

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA/FEIS – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**LUIS AURELIO SANCHES**  
Engenheiro Agrônomo

**USO DE EFLUENTE DE SILAGEM NA ADUBAÇÃO DO CAPIM MARANDU**

Ilha Solteira

2018

**LUIS AURELIO SANCHES**

**USO DE EFLUENTE DE SILAGEM NA ADUBAÇÃO DO CAPIM MARANDU**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

**Prof. Dr. Leandro Coelho de Araujo**

Orientador

**Dr<sup>a</sup> Sabrina Novaes dos Santos-Araujo**

Coorientadora

Ilha Solteira

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S211u Sanches, Luis Aurelio.  
Uso de efluente de silagem na adubação do capim Marandu / Luis Aurelio Sanches. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018  
42 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Ciência e Tecnologia Animal, 2018

Orientador: Leandro Coelho de Araujo  
Coorientadora: Sabrina Novaes dos Santos-Araujo  
Inclui bibliografia

1. *Urochloa brizantha*. 2. Adubação orgânica. 3. Fertirrigação. 4. Potássio. 5. Reciclagem de nutrientes. 6. Uso de resíduos.

*Raiane da Silva Santos*  
Raiane da Silva Santos



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: USO DE EFLUENTE DE SILAGEM NA ADUBAÇÃO DO CAPIM MARANDU

**AUTOR: LUIS AURELIO SANCHES**

**ORIENTADOR: LEANDRO COELHO DE ARAUJO**

**COORIENTADORA: SABRINA NOVAES DOS SANTOS ARAUJO**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. LEANDRO COELHO DE ARAUJO  
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

  
Prof. Dr. SALATIER BUZETTI  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

  
Dr. EDSON CABRAL DA SILVA  
Pós-graduação em Ciências Agrárias / Instituto Federal Goiano - Câmpus de Rio Verde

Ilha Solteira, 18 de dezembro de 2018

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Luis Aurelio Sanches, nascido em 18 de março de 1993, na cidade de Jales, São Paulo, viveu toda sua infância e juventude na propriedade rural da família no município de Pontalinda, São Paulo. Ingressou na Escola Técnica “Dr. José Luiz Viana Coutinho” (ETEC Jales), onde cursou o ensino médio integrado com o curso técnico em Produção Agropecuária. Graduiu-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, em março de 2017. Ingressou no programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal, na categoria Mestrado, em março de 2017, onde trabalhou com a linha de pesquisa em Ruminantes, realizando experimento com adubação de pastagens. Participou ativamente das atividades do Núcleo de Estudos em Forrageiras Tropicais (NEFORT), onde desenvolveu atividades na área de conservação de volumoso.

**Aos meus pais, Orides e Dirce e aos meus amigos que sempre estiveram comigo nessa jornada, apoiando, dando força, DEDICO.**

**À Deus por sempre estar comigo em todos os momentos dando força, saúde, e discernimento, minha ETERNA GRATIDÃO.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela vida e saúde, pelas oportunidades que tive ao longo da minha vida, ingressar em uma universidade de excelência, poder concluir o curso de Engenharia agrônômica e ingressar no mestrado.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Ilha Solteira, por tudo que vivi aqui.

Ao Prof. Dr. Leandro Coelho de Araujo, pela orientação, confiança, dedicação, apoio, paciência e pelo conhecimento transmitido ao longo desses anos de orientação, que se estendem desde a graduação. Com certeza um grande exemplo que tenho na minha vida.

À Dra. Sabrina Novaes dos Santos-Araújo pela Coorientação.

À Profa. Dra. Gláucia de Amorim, e ao seu grupo de estatística, pela colaboração no trabalho, conduzindo a análise estatística do experimento.

Aos professores que tive o privilégio de poder usufruir de suas aulas durante minha vida acadêmica, todos tiveram papel fundamental em construir quem sou hoje nessa fase da minha vida.

Aos professores, Dr. Marcelo Andreotti e Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho pelas contribuições no Exame Geral de Qualificação.

Aos Professores, Dr. Salatier Buzetti, Dr. Edson Cabral da Silva, Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Dr. João Vitor Ferrari, por aceitarem participar da banca de defesa, seja titular ou suplente.

Aos meus amigos de república da ilustríssima República Zona Rural, meus companheiros que são como uma família, onde passamos mais tempo juntos do que com nossa própria família, passaram muitas pessoas ao longo desses anos de Ilha Solteira, Matheus, Raphael, Mauricio, Carlos, Luiz Gustavo, José Vitor, Gabriel, Hugo, Ronaldo, Jhon, Rafael.

Aos meus amigos que encontrei ao longo da vida, pessoas muito importantes para mim, Sabrina, Adrielle, Adriano, Philippe, Tamires, Roger, Ana Julia, entre muitos outros.

Aos meus companheiros de NEFORT, que sempre ajudaram nas atividades do experimento, Tamires, Laura, Vinícius, Ana, Camila, e todos os demais membros pela convivência, e colaboração em outras atividades.

Aos funcionários da universidade por toda colaboração nas atividades, pela convivência durante esse tempo que permaneci aqui, em especial, ao Sidival pela amizade e colaboração no Laboratório de Bromatologia, foram muitas e muitas horas de convivência, sempre aprendendo um pouco mais.

## RESUMO

A produção de efluente na ensilagem de capins tropicais é elevada, devido a alta umidade destes materiais. O efluente proporciona perdas de massa seca total e lixiviação dos nutrientes, tornando-se um potencial poluente ambiental, quando o seu acúmulo ocorre de forma concentrada no solo ou mananciais. Cada vez mais há preocupação com o manejo correto de resíduos agrícolas, e seu uso na agricultura tem sido uma forma eficiente de evitar destinações indevidas e, principalmente, acúmulos em locais específicos, além de contribuir na fertilização de lavouras, uma vez que a procura por alternativas para substituição dos fertilizantes minerais é crescente. Tendo em vista a importância da conservação ambiental, tanto como os elevados custos dos fertilizantes minerais que desestimulam a adubação de pastagens por parte dos produtores, objetivou-se verificar o potencial do efluente de silagem de capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) como adubo orgânico, no estabelecimento do capim Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu). O trabalho foi realizado em vasos de 10 dm<sup>3</sup> sob casa de vegetação na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, o solo utilizado foi o NEOSSOLO QUARTIZARÊNICO Órtico. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e uma testemunha. Os tratamentos corresponderam as doses de 0, 2, 4, 6, 8, 10 mL de efluente dm<sup>-3</sup> de solo, mais um tratamento com adubos minerais nas quantidades de 100, 60 e 50 mg dm<sup>-3</sup> de NPK. Os tratamentos foram aplicados imediatamente após o corte de uniformização e após 28 e 35 dias de rebrotação dos ciclos subsequentes. Foram avaliados em todos os cortes o número de perfilhos, altura de planta, composição química e bromatológica do capim. A adubação com efluente apresentou efeitos na produtividade de matéria seca, altura de planta e perfilhamento e proporcionou incrementos de 111% na produtividade de matéria seca comparando a dose 10 mL dm<sup>-3</sup> com a testemunha. Os teores de fibras sofreram interferência da aplicação de efluente, porém não diverge do que é apresentado na literatura. O teor de proteína bruta aumentou linearmente com o incremento das doses de efluentes, resultando um aumento de 25%. Mesmo obtendo resultados inferiores, comparado à adubação mineral, o efluente de silagem demonstra potencial para ser utilizado como adubo orgânico, podendo ser uma alternativa para substituição parcial do adubo mineral.

Palavras-Chave: *Urochloa brizantha*. Adubação orgânica. Fertirrigação. Potássio. Reciclagem de nutrientes. Uso de resíduos.



## ABSTRACT

The effluent production in tropical grass ensiling is high due to the high humidity of these materials. The effluent provides losses of total dry mass and leaching of the nutrients, becoming a potential environmental pollutant when its accumulation occurs in a concentrated way in the soil or springs. Increasingly, there is a concern about the correct management of agricultural waste and its use in agriculture has been an efficient way to avoid undue allocations and accumulations in specific places, as well as to contribute to the crops fertilization, since the search for alternatives to substitute mineral fertilizers is increasing. According to the importance of environmental conservation, as well as the high costs of mineral fertilizers that discourage the fertilization of pastures by the producers, the objective was to verify the agricultural potential of the Guinea grass effluent as organic fertilizer in the establishment of *Urochloa brizantha* cv. Marandu. The work was carried out in pots of 10 dm<sup>3</sup> under greenhouse. NEOSSOLO QUARTIZARÊNICO Órtico was the soil used. The design was completely randomized with four replicates and one control. The treatments corresponded to doses of 0, 2, 4, 6, 8, 10 mL of effluent dm<sup>-3</sup> of soil, plus a treatment with mineral fertilizers in amounts of 100, 60 and 50 mg dm<sup>-3</sup> of NPK. The treatments were applied immediately after the uniformity cut and after 28 and 35 days of regrowth of the subsequent cycles. The number of tillers, plant height, chemical and bromatological composition of the grass were evaluated in all the cuts. The effluent fertilization showed effects on dry matter yield, plant height and tillering and provided an increasing of 111% in dry matter yield, comparing the 10 mL dm<sup>-3</sup> dose with the control. The fiber content was affected by the application of the effluent but does not differ from what is presented in the literature. The crude protein content increased linearly with the increase of the effluent doses, resulting in an increase of 25%. Even with inferior results compared to mineral fertilization, the silage effluent demonstrates suitability to be used as organic fertilizer and may be an alternative for partial replacement of the mineral fertilizer.

Key words: *Urochloa brizantha*. Organic fertilization. Fertigation. Potassium. Nutrients recycling. Waste usage.

## SUMÁRIO

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                 | <b>10</b> |
| <b>2</b>   | <b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                      | <b>12</b> |
| <b>2.1</b> | <i>Pastagem e pecuária no âmbito nacional</i> .....     | <b>12</b> |
| <b>2.2</b> | <i>Adubação de pastagem</i> .....                       | <b>12</b> |
| <b>2.3</b> | <i>Uso de resíduos como fertilizante</i> .....          | <b>14</b> |
| <b>2.4</b> | <i>Efluente de silagem e o problema ambiental</i> ..... | <b>15</b> |
| <b>3</b>   | <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                         | <b>16</b> |
| <b>3.1</b> | <i>Descrição do local experimental</i> .....            | <b>16</b> |
| <b>3.2</b> | <i>Delineamento experimentais</i> .....                 | <b>17</b> |
| <b>3.3</b> | <i>Estabelecimento da espécie forrageira</i> .....      | <b>17</b> |
| <b>3.4</b> | <i>Coleta e uso do efluente</i> .....                   | <b>18</b> |
| <b>3.5</b> | <i>Irrigação das unidades experimentais</i> .....       | <b>19</b> |
| <b>3.6</b> | <i>Avaliações</i> .....                                 | <b>19</b> |
| <b>3.7</b> | <i>Análises estatísticas</i> .....                      | <b>20</b> |
| <b>4</b>   | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                     | <b>21</b> |
| <b>4.1</b> | <i>Produtividade de matéria seca</i> .....              | <b>23</b> |
| <b>4.2</b> | <i>Altura média de Plantas</i> .....                    | <b>24</b> |
| <b>4.3</b> | <i>Perfilhamento</i> .....                              | <b>25</b> |
| <b>4.4</b> | <i>Fibras</i> .....                                     | <b>27</b> |
| <b>4.5</b> | <i>Proteína Bruta</i> .....                             | <b>29</b> |
| <b>4.6</b> | <i>Acúmulo de minerais</i> .....                        | <b>30</b> |
| <b>5</b>   | <b>CONCLUSÕES</b> .....                                 | <b>38</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                | <b>39</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grande aptidão agropecuária, possui grande área agricultável, onde cerca de 71% é ocupado por pastagens, que compreende um total de 158,6 milhões de ha, sendo os rebanhos de bovinos, ovinos e caprinos, os principais consumidores de pastagens, somando 194 milhões de cabeças (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2017).

Devido a sazonalidade do crescimento dos capins, em que a produção concentra-se nos períodos quentes e chuvosos, há necessidade de complementar a alimentação animal no período em que a produção de pastagens é baixa. Uma alternativa de suplementar os rebanhos é por meio da conservação de capins no período de chuvoso, devido ao excesso de matéria seca (MS) neste período.

Os dois métodos mais usuais para conservação é a fenação e a ensilagem, cujo segundo é mais indicado para a conservação de capins tropicais dos gêneros *Urochloa* e *Panicum*, devido ao fato que a produção de feno destes capins apresenta limitações devido à espessuras dos colmos o que retarda a desidratação (NERES; AMES, 2015).

Outra limitação na ensilagem de capins tropicais está relacionada com o teor de MS que pode variar de 15 a 25% de acordo com a altura do dossel como observado para o *Panicum Maximum* cv. Mombaça (TOMAZ *et al.*, 2018). O teor de MS está diretamente relacionado com a capacidade de fermentação que influencia na qualidade da silagem, sendo maior o coeficiente de fermentação quanto maior for os teores de MS (TOMAZ *et al.*, 2018).

O teor de MS também está correlacionado com a produção de efluente e silagens produzidas com capins com alta umidade tendem a uma maior produção de efluente. Haight (1994) observou uma grande variação na produção de efluente em silagem de capins de acordo com o teor de MS, partindo de uma produção de 108 L Mg<sup>-1</sup> de silagem quando capim apresentava 18% de MS alcançando produção de 190 L Mg<sup>-1</sup> de silagem para capins com 15% de MS.

O efluente de silagem possui uma grande capacidade poluente, sendo relatada uma demanda bioquímica de oxigênio (DBO) para a degradação do efluente na água até 180 vezes superior à do esgoto doméstico (WOOLFORD, 1978) o que o torna um problema ambiental, este autor relatou uma DBO de 90.000 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> para o efluente de silagem, enquanto o esgoto doméstico apresentou DBO de 500 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>.

Por apresentar minerais em sua composição, o efluente possui um potencial como adubo orgânico. Respostas positivas em plantas adubadas com efluente de silagem de Azevém (*Lolium*

*perenne* (L.)) com dose de até 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> aplicados logo após a desfolha, foram observadas por Binnie e Frost (1995). Em alguns países como a Inglaterra já existem legislação para o uso correto do efluente de silagem, sendo obrigatório para o armazenamento de silagem que a estrutura seja revestida, possua canais para escoamento do efluente e um tanque de captação e o efluente utilizado como adubo orgânico (DEFRA, 2009).

Tendo em vista a importância da conservação ambiental, tanto como os elevados custos dos fertilizantes minerais que desestimulam a adubação de pastagens por parte dos produtores, objetivou-se verificar o potencial do efluente de silagem de capim Mombaça como adubo orgânico, no estabelecimento do capim Marandu.

A hipótese deste projeto foi que o efluente de silagem de capim Mombaça proporciona efeitos positivos na produção e valor nutritivo do do capim Marandu.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. *Pastagem e pecuária no âmbito nacional***

Grande parte da área agricultável do Brasil na atualidade é ocupado por pastagens, seja natural ou cultivada, isso se deve ao fato de que a pecuária ainda é o grande produto do país. A área de pastagem ocupa hoje 158,6 milhões de ha, sendo 30% de pastagens naturais, ocupando 45% de toda área rural no Brasil. Servindo de alimento para mais de 194 milhões de cabeças de ruminantes, tendo os bovinos como principal consumidor dessa pastagem com quase 172 milhões de cabeças (IBGE, 2017)

O fator preocupante é a degradação da pastagem, 10% de toda área de pastagem cultivada está degradada no país, cuja situação é mais preocupante no Nordeste, onde mais de 25% da área de pastagens cultivadas encontra-se degradadas (IBGE, 2017). Ademais, mais de metade da área de pastagem no país encontra-se em processo de degradação desde estágios iniciais até os mais avançados (DIAS-FILHO, 2014)

Entende-se por degradação a diminuição gradativa e constante da produção da forrageira, cujo não recebeu correção de solo e adubação, até ser necessário a substituição da mesma (MULLER *et al.*, 2001). Estima-se que um aumento de 20% na produtividade atual das pastagens brasileiras seria suficiente para suprir a necessidade de carnes pelos próximos 30 anos sem precisar aumentar áreas de cultivos (STRASSBURG *et al.*, 2014)

Por criar seus bovinos basicamente a pasto, o Brasil leva vantagem no que diz respeito ao custo de produção da carne, o que o torna bastante competitivo no mercado externo, possuindo a maior área de pastagem do planeta, o Brasil é também um dos maiores exportadores de carne do mundo (DIAS-FILHO, 2016)

### **2.2. *Adubação de pastagem***

As pastagens muitas vezes são deixadas de lado pelos produtores no quesito adubação, considerada uma cultura pouco exigente por aqueles que não conhecem sua fisiologia, vem sendo negligenciada quanto ao correto manejo e adubação. Segundo Taiz e Zeiger (2013) todo vegetal necessita de 17 nutrientes para completar seu ciclo de vida.

Grande parte das pastagens brasileiras estão em solos de baixa fertilidade, onde não atende a demanda por nutriente que a cultura exige, o que torna necessária a adubação. Grande parte dos animais criados a pastos estão alocados em pastagens implantadas em solos com essas

condições, ou que tenham sido exauridos pelo uso contínuo sem reposição de nutrientes (SANTOS; FONSECA, 2016)

Dentre os macronutrientes, destaca-se o nitrogênio, fósforo e potássio, que são necessários em maiores quantidades, o nitrogênio por ser constituinte de aminoácidos, amidos, proteínas, ácidos nucleicos, coenzimas e etc. O fósforo componente em açúcares-fosfatados, ácidos nucleicos, coenzimas, fosfolípidios e etc. O potássio é exigido como cofator em pelo menos 40 enzimas, participa do movimento estomático e mantém a eletroneutralidade celular (TAIZ; ZEIGER, 2013)

No que diz respeito ao desenvolvimento de plantas, o nitrogênio está ligado ao crescimento das plantas e incremento na produção de matéria seca. Fernandes *et al.*, (2015) relataram incremento na produtividade de matéria seca para pastagens dos gêneros *Urochloa*, *Cynodon*, *Panicum* e *Pennisetum*. Sanches *et al.* (2018) relataram incremento linear de matéria seca em aveias preta e amarela com aumento da adubação nitrogenada.

Além do incremento de matéria seca, o nitrogênio está associado ao aumento de proteína bruta nos capins, por ser componente direto dos aminoácidos e proteínas, o que é muito importante, para a suplementação animal, e também para melhorar a atividade enzimática no rúmen, sendo necessário para uma boa digestão no rúmen que o alimento tenha no mínimo 1% de nitrogênio (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2006).

O potássio como tem sua função muito importante a nível celular por ser constituinte da molécula de clorofila, ligada no processo de fotossíntese e de expansão e divisão celular, também está relacionado ao crescimento e desenvolvimento de plantas, geralmente atrelado ao nitrogênio, onde aplicados juntos é observado resultados superiores onde aplicado separados (ANDRADE *et al.*, 2000), enquanto o fósforo apresenta grande importância na formação e estruturação de raízes, com efeito positivo no incremento de produção de matéria seca, principalmente associado ao nitrogênio (CECATO *et al.*, 2000).

A adubação de pastagem tem papel importante no que diz respeito a recuperação de pastagens degradadas, primeiro vale ressaltar que um bom manejo e uma correta adubação evita a degradação da pastagem. Quando uma pastagem se encontra em processo inicial de degradação, pode-se facilmente recuperar essa pastagem mediante o uso de corretivos e fertilizantes, o que propicia a planta expressar seu potencial produtivo e resposta em aumento de produtividade de MS, conseqüentemente proporcionando um melhor desempenho animal (VILELA *et al.*, 2004).

### 2.3. *Uso de resíduos como fertilizante*

Já é muito difundido o uso de alguns resíduos como fertilizante, a conhecida adubação orgânica está em crescente uso, justamente pelo apelo ideológico que os produtos orgânicos estão atingindo no mercado. Os fertilizantes orgânicos possuem características de conter os nutrientes de plantas em pequenas concentrações e em proporções desbalanceadas, porém apresentam uma composição muito variada em nutrientes, contendo macros e micronutrientes, também, muitas vezes, proporcionam melhorias nas propriedades físicas, biológicas e químicas do solo (RAIJ *et al.*, 1997).

Muito se tem estudado sobre resíduos sólidos, tais como esterco bovino e suíno, torta de filtro, torta de mamona, lodo de esgoto, etc. Galvão, Salcedo e Oliveira (2008) observaram que o uso de esterco bovino apresentou melhoria nas condições químicas do solo, com aumento do pH e dos teores de alguns nutrientes.

Resultados de incremento na produtividade de matéria seca e incremento de alguns nutrientes foram relatados utilizando-se esterco de suínos (DURIGON *et al.*, 2002). Araújo, Gil e Tiritan (2009) encontraram incremento na produtividade de matéria seca de capim *Urochloa decumbens* adubada com doses crescentes de lodo de esgoto, com resultados similares à adubação nitrogenada com fertilizante mineral, incorporando 40 kg ha<sup>-1</sup> de N via ureia, isso mostra a importância de se utilizar resíduos orgânicos na adubação.

O uso de resíduos líquidos menos usual que os sólidos, vem sendo muito usado para vinhaça pelas indústrias sucroenergéticas, porém é limitado pela distância entre o ponto de produção e o ponto de aplicação (CRUZ, 2011). Uma forma de melhorar a condição logística do aproveitamento da vinhaça é a concentração da vinhaça, e o enriquecimento, assim sendo seria transportado uma maior quantidade de nutrientes por m<sup>3</sup> de vinhaça (DALRI *et al.*, 2014). Outro resíduo líquido que se tem estudado é o resíduo líquido de suíno, que vem apresentando resultados positivos em pastagens (SCHEFFER-BASSO; SCHERER; ELLWANGER, 2008).

Binnie e Frost (1995) apresentaram resultados da utilização de efluente de silagem de Azevém, onde foi utilizado para adubação de pastagens de Azevém. Foi encontrado efeitos positivos, para incremento de MS em aplicações até 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em até um dia após o corte. O efluente de silagem também é apresentado como potencial fertilizante por Purves e McDonald (1963), em que apresenta a composição de diversos efluentes, com destaque como nutriente em maior concentração sempre o potássio.

#### 2.4. Efluente de silagem e o problema ambiental

A composição química do efluente depende da composição nutricional da planta, mudanças resultantes da fermentação da silagem e por alterações ocorridas após o extravasamento do conteúdo celular e contato com o oxigênio. Uma proporção razoável do conteúdo de carboidratos solúveis do material inicialmente ensilado aparece no efluente, e maiores concentrações estão presentes no efluente produzido nos estágios iniciais ao fechamento do silo. Assim, o efluente de silagem contém grande quantidade de compostos orgânicos como: açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e outros componentes provenientes do material ensilado (MCDONALD *et al.*, 1991).

O efluente de silagem tem sido apresentado como um problema ambiental, por conter elementos químicos ele se apresenta como um potencial poluente de corpos d'água, sendo relatada uma DBO de 90.000 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> para o efluente de silagem, enquanto o esgoto doméstico apresentou DBO de 500 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> (WOOLFORD, 1978). Outros valores de DBO são apresentados na literatura, todos muito superior ao do esgoto doméstico. Loures (2000) apresenta um DBO para o efluente de silagem de *Pennisetum purpureum* cv. Napier de 14.597 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. Muitos fatores podem interferir na variação de DBO do efluente, como sua composição, que depende do material que foi ensilado.

Em uma revisão de literatura, Gebrehanna *et al.* (2014) abordaram o tema “*Silage effluent management*” e citaram dentre várias possibilidades de destinação do efluente de silagens, a possibilidade de uso na agricultura por meio a fertirrigação.

Embora o Brasil possua uma legislação que dispõe sobre o lançamento de resíduos líquidos (BRASIL, 2011), não há nada específico no que diz respeito ao efluente de silagem, o que torna difícil o controle da produção e lançamento de efluente de silagem ao solo.

Na Inglaterra uma alta incidência de poluição de água na agricultura é associada ao efluente de silagem (HAIGT, 1994). Isto faz o país adotar medidas para coibir a incidência de poluição de água pelo efluente de silagem, existe uma norma que orienta sobre a confecção do silo, em que o mesmo deve ser impermeabilizado, e possua estrutura que permita o escoamento do efluente e um tanque para captar o efluente da silagem, sendo definido inclusive a capacidade que o tanque deve suporta, para construções e adequações de estruturas de silos é necessário um licenciamento ambiental (DEFRA, 2009), podendo ser multado em até cinco mil libras caso desobedeça a legislação.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

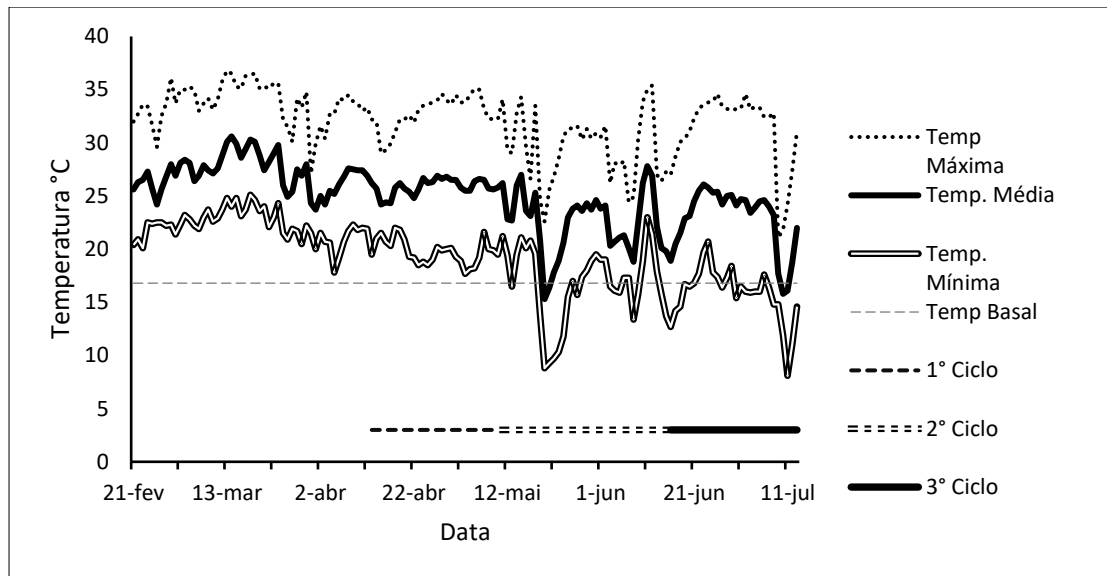
#### 3.1. Descrição do local experimental

A experimento foi realizado em casa de vegetação na UNESP/Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, localizada na latitude 20° 25' 5,3"S, longitude 51° 20' 30,6"W e 347m de altitude, de clima tropical com estação seca, Aw (Köppen-Geiger).

O cultivo foi realizado em vasos preenchidos com 10 dm<sup>3</sup> de solo NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico (SANTOS *et al.*, 2018), coletado na profundidade de 0 a 0,20 m, de maneira uniforme. Antes dos vasos serem preenchidos, foi retirada uma amostra composta para análises químicas para fins de avaliação da fertilidade do solo, conforme descritas em Raij *et al.* (2001). O solo apresentou teores de Fósforo: 2 mg dm<sup>-3</sup>, Potássio: 1,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Magnésio: 2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Cálcio: 4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Hidrogênio + Alumínio: 18 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Alumínio: 2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Matéria Orgânica: 13 g dm<sup>-3</sup>, pH (CaCl<sub>2</sub>): 4,5; Soma de Bases: 7,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Enxofre: 5 mg dm<sup>-3</sup>, Boro: 0,08 mg dm<sup>-3</sup>, Cobre: 0,8 mg dm<sup>-3</sup>, Ferro: 31 mg dm<sup>-3</sup>, Manganês: 7,9 mg dm<sup>-3</sup> e Zinco: 1 mg dm<sup>-3</sup>, CTC: 25,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, V: 29 %.

A necessidade de calagem para que o solo atingisse uma saturação por bases de 60% (RAIJ *et al.*, 1997), foi calculada aplicando-se a quantidade de 4,9 g de calcário dolomítico (80% de PRNT) por vaso, incorporado ao solo momentos antes do enchimento dos vasos. Após o enchimento dos vasos, o solo foi irrigado semanalmente durante 131 dias para incubação e elevação do pH e V%. Os dados de temperaturas do ar registrados durante todo período experimental são apresentados no Figura 1.

Figura 1- Variação da temperatura do ar durante o período experimental em 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados da Área de Irrigação e Hidráulica da UNESP de Ilha Solteira (clima.feis.unesp.br). Temperatura basal segundo Lara (2007).

### 3.2. Delineamento experimentais

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos correspondem as doses de efluente de 0, 2, 4, 6, 8, 10 mL dm<sup>-3</sup> de solo em cada ciclo mais um tratamento controle com fertilizantes minerais nas quantidades de 100, 60 e 50 mg dm<sup>-3</sup> de solo de NPK respectivamente em cada ciclo, conforme indicado por Heinrichs *et al.* (2016), utilizando ureia, superfosfato simples e fosfato de potássio monobásico (PA), totalizando 7 tratamentos e 28 unidades experimentais. Os tratamentos foram aplicados sobre o solo imediatamente (i) após o corte de uniformização, (ii) primeiro e (iii) segundo cortes, totalizando três períodos de rebrotações consecutivos com períodos de 28, 35 e 28 dias, respectivamente.

### 3.3. Estabelecimento da espécie forrageira

A semeadura do capim Marandu ocorreu em 21/02/2018, semeando-se 20 sementes por vasos. Foi realizado no momento da semeadura uma adubação de estabelecimento para proporcionar às plantas condições de crescimento até o corte de uniformização utilizados 10, 10 e 12,5 mg dm<sup>-3</sup> de NPK, via ureia, superfosfato simples e fosfato de potássio monobásico (PA). Quando as plantas dos respectivos vasos atingiram média de três folhas expandidas, foram realizados desbastes, deixando-se apenas quatro plantas por unidade experimental.

### 3.4. Coleta e uso do efluente

Para produção de efluente foram confeccionados silos experimentais em baldes de plástico com capacidades para 12 L. A coleta e picagem do capim Mombaça ocorreu em 05/12/2017, quando o mesmo apresentou 130 cm de altura (TOMAZ *et al.*, 2018), com o auxílio de uma ensiladora de área total para capins (plataforma JF 1300) acoplada a um trator MF 285 4x2, deixando um resíduo pós-colheita de 20 cm, e regulado para um tamanho médio de partículas de aproximadamente 2 cm. Durante a ensilagem não foram utilizados aditivos absorventes, pois o intuito nesta etapa era a produção significativa de efluente.

Os silos experimentais utilizados nas três aplicações foram abertos 129, 157 e 192 dias após a ensilagem, respectivamente, sendo neste instante coletado o efluente por meio da prensagem da silagem, com o auxílio de uma prensa hidráulica manual, aplicando-se força suficiente para iniciar o escoamento do efluente. O procedimento foi repedido até que a quantidade necessária de efluente fosse recolhida simulando o que ocorreria em um silo. O efluente coletado foi imediatamente distribuído nos respectivos tratamentos, assim como o tratamento com NPK, após cada corte, simulando uma adubação de manutenção logo após a desfolha da pastagem.

Uma amostra do efluente utilizado em cada aplicação foi coletada e congelada em recipiente de vidro âmbar e na amostra composta foi determinado os teores de macros e micronutrientes (U.S. EPA, 2014) que corresponderam a , 2500 mg L<sup>-1</sup> de Nitrogênio, 889 mg L<sup>-1</sup> de Fósforo, 5161 mg L<sup>-1</sup> de Potássio, 333 mg L<sup>-1</sup> de Cálcio, 1500 mg L<sup>-1</sup> de Magnésio, 284 mg L<sup>-1</sup> de Enxofre, 256 mg L<sup>-1</sup> de Ferro, 18,7 mg L<sup>-1</sup> de Manganês, e 10,9 mg L<sup>-1</sup> de Chumbo. Os elementos Cobre, Alumínio, Arsênio, Cádmio, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Selênio e Zinco encontram-se em concentrações inferiores ao limite de detecção do equipamento ICP-AES.

As concentrações de Potássio e Fósforo do efluente foram próximas aquelas observada para vinhaça, em que Prada *et al.* (1998) quantificaram os teores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O variando entre 10 – 290 mg L<sup>-1</sup> e 1200 – 7830 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, dependendo do material utilizado na fermentação. Convertendo os teores de fósforo e potássio do efluente para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O obteve-se 388 e 4300 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Silva *et al.*, (2012) utilizaram em seu trabalho vinhaça com um teor de potássio de 2934 mg L<sup>-1</sup>, valores estes inferiores ao encontrado no efluente de silagem aqui utilizado.

### **3.5. Irrigação das unidades experimentais**

Os vasos foram irrigados para manter a umidade próxima de 75% da capacidade de campo (ARAÚJO *et al.*, 2011). Um vaso de cada tratamento (n= 7) foi pesado diariamente para quantificação da necessidade da água de irrigação a ser utilizada em cada vaso do respectivo tratamento. Durante todo o período experimental, foram realizadas pesagens individuais de todos os vasos (n= 28) a cada sete dias, sendo adicionada água a estes em quantidade suficiente para que o solo retornasse à umidade em 75% da capacidade de campo, a fim de corrigir eventuais erros experimentais.

### **3.6. Avaliações**

Quarenta e nove dias após a emergência foi realizado um corte de uniformização em todas as plantas numa altura de 10 cm com o objetivo de estimular o perfilhamento e iniciar os períodos de rebrotações. Após o corte de uniformização foram realizadas avaliações ao final de três períodos de rebrotações consecutivos, com duração de 28, 35 e 28 dias, respectivamente. O segundo período teve uma quantidade de dias maior devido ao lento crescimento do capim, no período de baixas temperaturas, em que não atingiria quantidade necessária de material para realização de todas análises laboratoriais previstas, dessa forma optou-se por prolongar o ciclo para obter uma altura similar ao do primeiro ciclo no tratamento controle. As avaliações realizadas foram (i) contagem do número de perfilhos vivos por planta; (ii) registro da altura média das plantas por meio de medições das distâncias entre a superfície do solo e a curvatura da última folha recentemente expandida, de quatro folhas por vaso; (iii) estimativa da produtividade média de matéria seca (MS) por planta, coletando-se a parte aérea da forrageira de cada vaso com o auxílio de uma tesoura, com 0,10 m de altura de corte em relação ao solo; (iv) análises químicas e bromatológica. Após a coleta o material foi pesado ainda verde e destinado para a determinação da MS em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas. O material seco foi pesado e moído a 1 mm para análise e determinações dos teores de proteína bruta (PB), fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) e lignina conforme Silva e Queiroz (2009) e (v) composição nutricional das plantas. O material seco e moído foi submetido a digestão nitroperclórica e feito a leitura em espectrofotômetro para enxofre e fósforo, e em absorção atômica para cálcio, magnésio, potássio, cobre, ferro, manganês e zinco (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997)

### 3.7. *Análises estatísticas*

Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de regressão ( $P \leq 0,05$ ) para as doses de efluente por meio do programa SISVAR. As comparações do tratamento mineral com as doses de efluente foram realizadas através do teste de Dunnett (1955) a 5% de probabilidade. Para o teste das médias dos cortes foi aplicado teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As análises dos resultados foram realizadas em duas etapas, onde a primeira se testou os efeitos de todos os tratamentos, considerando as doses de efluente e o tratamento mineral, também se testou nessa etapa o efeito da repetição no tempo (cortes) e o efeito dos tratamentos ao longo dos cortes. Na segunda etapa foram testadas apenas as doses de efluente, excluindo-se o tratamento mineral, gerando então a regressão das doses, e o efeito das doses ao longo dos cortes.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas de análise de variância das duas etapas foram agrupadas em duas tabelas, sendo as características agronômicas e bromatológicas apresentadas na Tabela 1, e os teores nutricionais na Tabela 2.

Tabela 1- Quadrado médio e níveis de significância da produção de matéria seca (PMS), proteína bruta (PB), fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG), altura média de plantas (ALT) e perfilhamento (PER).

| FV                | G.L. | PMS               | PB                | FDN               | FDA               | CEL               | LIG               | ALT               | PER               |
|-------------------|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| TRAT              | 6    | 9,8               | 77,5              | 93,6              | 23,3              | 28,4              | 1,1               | 546,7             | 53,3              |
| CORTE             | 2    | 0,3               | 2,1               | 2,1               | 11,2              | 32,5              | 3,9               | 220,7             | 84,7              |
| TRAT * CORTE      | 12   | 0,8               | 0,9               | 12,9              | 4,8               | 2,7               | 0,7               | 8,4               | 8,9               |
| Erro Trat         | 50   | 0,1               | 0,9               | 12,7              | 4,3               | 2,9               | 0,5               | 14,5              | 3,1               |
| DOSES             | 5    | 1,6               | 5,5               | 37,1              | 25,8              | 31,4              | 1,1               | 200,2             | 14,4              |
| CORTE             | 2    | 0,2               | 2,2               | 6,2               | 16,4              | 40,2              | 3,4               | 178,8             | 41,3              |
| DOSES*CORTE       | 10   | 0,03              | 0,7               | 10,2              | 4,4               | 1,7               | 0,8               | 8,6               | 5,4               |
| Erro doses        | 41   | 0,06              | 0,7               | 13,1              | 4,1               | 2,8               | 0,5               | 15,1              | 3,6               |
| F trat            |      | 92,3**            | 85,3**            | 7,3**             | 5,4**             | 9,7**             | 2,3*              | 37,4**            | 17,3**            |
| F corte           |      | 3,1 <sup>ns</sup> | 2,4 <sup>ns</sup> | 0,3 <sup>ns</sup> | 2,5 <sup>ns</sup> | 5,8*              | 9,4**             | 5,0*              | 12,1**            |
| F trat*corte      |      | 7,8**             | 1,0 <sup>ns</sup> | 1,0 <sup>ns</sup> | 1,1 <sup>ns</sup> | 0,9 <sup>ns</sup> | 1,3 <sup>ns</sup> | 0,6 <sup>ns</sup> | 2,9**             |
| F doses           |      | 25,6**            | 8,1**             | 2,8*              | 6,3**             | 11,0**            | 2,2 <sup>ns</sup> | 13,2**            | 4,0**             |
| F corte           |      | 1,9 <sup>ns</sup> | 5,5*              | 0,7 <sup>ns</sup> | 3,6 <sup>ns</sup> | 7,6*              | 6,6*              | 4,5*              | 5,9*              |
| F doses*corte     |      | 0,5 <sup>ns</sup> | 1,0 <sup>ns</sup> | 0,8 <sup>ns</sup> | 1,1 <sup>ns</sup> | 0,6 <sup>ns</sup> | 1,4 <sup>ns</sup> | 0,6 <sup>ns</sup> | 1,5 <sup>ns</sup> |
| Erro Padrão Trat  |      | 0,06              | 0,18              | 0,52              | 0,41              | 0,46              | 0,21              | 1,29              | 0,52              |
| Erro Padrão Doses |      | 0,07              | 0,13              | 0,62              | 0,60              | 0,48              | 0,16              | 1,32              | 0,56              |

Nota: \* significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo; TRAT= Tratamentos

Fonte: próprio autor.

Tabela 2- Quadrado médio e níveis de significância dos acúmulos de: fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).

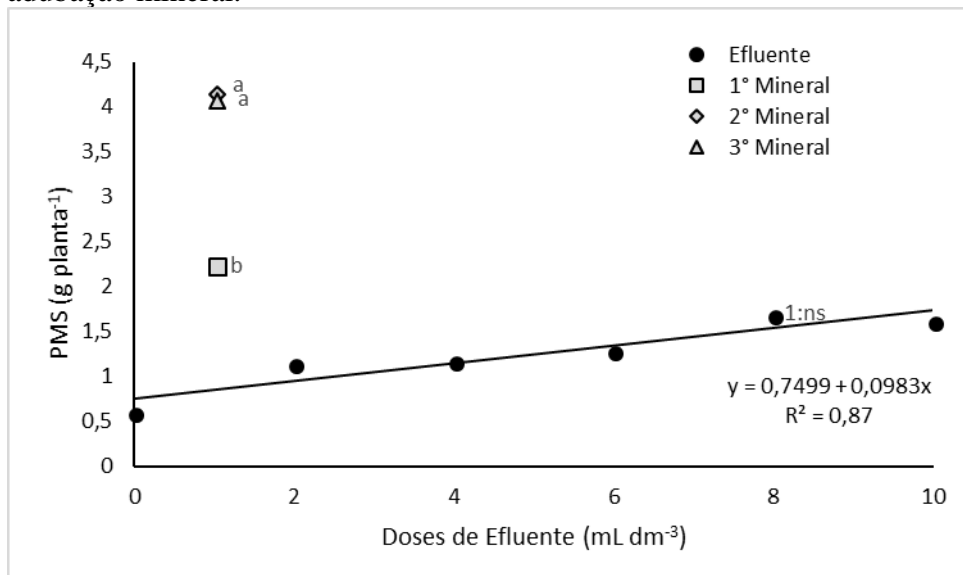
| FV                | G.L. | P                 | K                 | Ca                | Mg                | S                 | Cu                | Fe                | Mn                | Zn                |
|-------------------|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| TRAT              | 6    | 489,2             | 3255,3            | 494,4             | 228,0             | 248,6             | 0,03              | 0,09              | 1,49              | 0,04              |
| CORTE             | 2    | 87,0              | 27,1              | 58,0              | 14,6              | 33,8              | 0,01              | 0,27              | 0,06              | 0,00              |
| TRAT * CORTE      | 12   | 40,7              | 214,4             | 58,9              | 22,8              | 11,1              | 0,02              | 0,02              | 0,22              | 0,00              |
| Erro Trat         | 50   | 4,0               | 60,2              | 3,3               | 2,8               | 26,7              | 0,02              | 0,01              | 0,02              | 0,00              |
| DOSES             | 5    | 15,2              | 1346,4            | 19,1              | 14,8              | 8,9               | 0,00              | 0,00              | 0,03              | 0,01              |
| CORTE             | 2    | 6,6               | 67,7              | 1,2               | 10,1              | 23,0              | 0,00              | 0,28              | 0,07              | 0,01              |
| DOSES*CORTE       | 10   | 1,5               | 42,6              | 0,6               | 1,3               | 8,6               | 0,00              | 0,01              | 0,00              | 0,00              |
| Erro doses        | 41   | 1,1               | 42,2              | 2,2               | 1,9               | 10,6              | 0,00              | 0,02              | 0,01              | 0,00              |
| F trat            |      | 123,4**           | 54,1**            | 151,1**           | 80,9**            | 9,3**             | 2,1ns             | 6,0**             | 75,9**            | 20,3**            |
| F corte           |      | 22,8**            | 0,2 <sup>ns</sup> | 7,6*              | 6,6*              | 0,8 <sup>ns</sup> | 0,9 <sup>ns</sup> | 16,4**            | 4,1 <sup>ns</sup> | 2,8 <sup>ns</sup> |
| F trat*corte      |      | 10,3**            | 3,6**             | 18,0**            | 8,1**             | 0,4 <sup>ns</sup> | 1,0 <sup>ns</sup> | 1,2 <sup>ns</sup> | 11,3**            | 1,9 <sup>ns</sup> |
| F doses           |      | 13,5**            | 31,9**            | 8,8**             | 7,9**             | 0,8 <sup>ns</sup> | 8,4**             | 0,2 <sup>ns</sup> | 4,0**             | 6,9**             |
| F corte           |      | 3,4 <sup>ns</sup> | 0,4 <sup>ns</sup> | 0,3 <sup>ns</sup> | 4,8*              | 2,7 <sup>ns</sup> | 3,3 <sup>ns</sup> | 12,8**            | 13,5**            | 6,2*              |
| F doses*corte     |      | 1,3 <sup>ns</sup> | 1,0 <sup>ns</sup> | 0,3 <sup>ns</sup> | 0,7 <sup>ns</sup> | 0,8 <sup>ns</sup> | 0,3 <sup>ns</sup> | 0,9 <sup>ns</sup> | 0,3 <sup>ns</sup> | 0,5 <sup>ns</sup> |
| Erro Padrão Trat  |      | 0,38              | 2,30              | 0,54              | 0,29              | 1,24              | 0,02              | 0,02              | 0,02              | 0,01              |
| Erro Padrão Doses |      | 0,29              | 2,66              | 0,40              | 0,30              | 0,61              | 0,00              | 0,03              | 0,02              | 0,01              |

Fonte: próprio autor; \* significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo; TRAT= Tratamentos.

#### 4.1. Produtividade de matéria seca

A produtividade de matéria seca (PMS) variou significativamente com os tratamentos ( $P \leq 0,05$ ), as doses apresentaram efeito positivo ( $P \leq 0,05$ ) com o aumento das doses de efluente (Figura 2), no entanto não houve diferença ( $P > 0,05$ ) no resultado das doses entre cortes. As médias dos cortes foram semelhantes para os três períodos ( $P \leq 0,05$ ) com média de  $1,60 \text{ g planta}^{-1}$ , na comparação entre os cortes para o tratamento mineral, observa-se que não houve diferença entre o segundo e terceiro corte, que por sua vez tiveram a PMS superior ao primeiro corte.

Figura 2: Produtividade de massa seca (PMS) em função das doses de efluente e adubação mineral.



Nota: Onde: 1°, 2° e 3° Mineral= média do tratamento mineral no primeiro, segundo e terceiro corte; 1:ns= média da dose não difere significativamente da média do tratamento mineral do primeiro corte segundo teste Dunnet ( $P > 0,05$ ); Médias do tratamento mineral que apresentam letras diferentes apresenta diferença ao longo dos cortes pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: do autor.

Mesmo com aumento de 111% na PMS, as doses de efluente não apresentam resultados equiparados com fertilizante mineral ( $P \leq 0,05$ ) cuja média da maior dose de efluente foi 45% da média do tratamento mineral (Figura 2). Alguns fatores podem ter contribuído como a quantidade de nitrogênio fornecida pelo efluente que foi apenas 25% da quantidade fornecida pela adubação mineral por corte. Outro fator que deve ser considerado é a forma com que o nitrogênio se encontra em ambos os tratamentos, visto que no adubo mineral (ureia) o nitrogênio encontrava-se prontamente disponível na forma de amônio, já no efluente o nitrogênio compunha proteínas, aminoácidos e outros compostos, demandando de mais tempo para a mineralização da matéria orgânica e liberação deste nutriente às plantas (MONTEIRO *et*



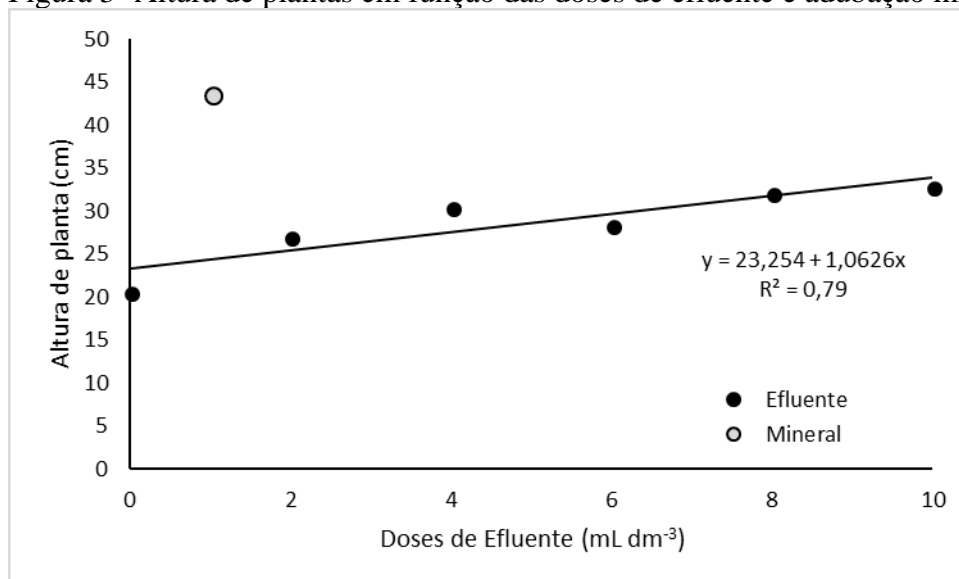
*al.*, 2002). Plantas com disponibilidade de nitrogênio e fósforo apresentam maior produtividade quando comparadas às plantas com pouca disponibilidade (BELARMINO *et al.*, 2003).

Binnie e Frost (1995) constataram uma maior PMS com adubação de 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de efluente de silagem de Azevém, em dose única, aplicados um dia após o corte que é equivalente a 12,5 mL dm<sup>-3</sup>, sendo encontrado efeito negativo em doses superiores a 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, o que pode ser explicado por um possível desequilíbrio nutricional causado pelo excesso de potássio. Por sua vez os resultados obtidos no presente estudo demonstraram crescimento linear até a dose de 10 mL dm<sup>-3</sup>,

#### 4.2. *Altura média de Plantas*

A altura das plantas variou positivamente ( $P \leq 0,05$ ) com o aumento das doses de efluente, sendo que o tratamento mineral apresentou resultado superior ( $P \leq 0,05$ ) a todas as doses (Figura 3). Não foi observado interação dos tratamentos e cortes ( $P > 0,05$ ), apresentando apenas diferença significativa nas médias dos cortes ( $P \leq 0,05$ ) (Tabela 3).

Figura 3- Altura de plantas em função das doses de efluente e adubação mineral.



Fonte: Efluente e mineral são apresentados a média dos 3 cortes.

Fonte: do autor.

Tabela 3- Média da altura de plantas por ciclo de rebrotação.

| Rebrotação | Média de altura (cm) |
|------------|----------------------|
| 1° Corte   | 34,37a               |
| 2° Corte   | 30,22ab              |
| 3° Corte   | 28,85b               |

Nota: médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ( $P \leq 0,05$ )

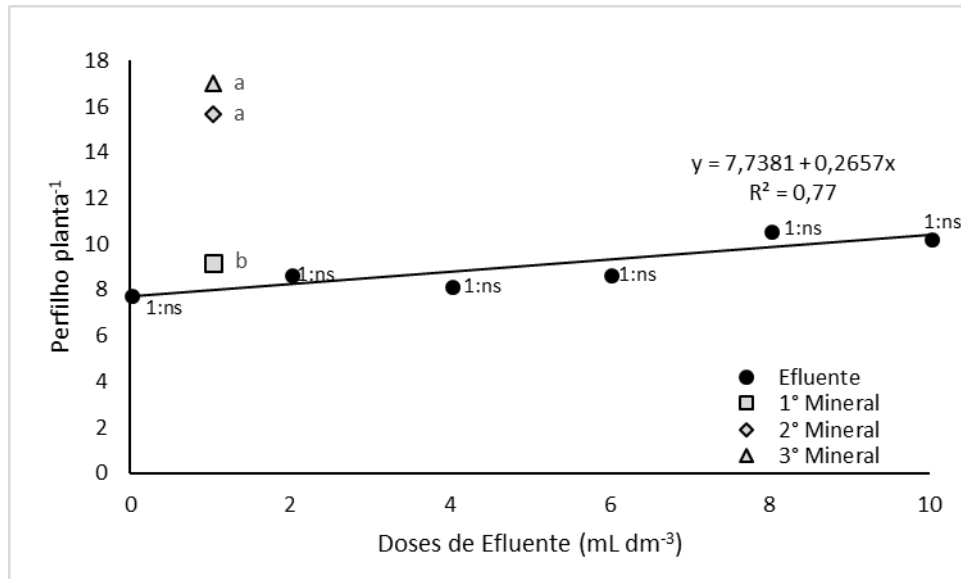
Fonte: do autor.

A altura de planta está relacionada com a PMS, e quanto maior a altura se espera uma maior produtividade. O fato de haver diferença entre as médias das alturas para os cortes avaliados se justifica pela ocorrência na oscilação das temperaturas médias do ar, que reduziu durante o segundo e terceiro ciclo, alcançando temperaturas inferiores a temperatura basal do capim Marandu de 16,3 °C (LARA, 2007). No segundo corte, foi postergado em uma semana o período de crescimento do capim para que a altura do tratamento mineral fosse equivalente, ou próxima do primeiro corte, já no terceiro corte não se postergou o corte, sendo realizado com 28 dias conforme planejado.

#### 4.3. Perfilhamento

Assim como a PMS e altura de plantas, o perfilhamento apresentou resultados positivos com o aumento das doses de efluente ( $P \leq 0,05$ ), não tendo apresentado diferença das doses ao longo dos cortes. Para a análise dos tratamentos, observou-se diferença significativa dos tratamentos ao longo dos cortes ( $P \leq 0,05$ ), o que significa que o tratamento mineral apresentou diferença significativa ao longo dos três cortes (Figura 4). Também, houve diferença ( $P \leq 0,05$ ) entre as médias de perfilhamento ao longo dos cortes (Tabela 4).

Figura 4- Número de perfilhos por plantas em função das doses de efluente e o tratamento mineral.



Nota: Onde: 1º, 2º e 3º Mineral= média do tratamento mineral no primeiro, segundo e terceiro corte; 1:ns= média da dose não difere significativamente da média do tratamento mineral do primeiro corte segundo teste Dunnet ( $P > 0,05$ ); Médias do tratamento mineral que apresentam letras diferentes apresenta diferença ao longo dos cortes pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: do autor.

Tabela 4- Número de perfilhos por ciclo de rebrotação.

| Rebrotação | Média de número de perfilho |
|------------|-----------------------------|
| 1º Corte   | 7,87b                       |
| 2º Corte   | 10,51a                      |
| 3º Corte   | 11,27a                      |

Nota: médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Fonte: do autor.

As doses de efluente não apresentaram diferença para a adubação no primeiro corte segundo o teste Dunnett (Figura 4), isso porque o perfilhamento inicial é menor, baseado apenas nos perfilhos basilares, com o passar do tempo e os sucessivos cortes a tendência é que a planta tendo disponibilidade de água, luz e nutriente possa expandir o perfilhamento (DIFANTE *et al.*, 2008).

Os mesmos fatores explicam porque as médias de perfilhos foram maiores no segundo e terceiro corte em relação ao primeiro (Tabela 4). O número de perfilhos no tratamento mineral apresentou grande diferença do primeiro para os demais cortes, acompanhando o efeito das médias, enquanto as doses de efluente não apresentaram diferenças ( $P > 0,05$ ), isso pode estar relacionado com a quantidade de nutrientes como nitrogênio e fósforo não estarem em quantidades suficientes quando comparados com a adubação mineral.

#### 4.4. Fibras

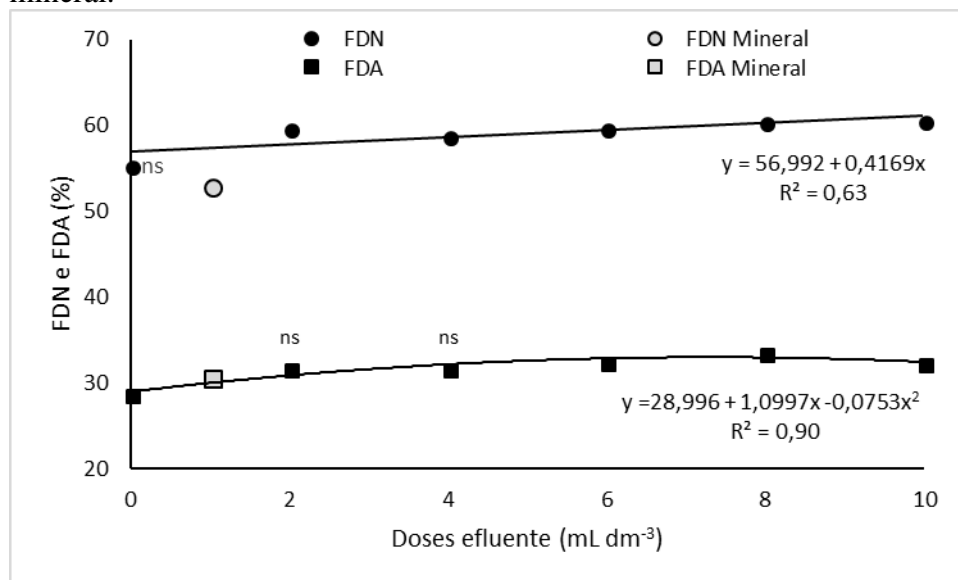
Os teores de FDN e FDA apresentaram resultados significativos ( $P \leq 0,05$ ) ao aumento das doses de efluente, onde FDN apresentou ajuste linear e a FDA apresentou ajuste quadrático, onde o maior valor foi obtido segundo a regressão na dose de  $7,3 \text{ mL dm}^{-1}$  (Figura 5).

Não foi encontrado efeito na interação doses e cortes, e nem tratamentos e cortes, o que significa que não houve variação das médias dos tratamentos entre um corte e outro. Não houve diferença entre as médias nos diferentes cortes, apresentando média de 58,3% para FDN, e 31,7% para FDA (Figura 5).

Os valores apresentados para fibras, mesmo com diferenças entre os tratamentos estão dentro de um patamar considerado normal para a cultivar, o que define que as doses de efluente não prejudicam a quantidade de fibras presente nas plantas.

Teores de FDN superiores a 60% apresentam efeitos negativos sobre consumo animal (VAN SOEST, 1994). Teores próximos a 60% de FDN foram relatados por Costa *et al.* (2005) na mesma estação do ano que foi realizado este experimento. Os teores de FDN em gramíneas costumam ser altos, superiores a 60%, e aumentam com a idade da rebrota, teores superiores a 65% foram relatados por Lopes *et al.* (2017) em capim *Urochloa decumbens*.

Figura 5- Média dos teores de FDN e FDA em função das doses de efluente e tratamento mineral.



Nota: FDN mineral= média do FDN para tratamento mineral; FDA Mineral= média do FDA para tratamento mineral; 1:ns= média da dose não difere significativamente da média do tratamento mineral do primeiro corte segundo teste Dunnet ( $P > 0,05$ );

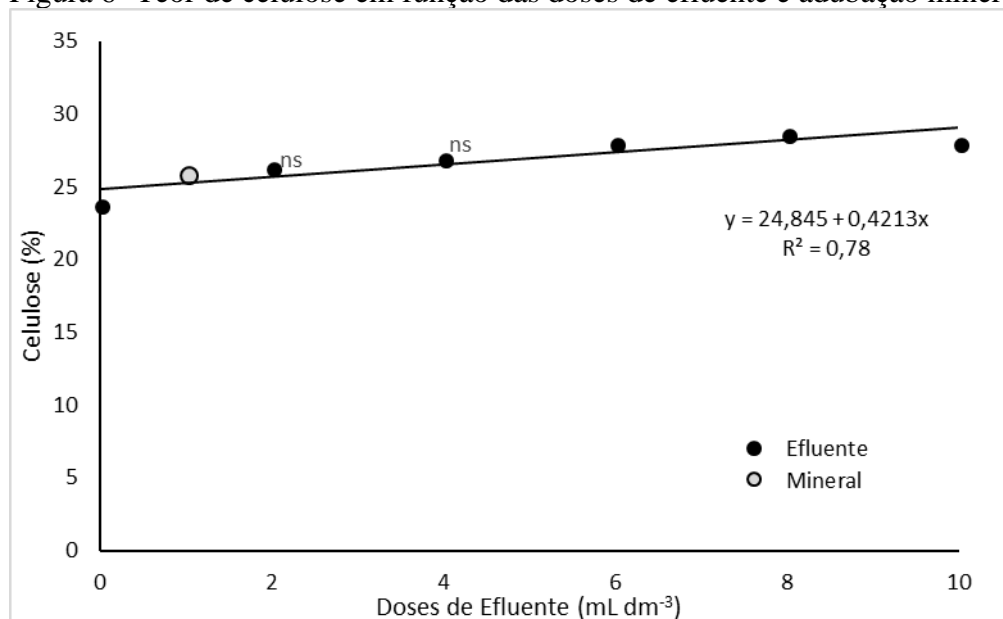
Fonte: do autor.

Os valores de FDA também apresentaram dentro do que é encontrado em outros trabalhos para capim. Geron *et al.* (2014), analisando características bromatológicas de alguns

capins cultivados no estado do Mato Grosso, em período de seca, constatarem teores de FDA para capim Marandu acima de 50%. Embora a FDN seja mais utilizada na avaliação das fibras de um capim, a FDA tem sua importância no estudo da qualidade das fibras, visto que uma análise isolada não é interessante para estimar a disponibilidade ou consumo potencial dos alimentos (MACEDO JÚNIOR *et al.*, 2007). Por outro lado, Valadares Filho *et al.* (2015) apresentaram média de 33% de FDA para capim Marandu com idade de rebrotação de 30 dias, valores próximos dos encontrados neste experimento.

Assim como para o FDN, a celulose apresentou efeito linear para as doses ( $P \leq 0,05$ ) (Figura 6), apresentando diferença nas médias dos cortes ( $P \leq 0,05$ ) (Tabela 5) e tratamentos ( $P \leq 0,05$ ). Não houve interação entre tratamento e corte e nem para doses e corte ( $P > 0,05$ ). Observa-se um incremento no teor de celulose com o aumento das doses, as doses 2 e 3 mL  $\text{dm}^{-3}$  não apresentaram diferença significativa do tratamento mineral segundo teste Dunnett, as demais apresentaram diferença, sendo a dose zero um valor inferior ao mineral, e as demais um valor superior como é apresentado na figura 6.

Figura 6- Teor de celulose em função das doses de efluente e adubação mineral.



Nota: Mineral= média do tratamento mineral; :ns= média da dose não difere significativamente ( $p < 0,05$ ) da média do tratamento mineral, segundo teste Dunnett;

Fonte: do autor.

Apesar do resultado ter sido influenciado pelas doses de efluente, os valores apresentados estão em conformidade ao que é apresentado por Valadares Filho *et al.* (2015) para capim Marandu com 30 dias de rebrota, que é de 28,8%.

O teor de lignina não apresentou efeito dos tratamentos e nem houve interação entre

tratamento e cortes, obtendo uma média de 3,85% próximo dos 3,74% apresentado por Valadares Filho *et al.* (2015) para capim Marandu nessas condições. Houve efeito dos cortes no teor de celulose e lignina como apresentado na tabela 5.

Tabela 5- Médias de Celulose e Lignina por ciclo de rebrotação.

| Rebrotação | Celulose (%) | Lignina (%) |
|------------|--------------|-------------|
| 1° Corte   | 27,82a       | 3,47b       |
| 2° Corte   | 27,25ab      | 3,82ab      |
| 3° Corte   | 25,67b       | 4,25a       |

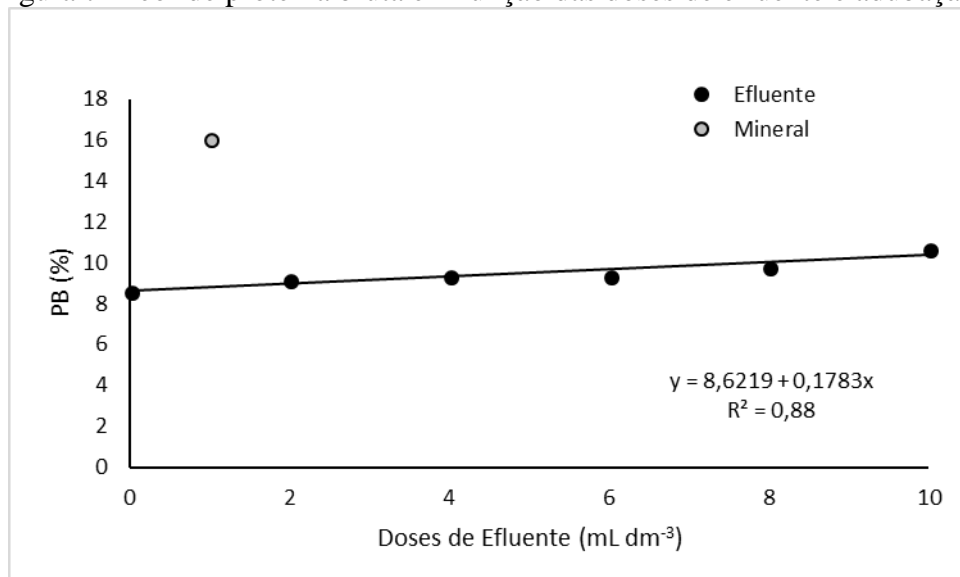
Nota: médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Fonte: do autor.

#### 4.5. Proteína Bruta

Os teores de proteína bruta (PB) foram influenciados pelos tratamentos ( $P \leq 0,05$ ) mas semelhantes entre os cortes ( $P > 0,05$ ) apresentando média de 10,5% (Figura 7). Observou-se um maior acúmulo de PB com o aumento das doses de efluente com aumento de 25% comparando a maior dose com a testemunha (Figura 7).

Figura 7- Teor de proteína bruta em função das doses de efluente e adubação mineral.



Nota: Mineral= média do tratamento mineral;

Fonte: do autor.

A média do tratamento mineral foi superior a todas as doses de efluente, um dos fatores para esse efeito, como apresentado para PMS, é o fato da quantidade de nitrogênio aplicada na adubação mineral ter sido maior que a aplicada nas doses de efluente, uma vez que foram  $100 \text{ mg dm}^{-3}$  aplicados por corte no tratamento mineral contra  $25 \text{ mg dm}^{-3}$  aplicados na maior dose de efluente.

Outro fator é a forma de apresentação do nitrogênio nas fontes, a ureia apresenta o nitrogênio prontamente disponível na forma de amônio, enquanto no efluente ele é encontrado na forma de compostos como proteínas, aminoácidos, clorofila entre outros, sendo assim demanda tempo para mineralização.

O aumento do teor de PB com adubação nitrogenada foi relatado por diversos autores. Cecato *et al.* (2004), avaliando adubação nitrogenada e fosfatada em capim Marandu, relataram incremento de PB com o aumento de N até a dose de  $600 \text{ kg ha}^{-1}$ , enquanto Magalhães *et al.* (2009) encontraram maiores teores de PB em capim Napier nas doses entre  $300$  e  $450 \text{ kg ha}^{-1}$ . Isso mostra que a adubação de gramíneas forrageiras com nitrogênio apresenta efeito positivo no incremento de PB na parte aérea das plantas até que seja alcançado o ponto máximo de incremento. Binnie e Frost (1995) observaram aumento linear no teor de nitrogênio com o aumento das doses de efluente de silagem aplicadas um dia após o corte de Azevém, entretanto, quando se postergou a aplicação o efeito se apresentou quadrático, diminuindo o acúmulo de nitrogênio em doses superiores a  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

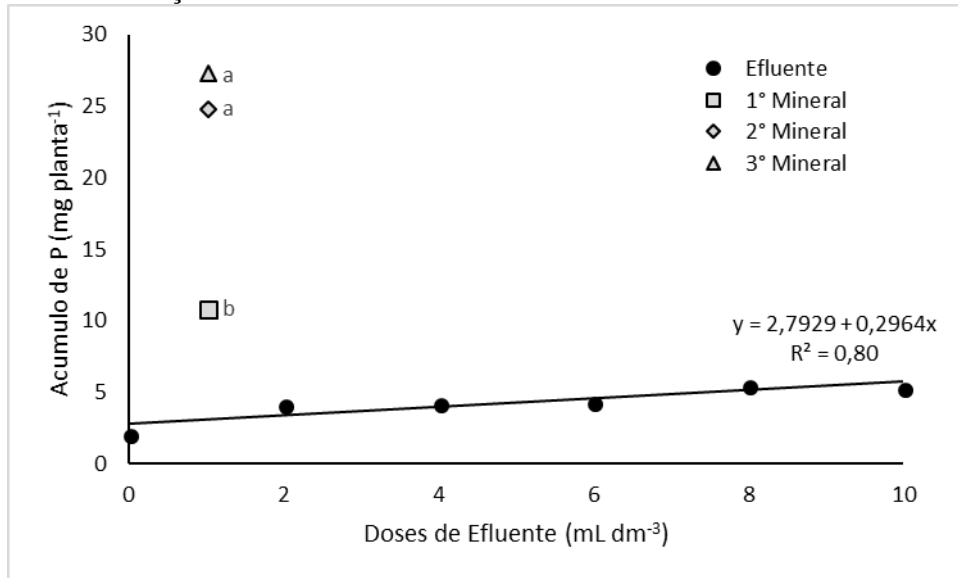
O teor de PB nos capins se modifica com a idade da planta, sendo maior em capins mais novos e menor em capins com idade avançada, que pode também se diferenciar nas estações do ano. Valadares Filho *et al.* (2015) apresentaram um compilado de valores nutricionais de diversos alimentos, entre eles o capim Marandu e demonstraram um teor médio de 7,24% de PB, considerando todas as idades, quando se avalia por idade, capins de 0 a 30 dias contém algo em torno de 12% de PB, média próxima também das avaliações realizadas no período do Outono, estação que englobou maior parte do período experimental com média de 11,82% de PB.

#### **4.6. Acúmulo de minerais.**

O acúmulo é o produto entre o teor do mineral na planta e a PMS. O acúmulo de fósforo foi significativo para os tratamentos e para as doses ( $P \leq 0,05$ ) (Figura 8). Houve diferenças nas médias dos cortes ( $P \leq 0,05$ ) (Tabela 6) não sendo encontrado significância para interação entre

doses e corte, sendo significativo apenas a interação entre tratamento e cortes, influenciado pela adubação mineral.

Figura 8- Acúmulo de fósforo na parte aérea do capim Marandu em função das doses de efluente e adubação mineral.



Nota: Onde: 1º, 2º e 3º Mineral= média do tratamento mineral no primeiro, segundo e terceiro corte; Médias do tratamento mineral que apresentam letras diferentes apresenta diferença ao longo dos cortes pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: do autor.

Houve aumento no acúmulo de fósforo com o aumento das doses de efluente, o que mostra que o efluente disponibilizou fósforo para as plantas. O tratamento mineral apresentou médias maiores que as das doses de efluente nos três cortes, sendo que a média no primeiro corte foi inferior à do segundo e do terceiro corte, o que influenciou as médias dos cortes seja significativa (Tabela 6).

Tabela 6- Acúmulo de fósforo por ciclo de rebrotação.

| Rebrotação | Acúmulo de fósforo (mg planta <sup>-1</sup> ) |
|------------|---|
| 1º Corte   | 4,9 <sup>b</sup>                              |
| 2º Corte   | 7,4 <sup>a</sup>                              |
| 3º Corte   | 8,4 <sup>a</sup>                              |

Nota: médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Fonte: do autor.

A diferença encontrada entre o efluente e a adubação mineral pode ser explicada pelo teor de fósforo que é inferior no efluente, enquanto com a adubação mineral foi aplicados 60 mg

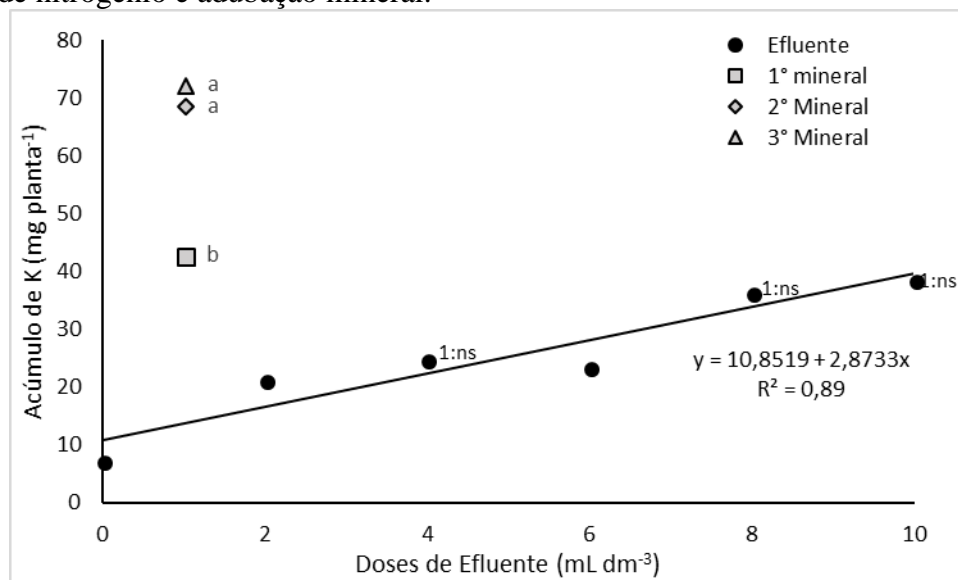


$\text{dm}^{-3}$  de fósforo (íon P), na maior dose de efluente foi fornecido um teor de  $15 \text{ mg dm}^{-3}$ , isso porque a concentração de fósforo no efluente não é elevada, como a de potássio por exemplo.

O acúmulo de potássio, elemento em maior disponibilidade no efluente, foi significativo para as doses de efluente ( $P \leq 0,05$ ) sendo observado efeito positivo no acúmulo de potássio com o aumento das doses (Figura 9). Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) na média do acúmulo nos cortes, nem interação entre doses e cortes, já a interação tratamentos e cortes apresentou significativa ( $P \leq 0,05$ ) pelo efeito da diferença do tratamento mineral nos três cortes.

O acúmulo de potássio apresentou diferença entre os cortes para o tratamento controle, sendo maior para os dois últimos cortes (Figura 9). O acúmulo foi maior para os tratamentos mineral justamente pelo efeito da PMS que apresentou efeito parecido. Sendo assim, havia potássio disponível para as plantas, até porque a maior dose de efluente forneceu  $51,6 \text{ mg dm}^{-3}$  de  $\text{K}^+$  por corte, enquanto a adubação mineral disponibilizou  $50 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Figura 9- Acúmulo de potássio na parte aérea do capim Marandu em função das doses de nitrogênio e adubação mineral.



Nota: Onde: 1º, 2º e 3º Mineral= média do tratamento mineral no primeiro, segundo e terceiro corte; 1:ns= média da dose não difere significativamente da média do tratamento mineral do primeiro corte segundo teste Dunnet ( $P > 0,05$ ); Médias do tratamento mineral que apresentam letras diferentes apresenta diferença ao longo dos cortes pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: do autor.

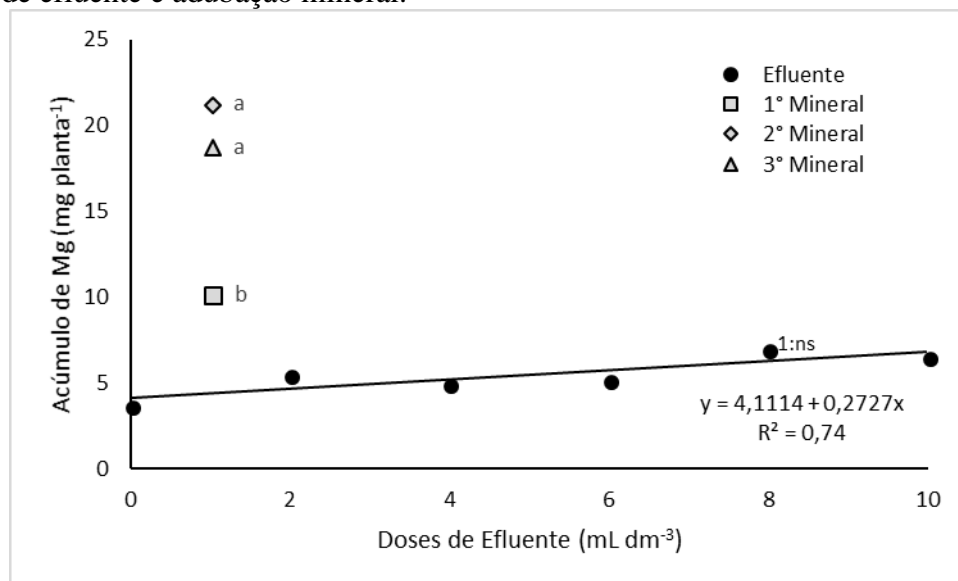
O potássio é o elemento com maior concentração no efluente, justamente por estar na forma iônica no conteúdo celular (TAIZ; ZEIGER, 2013) e quando há o rompimento da parede celular o conteúdo plasmático é extravasado liberando o  $\text{K}^+$  numa forma completamente disponível.

Binnie e Frost (1995) observaram aumento no teor de potássio com as doses de efluente de silagem aplicadas no dia posterior ao corte, enquanto que aplicações com um período de

espera maior, apresentaram resultados negativos em relação ao incremento de potássio, sendo encontrado na dose de  $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  um teor de  $30 \text{ g kg}^{-1}$  MS com a aplicação sendo realizada um dia após o corte, e  $20 \text{ g kg}^{-1}$  para aplicação realizada com oito dias após o corte..

O acúmulo de magnésio apresentou efeito da aplicação de efluentes ( $P \leq 0,05$ ), e apresentou diferença entre os tratamentos com efluente e mineral ( $P \leq 0,05$ ), sendo observado efeito do corte ( $P \leq 0,05$ ). Não houve interação entre doses e cortes ( $p > 0,05$ ), sendo apresentada a interação entre tratamento mineral e cortes (Figura 10).

Figura 10- Acúmulo de magnésio na parte aérea do capim Marandu em função das doses de efluente e adubação mineral.



Nota: Onde: 1º, 2º e 3º Mineral= média do tratamento mineral no primeiro, segundo e terceiro corte; 1:ns= média da dose não difere significativamente da média do tratamento mineral do primeiro corte segundo teste Dunnet ( $P > 0,05$ ); Médias do tratamento mineral que apresentam letras diferentes apresenta diferença ao longo dos cortes pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

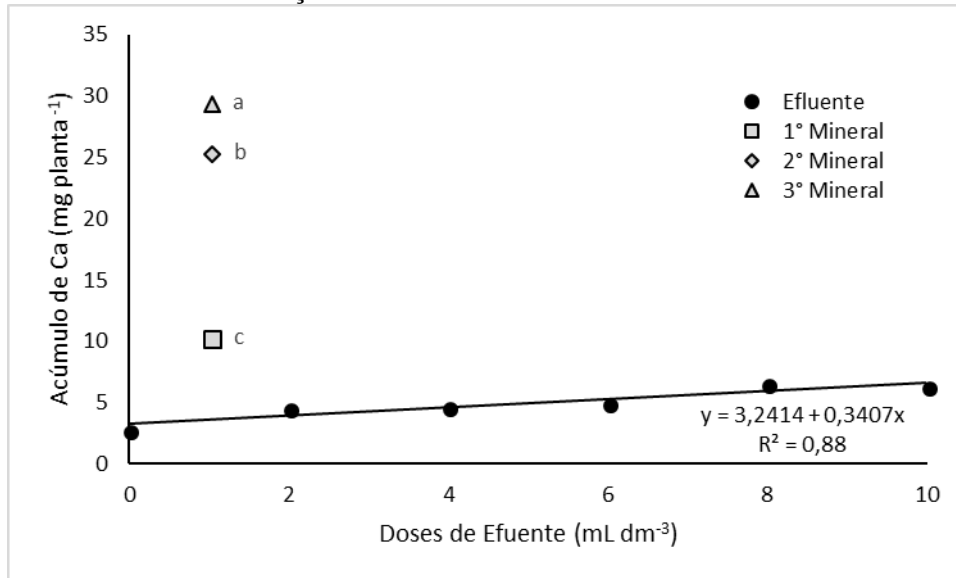
Fonte: do autor.

O efeito apresentado pelo magnésio se mostrou similar ao apresentado pela PMS e pelo potássio, porém com uma taxa de acúmulo menor que no potássio, isso porque mesmo fornecendo uma quantidade de magnésio pelo efluente, a principal fonte de magnésio já se encontra no solo, aplicado via calagem. Outro fator importante a se considerar é que o magnésio compete com o potássio por sítio de absorção, e uma alta concentração de potássio apresentada no efluente poderia causar efeito negativo na absorção do magnésio (MEURER, 2006). Sendo assim, o efeito apresentado está relacionado diretamente com a PMS.

O acúmulo de cálcio apresentou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ), aumentando com as doses de efluente (Figura 11). Houve diferença entre as médias dos cortes ( $P \leq 0,05$ ) (Tabela 7), não

havendo interação entre doses e cortes. Foi encontrado efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) nos tratamentos e na interação de tratamento e cortes ( $P \leq 0,05$ ) pelo efeito do tratamento mineral.

Figura 11- Acúmulo de cálcio na parte aérea do capim Marandu em função das doses de efluente e da adubação mineral.



Nota: Onde: 1°, 2° e 3° Mineral= média do tratamento mineral no primeiro, segundo e terceiro corte; Médias do tratamento mineral que apresentam letras diferentes apresenta diferença ao longo dos cortes pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: do autor.

O acúmulo de cálcio apresentou efeito similar ao magnésio, justamente por apresentar as mesmas influências apresentada por esse mineral onde o teor apresentado no efluente é baixo, e o teor apresentado no solo já era considerado médio segundo Raij *et al.*, (1997), além de ser fornecido cálcio via calagem. Sendo assim, o efeito do acúmulo torna-se função da PMS.

Tabela 7- Média do acúmulo do cálcio por ciclo de rebrotação.

| Rebrotação | Acúmulo de cálcio (mg planta <sup>-1</sup> ) |
|------------|--|
| 1° Corte   | 5,9b   |
| 2° Corte   | 8,2a   |
| 3° Corte   | 8,6a   |

Nota: médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

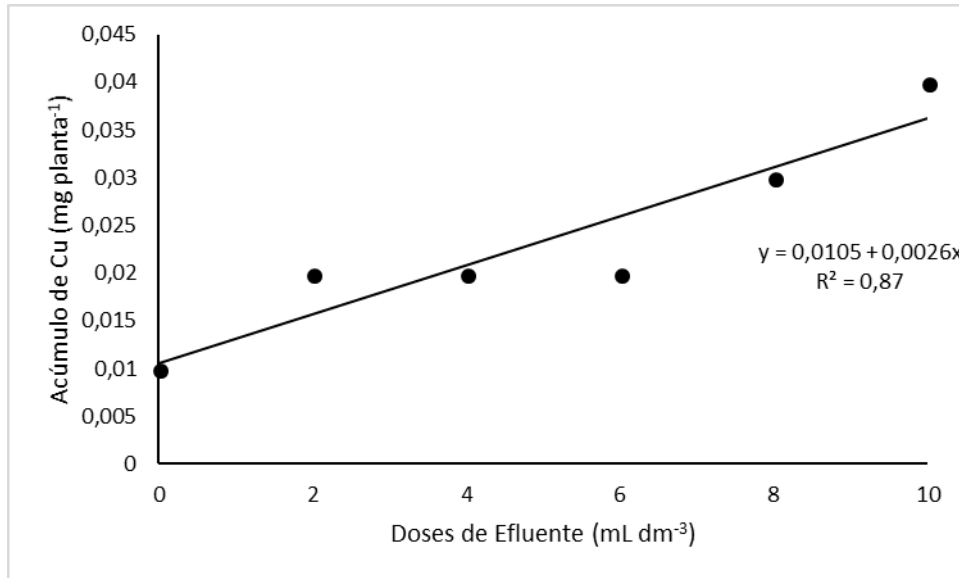
Fonte: do autor.

O acúmulo de enxofre não apresentou efeito significativo com as doses de efluente ( $P > 0,05$ ), cortes e nem interação entre doses e cortes e tratamentos e cortes, sendo apresentado efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) apenas para tratamentos, o que significa que o tratamento mineral apresentou médias diferentes da média das doses do efluente. A média do tratamento mineral

foi de 16,5 mg planta<sup>-1</sup>, enquanto a média das doses de efluente foi de 4,5 mg planta<sup>-1</sup>, sendo o efeito gerado pelo efeito da PMS.

O acúmulo de cobre apresentou resultados significativos ( $P \leq 0,05$ ) apenas para doses (Figura 12), não havendo significância para os tratamentos, para os cortes e nem para a interação entre eles.

Figura 12- Acúmulo de cobre na parte aérea do capim Marandu em função das doses de efluente.



Fonte: do autor.

O acúmulo de ferro não apresentou diferença significativa para as doses de efluente ( $P > 0,05$ ), só apresentando efeito para os tratamentos ( $P \leq 0,05$ ) e para os cortes ( $P \leq 0,05$ ), não sendo encontrada interação significativa entre os fatores corte e tratamento ( $P > 0,05$ ). A média do tratamento mineral foi de 0,47 mg planta<sup>-1</sup>, enquanto a média das doses de efluente foi de 0,28 mg planta<sup>-1</sup>. A média dos cortes é apresentada na tabela 7.

Tabela 7- Acúmulo médio de ferro por ciclo de rebrotação.

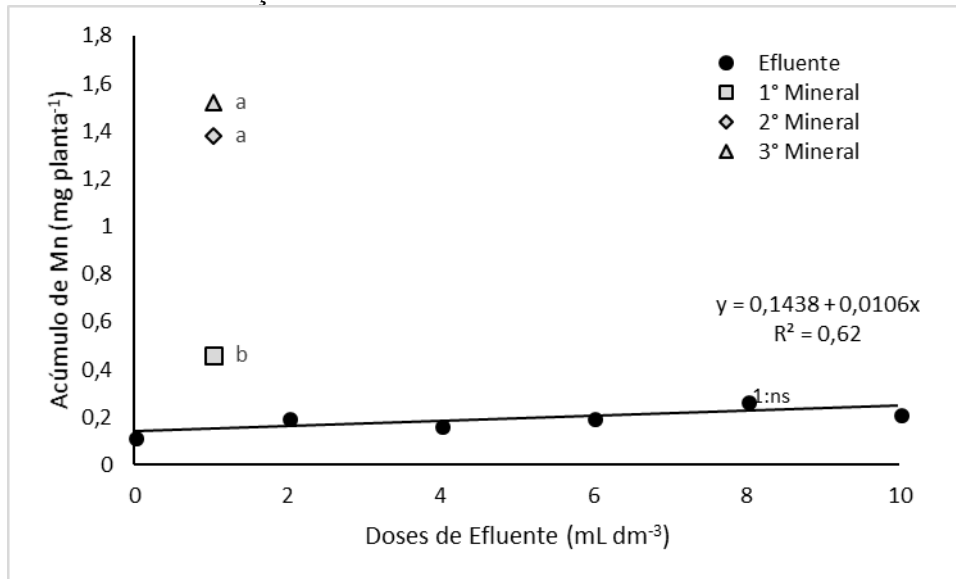
| Rebrotação | Acúmulo de ferro (mg planta <sup>-1</sup> ) |
|------------|---|
| 1° Corte   | 0,32a                                       |
| 2° Corte   | 0,35a                                       |
| 3° Corte   | 0,50b                                       |

Nota: Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ( $P \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Fonte: do autor.

O acúmulo de manganês apresentou diferença significativa com as doses de efluente (Figura 13) e para os tratamentos ( $P \leq 0,05$ ) mas não foi observada diferença significativa para a interação corte e doses, sendo encontrada significância ( $P \leq 0,05$ ) apenas para a interação entre corte e tratamento, apresentado pelo efeito do tratamento mineral.

Figura 13- Acúmulo de manganês na parte aérea do capim Marandu em função das doses de efluente e adubação mineral.



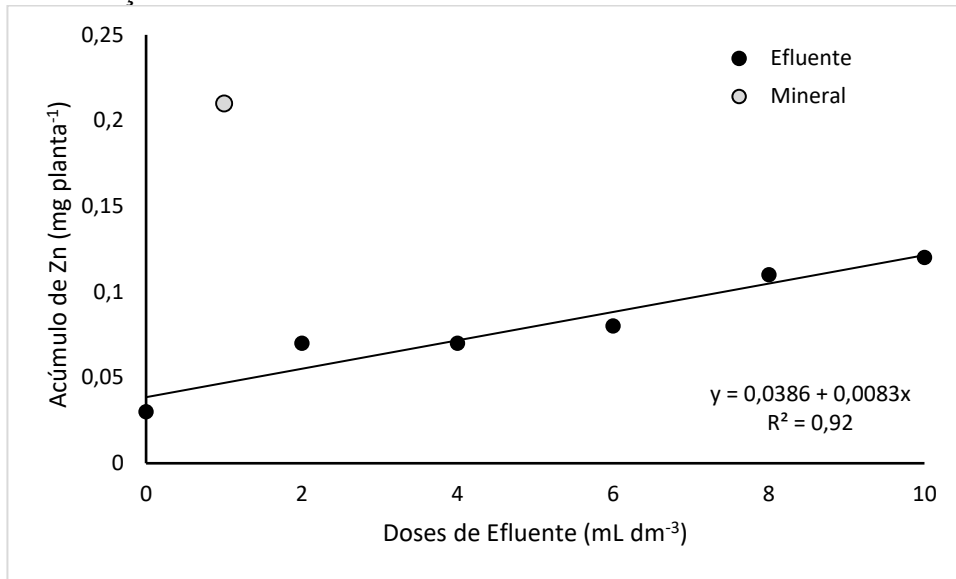
Nota: Onde: 1°, 2° e 3° Mineral= média do tratamento mineral no primeiro, segundo e terceiro corte; 1:ns= média da dose não difere significativamente da média do tratamento mineral do primeiro corte segundo teste Dunnet ( $P > 0,05$ ); Médias do tratamento mineral que apresentam letras diferentes apresenta diferença ao longo dos cortes pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: do autor.

É observado efeito similar a outros minerais, sendo apresentada o efeito em função da PMS, a quantidade disponível desse elemento no efluente é muito baixa.

O acúmulo de zinco foi significativo ( $P \leq 0,05$ ) para a variação das doses de efluente e para os tratamentos (Figura 14), não foi encontrada diferença ( $p > 0,05$ ) para os cortes e nem a interação entre cortes e doses e cortes e tratamentos.

Figura 14- Acúmulo de zinco na parte aérea do capim Marandu em função das doses de efluente e adubação mineral



Nota: Mineral= média do tratamento mineral;

Fonte: do autor.

Este resultado assim como os demais, está relacionado com a PMS, o teor de zinco no efluente é muito baixo, não sendo nem detectado pelo aparelho, além disso o teor de zinco no solo já é médio segundo Raij *et al.* (1997)

Os resultados do presente estudo evidenciam o potencial de uso do efluente de silagem na adubação de pastagens, pois apesar de resultados inferiores aos do fertilizante mineral, pode trazer benefícios ao longo prazo no solo, e fazer a substituição parcial da adubação mineral. Além disso, consiste em uma forma de fazer uma destinação correta a esse resíduo da silagem, ao mesmo tempo que se promove a reciclagem de nutrientes.

## 5. CONCLUSÕES

A adubação orgânica com efluente de silagem incrementou a produtividade de matéria seca do capim Marandu em 190% ao utilizar a dose  $10 \text{ mL dm}^{-3}$ , equivalente a 46% da produção de matéria seca do tratamento com adubo mineral.

A altura e o perfilhamento das plantas aumentaram significativamente com o incremento das doses de efluente de silagem, mas permanecem inferiores às plantas adubadas com fertilizante mineral.

A adubação com efluente de silagem ocasionou aumentos significativos no acúmulo de nutrientes, como nitrogênio, refletido na proteína bruta, potássio, fósforo, cálcio e magnésio, que são elementos importantes na nutrição animal, proporcionando uma melhoria para a composição do capim.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; ALVARES, V. H.; MARTINS, C. E.; SOUZA, D. P. H. Produtividade e valor nutritivo do Capim-Elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 1589-1595, 2000.
- ARAUJO, F. F.; TIRITAN, C. S.; OLIVEIRA, T. R. Compostos orgânicos semicurados na adubação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 40, n. 1, p. 1-6, 2009.
- ARAUJO, L.C.; SANTOS, P.M.; MENDONÇA, F.C.; MOURÃO, G.B. Establishment of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, under levels of soil water availability in stages of growth of the plants. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 7, p. 1405-1411, 2011.
- BELARMINO, M. C. J.; PINTO, J. C.; ROCHA, G. P.; FURTINI NETO, A. E.; MORAIS, A. R. Altura de perfilho e rendimento de matéria seca de capim-tanzânia em função de diferentes doses de superfosfato simples e sulfato de amônio. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 27, n. 4, p. 879-885, 2003.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583 p.
- BINNIE, R. C.; FROST, J. P. Some effects of applying undiluted effluent to grassland. **Grass and Forage Science**, Chichester, v. 50, p. 272-285, 1995.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução, N° 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, DF, 2011.
- CECATO, U.; YANAKA, F. Y.; BRITO FILHO, M. R. T.; SANTOS, G. T.; CANTO, M. W.; ONORATO, W. M.; PETERNELLI, M. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada na produção, na rebrota e no perfilhamento do capim marandu (*Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 22, n. 3, p. 817-822, 2000.
- CECATO, U.; PEREIRA, L. A. F.; JOBIM, C. C.; MARTINS, E. N.; BRANCO, A. F.; GALBEIRO, S.; MACHADO, A. O. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 409-416, 2004.
- COSTA, K. A. P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P.; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005.
- CRUZ, L. F. L. S. **Viabilidade técnica/econômica/ambiental das atuais formas de aproveitamento da vinhaça para o setor sucroenergético do estado de São Paulo**. 2011. 138 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.



DALRI, A. B.; CARVALHO NETO, O. F.; MAZZONETTO, F.; CORBANI, R. Z. Fertilização com vinhaça concentrada no desenvolvimento da alfaca. **Revista Agrogeoambiental**, v. 6, n. 2, p. 93-100, 2014.

DAFRA. **Protecting our Water, Soil and Air**: a code of good agricultural practice for farmers, growers and land managers. [S. l.], 2018. Environment Agency. Disponível em: <https://goo.gl/8HVHDB>. Acesso em: 12 nov. 2018.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: EMBRAPA, 2014. (Documentos, 402).

DIAS-FILHO, M. B. **Uso de Pastagens para a produção de bovinos de corte no Brasil: passado, presente e futuro**. Belém: EMBRAPA, 2016. (Documentos, 418).

DIFANTE, G. S.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; ZANINE, A. M.; ADESE, B. Dinâmica do perfilhamento do capim-marandu cultivado em duas alturas e três intervalo de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 2, p. 189-196, 2008.

DUNNETT, C.W. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with control. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v. 50, n. 272, p. 1096-1121, 1955.

DURIGON, R.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; BARCELOS, L. A. R.; PAVINATO, P. S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 983-992, 2002.

GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 1, p. 99-105, 2008.

GEBREHANNA, M. M; GORDON, R. J; MADANI, A; VANDERZAAG, A. C; WOOD, J. D; Silage effluent management: A review. **Journal of Environmental Management**, London, v. 143, p. 113-122, 2014.

GERON, L. J. V.; CABRAL, L. S.; TRAUTMANN-MACHADO, R. J.; ZEOULA, L. M.; OLIVEIRA, E. B.; GARCIA, J.; GOLÇALVES, M. R.; AGUIAR, R. P. S. Avaliação do teor de fibra em detergente neutro e ácido por meio de diferentes procedimentos aplicados às plantas forrageiras. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1533-1542, 2014.

HAIGT, P.M. A review of agronomic factors influencing grass silage effluent production in England and Wales. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 57, p. 73-87, 1994.

HEINRICHS, R.; MONREAL, C. M.; SANTOS, E. T.; SOARES FILHO, C. V.; REBONATTI, M. D.; TEIXEIRA, M. N.; MOREIRA, A. Phosphorus sources and rates associated with nitrogen fertilization in mombasa grass yield. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, London, v. 47, n. 5, p. 657-669, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2017**: resultados preliminares. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. v. 7, 108 p.

LARA, M. A. S. **Respostas morfológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* spp. às variações estacionais da temperatura do ar e do fotoperíodo**. 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. C.; GOMIDE, C. A. M.; MORENZ, M. J. F.; VILLELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 69, n. 1, p. 225-233, 2017.

LOURES, D. R. S. **Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem sob níveis de compactação e de umidade do capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum cv. Cameroon)**. 2000. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, 2000.

MACEDO JUNIOR, G. L.; ZANINI, A. M.; BORGES, I.; PÉREZ, J. R. O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. **Ciência Animal**, Viçosa, MG, v. 17, n. 1, p. 7-17, 2007.

MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; CARNEIRO, M. S. S.; ANDRADE, A. C.; COSTA, N. L. PINTO, M. S. C. MOCHEL FILHO, W. J. E. Influência da adubação nitrogenada e idade de corte sobre os teores de proteína bruta e fibra em detergente neutro de três cultivares de capim-elefante. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Málaga, v. 10, n. 4, 2009.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.S.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2 Ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 226 p.

MEURER, E.J., ed. **Fundamentos de química do solo**. 3.ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 285 p.

MONTEIRO, H. C. F.; CANTARUTTI, R. B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduo de gramíneas e leguminosas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n.3, p. 1092-1102, 2002.

MULLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P. F. M. Degradação de pastagens na região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n.11, p. 1409-1418, 2001.

NERES, M. A.; AMES, J. P. Novos aspectos relacionados à produção de feno no Brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 1, p. 10-17, 2015.

PRADA, S. M.; GUEKEZIAN, M.; SUÁREZ-IHA, M. E. V. Metodologia analítica para determinação de sulfato em vinhoto. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 249-252, 1998.

PURVES, D; MCDONALD, P. The potential value of silage effluent as a fertilizer. **Grass and Forage Science**, Chichester, v. 18. n. 3. p. 220-222, 1963.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 285 p. 1997. (Boletim Técnico, 100).

SANCHES, L. A.; ARAUJO, L. C.; SANTOS-ARAÚJO, S. N.; OLIVEIRA, A. T. C.; SANTOS, A. C.; OLIVEIRA, L. B. T. Sowing season and nitrogen fertilization rates in two oats cultivars grown under greenhouse conditions. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 10, n. 9, p. 133-141, 2018.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. **Adubação de pastagens em sistemas de produção animal**. Viçosa, MG: Ed UFV, 2016. 311 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 588 p.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; SCHERER, C. V.; ELLWANGER, M. F. Respostas de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: pastagem natural. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 2, p. 221-227, 2008.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 235 p.

SILVA, N. F.; LELIS NETO, J. A.; TEIXEIRA, M. B.; CUNHA, F. N.; MIRANDA, J. H.; COELHO, R. D. Distribuição de solutos em coluna de solo com vinhaça. **Irriga**, Botucatu, edição especial, p. 340-350, 2012.

STRASSBURG, B. B. N.; LATAWIEC, A. E.; BARIONI, L. G.; NOBRE, C. A.; SILVA, V. P. da; VALENTIM, J. F.; VIANNA, M.; ASSAD, E. D. When enough should be enough: improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, Kidlington, v. 28, p. 84-97, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954 p.

TOMAZ, P.K.; ARAUJO, L. C.; SANCHES, L. A.; SANTOS-ARAÚJO, S. N.; LIMA, T. O.; LINO, A. A.; FERREIRA, E. M. Effect of sward height on the fermentability coefficient and chemical composition of Guinea grass silage. **Grass and Forage Science**, Chichester, v. 00, p. 1-11, 2018.

U.S. EPA. **Method 3511 (SW-846)**: Organic Compounds in Water by Microextraction. Revision 1. Washington, 2014.

VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO, P. A. S.; FURTADO, T.; CHIZZIOTTI, M. L.; AMARAL, H. F. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para ruminantes**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 473 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 446 p.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; BARCELLOS, A. O. Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Fertilidade do solo para pastagens produtivas**. Piracicaba: FEALQ, 2004. v. 21. cap. 13, p. 425-472.

WOOLFORD, M. K. The problem of silage effluent. **Herbage Abstracts**, Wallingford, v. 48, p. 397-403, 1978.

ZOLIN C.A.; PAULINO, J.; BERTONHA, A.; FRREITAS, P.S.L.; FOLEGATTI, M.V. Estudo exploratório do uso de vinhaça ao longo do tempo. I. Características do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 22-28. 2011.