrativos para uso agrícola, quer como condicionante das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, quer pelo seu conteúdo em matéria orgânica, quer como fonte de nutrientes para as plantas cultivadas, tendo em vista sua composição química em N, P e outros.

Um dos grandes questionamentos quanto à utilização do bio sólido na agricultura é o acúmulo de metais pesados no solo pela aplicação sucessiva do material, com possível absorção pelas plantas e contaminação da cadeia alimentar, podendo causar severos riscos para a saúde humana.

Devido, principalmente, às adversidades dos fatores climáticos, tem-se a distribuição irregular de forragem durante o ano em todas as regiões do país. Por isso, faz-se necessário o adequado planejamento alimentar, tanto de alimentos concentrados energéticos como na conservação de volumosos de alto valor nutritivo, principalmente a silagem de milho, por ser uma das formas mais eficientes e econômicas de conservação de alimento para uso em períodos secos e frios.

A ensilagem é uma das principais práticas de conservação de forragem utilizada para melhorar a alimentação do rebanho e minimizar os efeitos da escassez de pastagem no período de estiagem. Nos sistemas de produção animal em confinamento, o principal volumoso utilizado é a de silagem de milho.

Neste contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos da substituição parcial da fertilização química no sistema de produção de milho para silagem com bio sólido, sobre a composição bromatológica com a finalidade de resolver três grandes problemas, a destinação agrícola segura do bio sólido, a escassez de forragem no período seco do ano e a redução dos custos de produção.

1.1. Silagem de milho

De acordo com Neumann (2002), a conservação de forragens na forma de ensilagem é um processo fermentativo que converte os carboidratos solúveis em ácidos orgânicos mediante atividade microbiana.

Em geral, as silagens apresentam qualidade nutritiva muito baixa e, com isso, torna-se necessário maior acompanhamento do produtor para melhorar sua qualidade, obtendo com isto maior eficiência na produção animal.

Entre os motivos da preferência dos produtores pelo uso do milho como forrageira para silagem estão a alta produção, a facilidade para a formação das lavouras e para o ensilamento, além da boa aceitabilidade pelo gado. Vale a pena ressaltar que um dos principais pontos a se considerar na produção da silagem de milho é a escolha do híbrido a ser utilizado, pois este interfere diretamente na produção, na composição química e na digestibilidade da massa seca (NUSSIO; CAMPOS; DIAS, 2001).

A qualidade da silagem depende da eficiência do processo fermentativo e das condições em que se realizam: umidade, temperatura, presença de oxigênio, concentração de carboidratos solúveis e características particulares da composição físico-química da planta ensilada, podendo proporcionar a obtenção de silagem com variados valores nutritivos a partir de um mesmo tipo de forragem (NEUMANN, 2002).

A fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade das lavouras destinadas à produção de grãos e de forragem. Esse fato não se deve apenas aos baixos níveis de nutrientes presentes nos solos, mas também ao uso inadequado da calagem e adubação (FRANÇA e COELHO, 2001).

1.2. Biossólido

O biossólido é um resíduo semissólido resultante do tratamento do esgoto nas ETEs, cuja composição depende da origem do esgoto, do sistema de tratamento adotado e do condicionamento final (MELO e MARQUES, 2000). Para Yada (2014), os esgotos residenciais são coletados nas redes de saneamento e encaminhados as ETEs, onde o material grosseiro é retirado e passa por um processo de biodegradação,

ou seja, os microrganismos se alimentam do material orgânico rico em nutrientes, promovendo sua decomposição e estabilização.

Segundo Saito (2007), após a biodegradação, o esgoto é separado em duas fases, a líquida, denominada efluente líquido, e a sólida, denominada biossólido. Esses processos são necessários, segundo a legislação 375/2006, para poder reduzir e remover as substâncias que poderiam causar impactos ambientais.

Com isso, novas alternativas para a destinação final desse resíduo têm surgido com o intuito de reduzir os custos e os impactos ambientais causados pelo incorreto destino. As opções atuais mais viáveis são o uso na agricultura e a disposição em aterro sanitário ou industrial licenciado (BERTON e NOGUEIRA, 2010). Alternativas que estão sendo utilizadas no Brasil compreendem a incineração (XU et al., 2015) e a fabricação de materiais de construção (OKUNO et al., 1997; JORDÁN et al., 2005).

O uso na agricultura tem o objetivo de aproveitar o material orgânico e os nutrientes para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, reduzindo a utilização de fertilizantes e como consequência, diminuindo os custos de produção, de destinação para aterros sanitários e os riscos de poluição pelos fertilizantes (MARQUES et al., 2002). O biossólido contém elevados teores de matéria orgânica e de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, ajudando no desenvolvimento e produção das plantas (MELO et al., 2001).

Segundo Andreoli et al. (1999), a aplicação de biossólido no solo viabiliza a reciclagem de nutrientes, aumento de melhorias físicas, além de ser uma solução para a destinação do resíduo. As limitações para o emprego deste método são os riscos de contaminação do solo com patógenos e metais pesados, contaminação do lençol freático e das águas superficiais com a possível lixiviação de nitrogênio e fósforo, problemas como atração de insetos vetores e liberação de odores, se não houver estabilização suficiente (LOPES et al., 2005).

De acordo com a Resolução número 375, de 29 de agosto de 2006, inúmeras são as medidas necessárias para poder utilizar o biossólido na agricultura, pensando sempre na preservação do meio ambiente e na saúde humana (CONAMA, 2020).

Essa resolução também impõe que o biossólido não pode ser obtido de qualquer lugar; por exemplo, esgotos hospitalares e industriais são proibidos para utilização na

agricultura. Em algumas culturas, não se pode utilizar o bio-sólido, caso de hortaliças, produtos consumidos *in natura* e que têm contato direto com o resíduo (CONAMA, 2020).

Segundo Marcon (2014), o bio-sólido retirado das ETEs, passam por um processo de higienização para reduzir a quantidade de microrganismos, patógenos e a umidade presente no resíduo antes de ser colocado no solo. A redução da umidade facilita no transporte, pois reduz o volume da carga. Após o processamento, do lodo de esgoto, ele passa a ser um bio-sólido (ARRUDA et al., 2013).

Várias culturas têm apresentado bons resultados com a utilização de bio-sólido como fertilizante, dentre elas soja e trigo (BROWN et al., 1997), milho (QUINTANA et al., 2009), feijão e girassol (DESCHAMPS e FAVARETTO, 1997), espécies florestais (SOARES, 2003; VELASCO-MOLINA, 2004) e cana-de-açúcar (BERTONCINI, 2002; OLIVEIRA et al., 2002).

2. JUSTIFICATIVA

O processo de ensilagem é um dos métodos mais importantes de conservação de forragens produzidas em época de abundância, com o objetivo de suplementar os animais de produção em período de escassez de alimentos (Daniel et al., 2019). Segundo Bernades e Do Rêgo (2014), a silagem de milho é a principal fonte de forragem utilizada nas dietas de vacas leiteiras de alta produção e confinamentos de bovinos de corte no Brasil.

Uma vez a cultura do milho ser responsiva ao uso de fertilizantes, e dada a atual situação dos preços dos fertilizantes químicos, deve-se optar pela substituição parcial do uso de fertilizantes químicos, caso do lodo de esgoto, que pode ser alternativa viável economicamente e ambientalmente.

O presente trabalho justifica-se pelo cenário anteriormente descrito além de se constatar a escassez de pesquisas publicadas, baseadas na avaliação do uso do milho fertilizado com bio-sólido (lodo de esgoto) como matéria prima para silagens.

3. OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da substituição parcial da adubação química através do uso de biossólido por longo prazo na cultura do milho com vistas à produção de silagem, sobre a composição bromatológica.

3.1. Objetivos específicos

Especificadamente, foram objetivos:

1. Avaliar alterações na composição de fração fibrosa e lignina;
2. Determinar os efeitos do uso de biossólido sobre o teor proteico da silagem;

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Local do experimento de campo

O experimento foi conduzido em campo, no Município de Jaboticabal, São Paulo, em solo de grande ocorrência no Estado de São Paulo, o Latossolo Vermelho eutroférico (LVef). Esta área apresenta histórico de 23 anos de aplicações anuais de biossólido.

Segundo a classificação de Köppen, o clima é classificado como subtropical, com chuvas de verão e inverno relativamente seco, temperatura média de 22,3° e médias anuais de 1.423,9 mm de precipitação pluviométrica.

4.2. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso, com 4 tratamentos (doses de BI) e 5 repetições em parcelas com 60 m² (6 x 10 m). Os tratamentos foram:

T1= testemunha, sem adição de biossólido e com fertilização mineral com base na análise de solo e as indicações do Boletim 100 (RAIJ et al.,1997).

T2= 5 t ha⁻¹ biossólido (base seca) e fertilização mineral com PK para atingir a mesma fertilização PK do tratamento testemunha.

T3= 10 t ha⁻¹ biossólido (base seca) e fertilização mineral com PK para atingir a mesma fertilização PK do tratamento testemunha.

T4= 20 t ha⁻¹ biossólido (base seca) e fertilização mineral com PK para atingir a mesma fertilização PK do tratamento testemunha.

4.3. Biossólido

O biossólido foi obtido na ETE de Monte Alto, SP, operada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Antes da aplicação na área experimental, a amostra foi caracterizada com relação ao teor de umidade, conteúdo em macro (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn, B, Mo, Ni) e os metais pesados não nutrientes das plantas utilizados pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB) na legislação para uso de biossólido em áreas agrícolas (CETESB, 1999), a saber Pb, Ba, Cd, As, Se, Hg.

4.4. Condução experimental

Antes da instalação do experimento, foi realizado a amostragem do solo para análise química da fertilidade, obtendo-se uma amostra composta por tratamento na área experimental.

O biossólido, com a umidade com que chegou da ETE, foi distribuído na superfície das parcelas manualmente e de acordo com a dose de cada tratamento. Logo após a aplicação, o resíduo foi incorporado na profundidade 0-0,10 m por meio de uma gradagem leve.

Após a incorporação, a área foi sulcada, seguindo-se a aplicação de fertilizante mineral NPK no sulco de semeadura (tratamento testemunha) e PK (tratamentos com BI) e a semeadura no espaçamento de 0,90 m entre linhas e 12 sementes por metro

linear. Decorridos 30 dias da sementeira, procedeu-se o desbaste (6 plantas por metro linear) e a aplicação de N e K, em cobertura nas parcelas com adubação mineral.

No controle de plantas daninhas, foi aplicado o herbicida Fusilade na dose de 0,75 L ha⁻¹ aos 40 dias após a sementeira (DAS).

4.5. Ensilagem

A proximidade do ponto de colheita para ensilagem foi determinada quando a maioria das plantas apresentarem textura de grãos entre pastosa, 1/3 da linha do leite até farináceo-duro, 2/3 da linha do leite (NUSSIO et al., 1999). A matéria seca do ponto de ensilagem foi determinada através do uso de micro-ondas, considerando como adequados valores entre 30-35% MS.

Após o corte a 5 cm do nível do solo, as plantas de cada parcela (10 unidades) foram agrupadas, identificadas e conduzidas ao laboratório.

As plantas inteiras foram picadas em equipamento estacionário, regulado para corte com tamanho de partícula de aproximadamente 1 cm. A forragem foi imediatamente ensilada em mini silos experimentais, confeccionados com canos de PVC.

Os minis silos experimentais com capacidade de três litros foram munidos de uma tampa adaptada com válvula tipo “Bunsen”, que permitiu a saída de gases e impossibilitou a entrada de ar, e cerca de 200 g de areia posicionados no fundo do silo com a função de adsorver o efluente produzido durante o processo. A fim de evitar contaminação da forragem, foi colocada sobre a areia, uma tela fina de plástico.

O material picado foi pesado e compactado de forma que a densidade atinja aproximadamente 450 kg de matéria verde m-3, garantindo condições semelhantes de porosidade dentro do mini silo.

Após o enchimento, os silos foram fechados com as tampas, vedados com o auxílio de uma fita adesiva e mantidos em ambiente protegido sob temperatura ambiente por um período de 150 dias.

4.6. Abertura dos minis silos

Decorridos os 150 dias de processo fermentativo, os silos foram abertos e alíquotas das amostras foram pesadas em formas de alumínio, sendo o peso inicial registrado. Foram submetidas a secagem em estufa de circulação forçada regulada para a temperatura de 55 a 60 °C por um período de 72 horas (obtenção de peso constante), para obtenção do peso seco. Procedeu-se a moagem das amostras.

4.7. Composição bromatológica

A segunda matéria seca (MS: AOAC 934.01) e matéria orgânica (MO: AOAC 942.05) foram estimados conforme procedimentos descritos em AOAC (1990). A determinação da composição bromatológica foi realizada utilizando-se os métodos para determinação da proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose, extrato etéreo e minerais como descrito por Silva e Queiroz (2002).

4.8. Análise dos resultados obtidos

Os dados foram testados com relação à normalidade dos resíduos e a homogeneidade de variâncias. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, nos casos em que o teste F for significativo a no mínimo 5%, foi aplicado o teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.9. Composição bromatológica

Os teores de matéria seca (MS) variaram significativamente de 33,64 (T4) a 29,69% (T1). Os tratamentos com as silagens que receberam 5 e 20 t ha⁻¹ biossólido foram semelhantes entre si, apresentando valores superiores aos tratamentos com as silagens testemunha (sem adição de biossólido e com fertilização mineral) e a silagem do milho cultivado com 10 t ha⁻¹ biossólido ($p < 0,05$). Os tratamentos T1 e T3 foram semelhantes entre si (Tabela 1).

De acordo com Van Soest (1994), silagens de milho com qualidade superior devem apresentar teores de matéria seca de 30 a 35% MS, pois essa condição favorece a fermentação láctica. O menor teor de MS pode facilitar o desenvolvimento de bactérias indesejáveis e juntamente com a maior concentração de açúcares redutores e ácidos láctico e acético, que são substratos para microrganismos aeróbicos, pode comprometer a posterior estabilidade aeróbia da silagem (HOSODA et al., 2019).

Não foi observada diferença nos resultados de matéria mineral (MM) entre os tratamentos avaliados. De modo geral, como descrito por Neumann (2011), o valor médio de matéria mineral ideal na silagem de milho é de 3%, podendo haver variação de 2 a 5% desse parâmetro. Assis et al. (2014), observaram valor médio de 4,28% MS em silagens de nove híbridos de milho diferentes. No presente estudo, nos tratamentos avaliados, a média do teor de matéria mineral foi de 3,51%MS.

Segundo Fonseca et al., (2002), as principais características empregadas para a avaliação da qualidade nutricional da silagem compreendem os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), cinzas, extrato etéreo, lignina e proteína.

No presente estudo, não foi observada diferença nos resultados de proteína bruta (PB) das silagens entre os tratamentos avaliados. Os valores de proteína bruta

(PB) obtidos nas silagens variaram entre 8,03% e 6,80% e estão dentro dos padrões nos quais normalmente são encontrados (em torno de 7% MS), de acordo com Dermachi (2001).

Tabela 1: Teores médios de matéria seca (MS), matéria mineral ou cinzas (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) de silagens de milho, em função dos tratamentos submetidos.

Tratamento	MS (%)	MM (%MS)	PB (%MS)	FDN (%MS)	FDA (%MS)	LIG (%MS)	HEM (%MS)	CEL (%MS)
T1	29,69 ^B	3,55 ^A	8,03 ^A	47,52 ^A	26,54 ^A	5,43 ^A	20,98 ^A	21,10 ^A
T2	33,08 ^A	2,99 ^A	7,15 ^A	42,84 ^A	29,52 ^A	5,36 ^A	25,47 ^A	14,26 ^A
T3	29,73 ^B	4,14 ^A	7,55 ^A	49,52 ^A	25,42 ^A	3,61 ^A	24,10 ^A	21,79 ^A
T4	33,64 ^A	3,39 ^A	6,80 ^A	48,22 ^A	30,46 ^A	5,99 ^A	17,76 ^A	24,47 ^A
Médias	30,73	3,51	7,38	47,02	27,98	5,10	27,73	20,01
CV ¹ (%)	7,33	18,93	10,59	12,75	17,62	30,96	45,55	23,79

Valores seguidos pela mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$); CV=coeficiente de variação.

T1 silagem de milho testemunha. Sem adição de biofósforo e com fertilização mineral.

T2 silagem obtida da cultura do milho fertilizado com 5 t ha⁻¹ biofósforo.

T3 silagem obtida da cultura do milho fertilizado com 10 t ha⁻¹ biofósforo.

T4 silagem obtida da cultura do milho fertilizado com 20 t ha⁻¹ biofósforo.

Quanto aos componentes da fração fibra das silagens avaliadas, não foram observados efeitos do tipo de fertilizante (mineral ou biofósforo) sobre a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose ou hemicelulose.

Os valores de fibra em detergente neutro, como apresentados na Tabela 1, variaram entre 42,84 e 49,52%MS, sendo o maior valor obtido, compreendido dentre os observados por Costa et al. (2000), que avaliaram 12 cultivares de milho e indicaram variação nos teores de FDN entre 48,23 e 55,40% MS. Segundo Guim et al. (2004), diante de uma avaliação nutricional da silagem, valores adequados devem ser de 45 a 60% MS de fibra em detergente neutro (FDN).

A fibra em detergente ácido, em função das condições experimentais e tratamentos propostos variou entre 30,46 e 25,42%MS, não sendo observada diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$). Neumann et al. (2019), avaliaram silagens de milho com doses de nitrogênio de 175,50 e 225,50 kg ha⁻¹ e obtiveram valores para a fibra em

detergente ácido de 25,93 e 30,05 %MS, valores esses, muito semelhantes ao obtidos no presente estudo realizado.

Os valores de lignina, com teor médio de 5,10%MS, estão de acordo com a variação normal citada na literatura (Newmann et al., 2019; Tavares et al. (2019); Ortiz et al., 2021).

De acordo com Van Soest (1994), a fibra em detergente neutro (FDN) é uma entidade que compreende celulose, hemicelulose (carboidratos estruturais) e lignina e, a fibra em detergente ácido (FDA), a celulose e lignina. Para a nutrição dos ruminantes, tem sido importante conhecer o valor da lignina de um alimento e forragem, pois é geralmente aceito que a lignina e a ligação cruzada desta aos carboidratos são os principais fatores responsáveis por limitar a digestão ruminal e intestinal das forragens (BESLE et al., 1994, Van SOEST, 1994).

Quanto aos valores de celulose e hemicelulose não houve efeito dos tratamentos aplicados e variaram, respectivamente, 24,47 e 14,26% MS; 25,47 e 17,76%MS. A hemicelulose é um carboidrato altamente digestível, sendo degradada rapidamente no rúmen e transformada em ácidos graxos essenciais para a manutenção dos ruminantes (GOMES et al., 2007).

Pode-se observar a variação dos resultados obtidos em relação à média, inclusive na análise de lignina, celulose e hemicelulose, com coeficientes de variação elevados (Tabela 1). Esses parâmetros, analiticamente, foram obtidos por análise gravimétrica e de resíduos analíticos da FDN e FDA e, deste modo podem acumular erros e, conseqüentemente, contribuindo para altos valores de coeficiente de variação. Segundo Gomes (1990), valores entre 10 e 20% de coeficientes de variação são considerados médios; altos, entre 20 e 30% e muito altos se superiores a 30%. Ressalta-se que para essa classificação os valores foram obtidos pelo autor foi em experimentos de campo com culturas agrícolas.

6. CONCLUSÃO

Concluiu-se que o uso de biossólido como fertilizante na cultura do milho, em substituição parcial a adubação mineral, não afeta a qualidade nutritiva das silagens obtidas uma vez que componentes da parede celular, proteína e lignina não distinguiram do tratamento testemunha. Os valores obtidos nos parâmetros avaliados estão de acordo com a literatura e indicam proporcionar boa digestibilidade das silagens para os animais ruminantes. Portanto, o biossólido pode ser utilizado na adubação da cultura do milho, com o intuito de substituir a adubação química, gerando uma economia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F.; DOMASZAK, S. C. Reciclagem agrícola do lodo de esgoto: estudo preliminar para definição de critérios para uso agrônomo e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária. Curitiba: SANEPAR, 1999. 82p.

AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). Official methods of analysis. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.

ARRUDA, O. G.; ALVES, M. C.; BONINI, C. S. B.; MARCHINI, D. C. Atributos físicos de um Latossolo degradado tratado com biossólido há cinco anos. Científica, v.41, n. 1, p. 73-81, 2013.

ASSIS, F. B.; BASSO, F. C.; LARA, E. C.; RAPOSO, E.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; FERNANDES, L. O.; RABELO, C. H. S.; REIS, R. A. Caracterização agrônoma e bromatológica de híbridos de milho para ensilagem. Semina: Ciências Agrárias, v. 35, n. 06, p. 2869-2882, 2014.

BERTON, R. S.; NOGUEIRA, T. A. R. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a resolução nº 375 do CONAMA. Botucatu: FEPAF, 2010. cap. 2, p.31-50.

BERTONCINI, E. I. Comportamento de Cd, Cr, Cu, Ni e Zn em latossolos sucessivamente tratados com biossólido: extração sequencial, fitodisponibilidade e

caracterização de substâncias húmicas. 2002. 195f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BESLE, J.M.; CORNU, A.; JOUANY J.P. Roles of structural phenylpropanoids in forage cell wall digestion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.64, pp. 171-190, 1994.

BROWN, S.; ANGLE, J. S.; CHANEY, R. L. Correction of limed biosolid induced manganese deficiency on a long-term field experiment. *Journal of Environmental Quality*, v. 26, n. 5, p. 1375-1384, 1997.

CETESB. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Aplicação de lodos de sistema de tratamento biológico em áreas agrícolas. Critérios para projeto e operação. CETESB, 1999. 32p. (Manual Técnico).

COELHO A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho: Nutrição e adubação. Potafós: arquivo do agrônomo nº 2. 2ª edição – ampliada e totalmente modificada, setembro 1995. COELHO M.; FRANÇA G. E. D. Nutrição e adubação do milho. Circular Técnica- Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, ed. 1, n. 78, p. 1-10, dezembro 2006.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-498-de-19-de-agosto-de-2020-273467970>. Acesso em 25 nov. 2020.

COSTA, C. et al. Potencial para ensilagem, composição química e qualidade da silagem de milho com diferentes proporções de espigas. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 22, n. 3, p. 835-841, 2000.

DEMARCHI, J.J. Pontos críticos na amostragem e interpretação das análises bromatológicas para silagem de milho, 24 abr. 2001, disponível em <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/conservacao-de-forragens/pontos-criticos-na-amostragem-e-interpretacao-das-analises-bromatologicas-para-silagem-de-milho-6496/>>. Acesso em 10 jun.2022.

DESCHAMPS, C.; FAVARETTO, N. Efeito do lodo de esgoto complementado com fertilizante mineral na produtividade e desenvolvimento da cultura do feijoeiro e do girassol. *Sanare*, v. 8, n. 8, p.33-38, 1997.

FONSECA, A. et al. Desempenho de cultivares de milho em relação às características agrônômicas, químicas e degradabilidade da silagem. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v. 49, n. 282, p. 109-122, 2002.

GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 12.ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467p.

GOMES, J. D.; PUTRINO, S. M.; GROSSKLAUS, C.; UTIYAMA, C. E.; LOTUFO OETTING, L.; SOUZA, L. W. O.; LIMA, C. G. Efeitos do incremento de fibra dietética

sobre a digestibilidade, desempenho e características de carcaça: I. suínos em crescimento e terminação. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 28, n. 3, p. 483-492, 2007.

GOMES, J.A.F.; CAVALCANTE, A.C.R.; LEITE, E.R.; BOMFIM, M.A.D.; FONTELE, N.L. de O.; FURTADO, A. de O.; PEREIRA, M.S.C. Avaliação da bagana de carnaúba na terminação de ovinos. Sobral: Embrapa Caprinos, 2007. 4p. (Embrapa Caprinos. Comunicado Técnico, 77).

GUIM, A. et al. Padrão de Fermentação e Composição QuímicoBromatológica de Silagens de JitiranaLisa (*Ipomoea glabra* Choisy) e Jitirana Peluda (*Jacquemontiaasarifolia* L. B. Smith) Frescas e Emurchecidas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.2214-2223, 2004.

HOSODA, K.; OHMORI, H.; NAKAMURA, YOSHI-NORI; KAMIYA, M. Effect of inclusion rate of corn silage in ensiled total mixed ration on dry matter intake, nutrient digestibility, and ruminal fermentation in Japanese Wagyu steer, *Livestock Science*, v. 229, p. 126-130, 2019.

JORDÁN, M. M.; ALMENDRO-CANDEL, M. B.; ROMERO, M.; RINCÓN, J. M. Application of sewage sludge in the manufacturing of ceramic tile bodies. *Applied Clay Science*, v. 30, n. 3-4, p.219-224, 2005.

LOPES, J. C., RIBEIRO, L. G., ARAÚJO, M. G., BERALDO, M. R. B. S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 1, p. 143-147, 2005.

MARCON, M. K. F. Viabilidade econômica da utilização agrícola do biossólido da Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL) Ouro Verde. 2014. 50f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - UNIOESTE, Cascavel, 2014.

MARQUES, M. O.; TSUTIYA, M. T.; MELO, W. J.; SOUZA, A. H. C. B. Desempenho de plantas de milho cultivadas em solos acrescidos de biossólido oriundo da estação de tratamento de esgoto de Barueri, localizada na região metropolitana de São Paulo. In.: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL: ABES/AIDIS, 27. Porto Alegre, 2000. Anais... Porto Alegre, 2000.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Eds.) Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. In. TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W.J.; MARQUES, M. O. (Eds) Biossólidos na agricultura. São Paulo: SABESP, 2001. p. 289-363.

NEUMANN, M. et al. Avaliação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura em milho para silagem. *Agrarian*, v.12, n. 44, p. 156-164, 2019.

NEUMANN, M. Produção de silagem de milho de alta qualidade. UNICENTRO-PR: p.94- 97, 2011.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C. et al. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.1, p.302-312, 2002. (supl. 1).

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P. de; DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: Anais do Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, Maringá. 2001. 125-144.

OKUNO, N.; URIU, M.; HORII, T.; MIYAGAWA, K. Evaluation of Thermal Sludge Solidification. Water Science and Technology, v. 36, n. 11, p.227-233, 1997.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ROSSETTO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, n. 2, p. 505-520, 2002.

ORTIZ, S.; MARTIN, T.; FULANETI, F.; VALDOVINO, V. Silos experimentais e a composição bromatológica de silagem de milho e sorgo. Vivências. v.17, n.33, p. 229-242, 2021.

QUINTANA, N. R. G.; CARMO, M. S.; MELO, W. J. Viabilidade econômica do uso de lodo de esgoto na agricultura, estado de São Paulo. Informações Econômicas, v. 39, n. 6, p. 31-36, 2009.

SAITO, M. L. O. Uso do lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. 35p. (Documentos, 64.)

SILVA, D.J; QUEIROZ, A.C. Análise de Alimentos. Métodos Químicos e Biológicos. 6. ed. Viçosa, MG: UFV; 2012. 235p.

SOARES, M. T. S. Taxas de mineralização e de lixiviação do nitrogênio e alterações da fertilidade do solo de um Latossolo Vermelho-Amarelo degradado e outro não-degradado fertilizados com bio-sólido e florestados com *Eucalyptus grandis*. 2003. 143f.. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

TAVARES, Q. G. et al. Avaliação nutricional das silagens de milho e sorgo inoculadas com *Lactobacillus plantarum*. PUBVET, v. 14, n. 3, p. 139, 2019.

Van SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VELASCO-MOLINA, M. Nitrogênio e metais pesados em Latossolo e Eucalipto cinquenta e cinco meses após a aplicação de biossólido. 2004. 66f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

XU, H.; WANG, C.; WANG, K. Full-scale plant study of the innovative spray-drying-based sludge incineration (SDSI) process: behavior of heavy metals. *Energy & Fuels*, v. 29, n. 6, p.3908-3912, 2015.

YADA, M. M. Metais pesados, atributos químicos e bioquímicos em latossolos e plantas de milho após aplicação de lodo de esgoto por dezesseis anos consecutivos. 2014. 88f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

Daniel, J. L. P., Bernardes, T. F., Jobim, C. C., Schmidt, P., & Nussio, L. G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass and Forage Science*, v.74, n.2, p. 188-200, 2019.