

Produção e composição de forragem de *Urochloa decumbens* adubada com efluente de silagem e nitrogênio

Production and composition of *Urochloa decumbens* forage fertilized with silage effluent and nitrogen

Producción y composición de forraje de *Urochloa decumbens* fertilizado con efluente de ensilaje y nitrógeno

DOI: 10.34188/bjaerv8n1-016

Submetido: 20/12/2024

Aprovado: 15/01/2025

Tamires Oliveira de Lima Moreli

Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira

Cimoagro - Comércio e Representação Agropecuária LTDA.

Birigui, SP. Brasil

E-mail: lima96agro@gmail.com

Luís Aurelio Sanches

Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira, SP. Brasil

E-mail: luiz.pontalinda@gmail.com

Ana Karolini Rodrigues de Oliveira

Graduanda em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira, SP. Brasil

E-mail: karolini.oliveira@unesp.br

Guilherme Carlos Fernandes

Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira, SP. Brasil

E-mail: guilherme.carlos-fernandes@unesp.br

Edson Cabral da Silva

Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira, SP. Brasil

E-mail: edsoncabralsilva@gmail.com

Glaucia de Amorim Faria

Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira, SP. Brasil
E-mail: glaucia.a.faria@unesp.br

Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira, SP. Brasil
E-mail: mcm.teixeira-filho@unesp.br

Leandro Coelho de Araujo

Doutor em Ciência Animal e Pastagens pela Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira
Ilha Solteira, SP. Brasil
E-mail: leandro.araujo@unesp.br

RESUMO

O efluente de silagem contém compostos orgânicos como açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e outros componentes provenientes do material ensilado, portanto, surge a hipótese de que o mesmo pode ser recuperado e utilizado como fertilizante orgânico para áreas de pastagens. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adubação com efluente de silagem de forma isolada e associada à adubação mineral nitrogenada sobre o desenvolvimento e produtividade de massa seca de *Urochloa decumbens* e sua influência na composição bromatológica (valor nutritivo) da forragem. O estudo foi realizado sob casa de vegetação em vasos com 8 dm³ de solo, coletado de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em fatorial 4x4+1 (tratamento controle), com quatro repetições. Os tratamentos corresponderam às taxas de 0, 10, 20, e 30 ml de efluente dm⁻³ de solo combinadas às doses de 0, 100, 200 e 300 mg de N dm⁻³ de solo, na forma de ureia, e um tratamento controle com fertilizantes minerais nas quantidades de 300, 180 e 150 mg dm⁻³ de solo de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, via ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Avaliou-se a produtividade de massa seca da parte aérea, separação morfológica e análises bromatológicas no capim. O efluente de silagem promoveu aumento na produtividade de matéria seca de *Urochloa decumbens*, independentemente da aplicação do adubo nitrogenado até a dose de 30 ml dm⁻³, o que indica que o resíduo pode ser utilizado em aplicações nas pastagens como forma de substituição parcial da adubação mineral. A adubação nitrogenada proporcionou incremento na produtividade de matéria seca até a dose de 188 mg dm⁻³.

Palavras-chave: *Brachiaria decumbens*, adubo orgânico, capim tropical, ciclagem de nutrientes, composição bromatológica.

ABSTRACT

Silage effluent contains organic compounds such as sugars, organic acids, proteins, and other components from the ensiled material. Therefore, the hypothesis arises that the nutrients from this effluent can be recovered and used as organic fertilizer in pastures, mitigating the risk of environmental pollution. Thus, the project aims to evaluate the effect of silage effluent fertilization along with/together with nitrogen mineral fertilization on *Urochloa decumbens* dry matter

productivity and its bromatological composition. The experiments was carried out in a greenhouse in pots of 8 dm⁻³ containing Red Yellow Oxisol. A completely randomized design in 4x4+1 factorial plus a control treatment, with four replications was used. The treatments corresponded to rates of 0, 10, 20, and 30 ml of effluent dm⁻³ of soil combined to doses of 0, 100, 200 and 300 mg N dm⁻³ of soil as urea, a control treatment with mineral fertilizers in quantities of 300, 180 and 150 mg dm⁻³ N, P₂O₅ and K₂O, respectively, as urea, simple superphosphate and potassium chloride, plus a witness, dry matter productivity evaluations of the aerial portion, morphological separation and bromatological analyzes in the grass. The silage effluent showed an increase in the productivity of *Urochloa decumbens* regardless of the nitrogen fertilizer application up to the dose of 30 ml dm⁻³. This indicates that the residue can be used in pasture applications as a form of partial replacement of mineral fertilization. The nitrogen fertilization provided an increase in the productivity up to the 188 mg dm⁻³.

Keywords: *Brachiaria decumbens*, organic fertilizer, Tropical grass, Nutrient cycling, bromatological composition.

RESUMEN

El efluente de ensilado contiene compuestos orgánicos como azúcares, ácidos orgánicos, proteínas y otros componentes del material ensilado. Por lo tanto, surge la hipótesis de que los nutrientes de este efluente pueden ser recuperados y utilizados como abono orgánico en los pastos, mitigando el riesgo de contaminación ambiental. Así, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fertilización con efluente de ensilaje solo y asociado a la fertilización mineral nitrogenada sobre el desarrollo y rendimiento de materia seca de *Urochloa decumbens* y su influencia en la composición química (valor nutritivo) del forraje. El estudio se realizó bajo invernadero en macetas con 8 dm⁻³ de tierra, colectadas de un Latosol Rojo-Amarillo Distrófico. Se utilizó un diseño completamente al azar, en un factorial 4x4+1 (tratamiento control), con cuatro repeticiones. Los tratamientos correspondieron a las dosis de 0, 10, 20 y 30 ml de efluente dm⁻³ de suelo combinado a las dosis de 0, 100, 200 y 300 mg de N dm⁻³ de suelo, en forma de urea, y un tratamiento testigo con fertilizantes minerales en las cantidades de 300, 180 y 150 mg dm⁻³ suelo de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, através de urea, superfosfato simple y cloruro de potasio. Se evaluó el rendimiento de materia seca de los brotes, la separación morfológica y los análisis bromatológicos en el pasto. El efluente de ensilaje promovió un aumento en el rendimiento de materia seca de *Urochloa decumbens*, independientemente de la aplicación de fertilizante nitrogenado hasta la dosis de 30 ml dm⁻³. Esto indica que el residuo puede ser utilizado en aplicaciones de pastoreo como una forma de reemplazo parcial de la fertilización mineral. La fertilización nitrogenada mineral proporcionó un aumento en el rendimiento de materia seca hasta una dosis de 188 mg dm⁻³.

Palabras clave: *Brachiaria decumbens*, Abono orgânico, hierba tropical, ciclo de nutrientes, composición bromatológica.

1 INTRODUÇÃO

As pastagens representam o principal alimento para os ruminantes, as quais em sua maioria são formadas por gramíneas. As áreas pastoris representam três bilhões de hectares no mundo, o que equivale a praticamente 20% da superfície terrestre. As gramíneas tropicais forrageiras são as plantas mais utilizadas atualmente, por sua praticidade e baixo custo (Duarte *et al.*, 2020). O Brasil é um país com grande aptidão agropecuária e extensa área agricultável, da qual 71% é ocupada por

pastagens (159,5 milhões de hectares), que mantêm aproximadamente 256 milhões de bovinos, ovinos e caprinos (IBGE, 2022; Bolfe *et al.*, 2024). O Brasil apresenta o maior rebanho comercial do mundo e é o maior exportador de carne bovina, em 2021 foi o país que mais exportou carne bovina, totalizando 1.846.263 toneladas, com rendimento de 9.215.297 milhões de dólares (ABIEC, 2022). Assim, esse setor grande importância social e econômica para o setor, uma vez que cerca de 95% da carne bovina é produzida em pastagens (ABIEC, 2022).

Contudo, um estudo realizado pela Embrapa indica a existência de aproximadamente 28 milhões de hectares de pastagens plantadas no Brasil com níveis intermediários e severos de degradação (Bolfe *et al.*, 2024). As causas do processo de degradação são variáveis, uma vez que o crescimento da gramínea forrageira está diretamente relacionado às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo em que é cultivada, sendo que uma mesma espécie/variedade sob as mesmas condições de manejo apresenta apenas respostas diferenciadas quanto ao solo (Bezerra *et al.*, 2020). Portanto, um dos principais problemas neste setor produtivo é a degradação das pastagens utilizadas para a pecuária, cuja ocorrência pode ser desencadeada pelo preparo incorreto do solo, escolha da espécie a se cultivar, qualidade das sementes, taxa de lotação inadequada aos sistemas de produção e correção e adubação (Minighin *et al.*, 2017; Bolfe *et al.*, 2024).

As pastagens proporcionam ao pecuarista, também, acessibilidade imediata a uma matéria prima de baixo custo para ensilagem, quando comparada a outros tipos de forrageiras como milho ou sorgo (Bernardes *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2016; Samuel & Dines, 2023). A produção silagem é uma forma eficiente de conservar o excedente de forragem do período chuvoso para o inverno, época de menor disponibilidade de alimento (Silva *et al.*, 2024). Consiste em um processo no qual a forrageira é colhida, picada e acondicionada em um ambiente anaeróbico, cuja conservação necessita da presença da fermentação (ácidos) que ocorrem nesse ambiente, e tem sido uma boa opção aos produtores rurais, por contemplar desde pequenas à grandes propriedades (Barcelos *et al.*, 2018; Sbrissia *et al.*, 2020; Veras *et al.*, 2020). No entanto, no processo de ensilagem ocorre a produção de efluentes, que é um resíduo líquido com alto teor de nutrientes e com baixa matéria seca, cuja quantidade de efluente produzida varia principalmente com a espécie e com o teor de matéria seca da forragem ensilada (Barcelos *et al.*, 2018).

A concentração de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no efluente da silagem é semelhante à dos dejetos líquidos. Neste aspecto, considerando-se que um dos grandes problemas da degradação das pastagens é a baixa disponibilidade de nutrientes no solo, sobretudo N, P e K (Bolfe *et al.*, 2024), o uso desses efluentes de forma adequada pode ser uma oportunidade de aportar esses nutrientes ao solo e de reciclar nutrientes.

Várias espécies podem ser as matérias primas para silagem, como o milho, o sorgo, a cana de açúcar e o capim (Silva *et al.*, 2024). Os capins tropicais apresentam alto teor de umidade, que durante o processo de ensilagem proporciona elevado volume de efluente, porém a umidade dos capins pode ser reduzida com o uso de aditivos absorventes, cuja polpa cítrica peletizada tem sido uma opção viável devido ao seu alto poder absorvente (Bernardes *et al.*, 2013; Samuel & Dines, 2023; Silva *et al.*, 2024). Estudos recentes de Santos *et al.* (2024) evidenciaram que a inclusão de 10% de farelo de arroz proporciona melhorias na composição bromatológica da silagem de capim Marandu, além de promover a diminuição das perdas por gases e efluentes.

No entanto, a oferta de polpa cítrica está limitada aos centros produtores de sucos de citros, que estão situados no Cinturão Cítrico do Brasil, representado pelo Estado de São Paulo e o Triângulo Mineiro que são os maiores produtores de suco de laranja do mundo (CITRUSBR, 2016). Assim, em grande parte dos demais estados brasileiros onde existem grandes áreas cultivadas com pastagens e efetivo bovino significativo, como o Centro-Oeste, Norte e Nordeste, as produções de silagens de capins ocorrerão, na maioria dos casos, sem a adição de polpa cítrica peletizada, devido à dificuldade de acesso a essa matéria-prima.

Caso o efluente alcance os cursos d'água pode ocorrer uma redução da quantidade de oxigênio dissolvido devido a atuação de microrganismos sobre os nutrientes contidos no efluente, causando rápidos impactos na vida aquática e dos que dela dependem. Isso ocorre porque a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) do efluente da silagem é extremamente elevada, chegando a ser superior à do esgoto doméstico, com valores de 90.000 mg O₂ L⁻¹ e 500 mg O₂ L⁻¹, respectivamente (Woolford, 1978).

A composição química do efluente das silagens depende da composição nutricional da planta, das mudanças resultantes da fermentação da silagem e por alterações ocorridas após o extravasamento do conteúdo celular e contato com o oxigênio. Dessa forma, o efluente de silagens contém grandes quantidades de compostos orgânicos tais como açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e outros componentes provenientes do material ensilado (Mcdonald *et al.*, 1991; Barcelos *et al.*, 2018).

Na literatura encontra-se poucos trabalhos relativos resultados de análises da composição nutricional dos efluentes de silagens, os que são disponibilizados na literatura apresentam valores médios de 3,8%; 0,82%; 7,25%; 2,61% e 0,79% da MS de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente (Purves & Mcdonald, 1963), 219; 624; 56 e 3.692 mg L⁻¹ de P solúvel, N amoniacal total, Nitrato e N total, respectivamente (Gebrehanna *et al.*, 2014).

No presente estudo, avaliou-se além de a composição do efluente de silagem, também o seu efeito sobre o desenvolvimento e acúmulo de matéria seca de forragem, qualidade bromatológica e

valor nutritivo da forragem de *Urochloa decumbens*, de forma isolada e associada a uma fonte mineral, que implica em avanço para o conhecimento científico e prático, podendo, portanto, embasar novos estudos, visando a reciclagem de nutrientes e uma destinação mais correta desses resíduos.

Considerando que o efluente contém grandes concentrações de nutrientes, surge a hipótese que o mesmo tem potencial de uso como fertilizantes para adubação das áreas de pastagens, reciclando os nutrientes que seriam lixiviados e reduzindo os custos com o uso de fertilizantes. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adubação com efluente de silagem de forma isolada e associada à adubação mineral nitrogenada sobre o desenvolvimento e produtividade de massa seca de *Urochloa decumbens* e sua influência na composição bromatológica (valor nutritivo) da forragem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Faculdade de Engenharia, UNESP - Campus de Ilha Solteira, no período de outubro de 2018 a março de 2019, sob casa de vegetação. O clima local é classificado como tropical com estação seca, Aw (Köppen-Geiger; Alvares *et al.*, 2013), nas coordenadas 20°25'5,3"S, e 51°20'30,6"W e 347 m de altitude.

O solo utilizado nos vasos foi proveniente de um LATOSSOLO VERMELHO- AMARELO distrófico (Santos *et al.*, 2018), coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade, cujos resultados das análises químicas, analisadas conforme Raij *et al.* (2001), correspondeu a: Fósforo: 2 mg dm⁻³, Potássio: 0,4 mmol_c dm⁻³, Magnésio: 8 mmol_c dm⁻³, Cálcio: 10 mmol_c dm⁻³, Hidrogênio + Alumínio: 15 mmol_c dm⁻³, Alumínio: 0 mmol_c dm⁻³, Matéria Orgânica: 15 g dm⁻³; pH (CaCl₂): 5,3; Soma de Bases: 18,4 mmol_c dm⁻³; Enxofre: 4 mg dm⁻³; Boro: 0,08 mg dm⁻³; Cobre: 0,8 mg dm⁻³; Ferro: 19 mg dm⁻³; Manganês: 5,5 mg dm⁻³; Zinco: 0,2 mg dm⁻³; CTC: 33,4 mmol_c dm⁻³ e V: 55%.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x4+1 (tratamento controle), com quatro repetições. Os fatores corresponderam às doses de 0, 10, 20 e 30 ml de efluente dm⁻³ de solo combinadas às doses de 0, 100, 200 e 300 mg de N dm⁻³ de solo, na forma de ureia. O tratamento controle compreendeu a aplicação de fertilizantes minerais, que foi utilizado para fins de comparação, sendo composto por 300, 180 e 150 mg dm⁻³ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente (Heinrichs *et al.*, 2016), via ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

A semeadura da *U. decumbens* (capim Decumbens) foi realizada no dia 29/10/2018, em vasos com 8 dm⁻³ de solo, distribuindo-se cinco sementes para cada uma das cinco covas (25 sementes por vaso). Quando as plantas alcançaram uma média de quatro folhas expandidas, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma planta por cova (cinco plantas por vaso). Trinta e

cinco dias após a emergência das plântulas, realizou-se um corte de uniformização em todas as plantas, mantendo-se um resíduo de 10 cm, com o objetivo de estimular o perfilhamento e iniciar os períodos de rebrotação. Logo após, foram aplicados os tratamentos, para simular uma adubação de cobertura para manutenção mediante a desfolha da pastagem.

O efluente utilizado na adubação foi coletado de silos experimentais, confeccionados em sacos plásticos com capacidade para 40 kg de material e preenchidos com o capim *U. brizantha* cv. Marandu. Os silos experimentais foram abertos 35 dias após a confecção, quando também realizou a aplicação do efluente sobre os vasos, sendo nesse 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 e substituindo a amostra de silagem quando o escoamento do efluente cessasse, com o objetivo de extrair o efluente com o mínimo de pressão possível, afim de simular um escoamento que ocorreria naturalmente em um silo trincheira.

Uma amostra do efluente foi coletada para a determinação dos teores de macronutrientes e micronutrientes (U.S. EPA, 2014), que corresponderam a 1,6 mg L⁻¹ de Alumínio; 17,9 mg L⁻¹ de Cálcio; 0,08 mg L⁻¹ de Cromo; 157 mg L⁻¹ de Enxofre; 1 mg L⁻¹ de Ferro; 287,9 mg L⁻¹ de Fósforo; 525,3 mg L⁻¹ de Magnésio; 4,4 mg L⁻¹ de Manganês; 0,04 mg L⁻¹ de Molibdênio; 0,7 mg L⁻¹ de Zinco; 0,9 mg L⁻¹ de Bário; 2804,3 mg L⁻¹ de Potássio; 4,7 mg L⁻¹ de Sódio e 1870 mg L⁻¹ de Nitrogênio. Os teores de Boro, Cádmio, Chumbo, Cobre, Molibdênio, Arsênio, Selênio e Mercúrio encontraram-se em concentrações inferiores ao limite de detecção do equipamento ICP-AES.

Durante todo o período experimental, os vasos foram irrigados a fim de manter a umidade do solo próxima de 75% da capacidade de campo (Araujo *et al.*, 2011). Um vaso de cada tratamento foi pesado diariamente para a quantificação da necessidade da água de irrigação e a cada sete dias todos os vasos foram pesados para corrigir eventuais déficit hídrico.

Todas as variáveis foram realizadas ao final de cada um dos três períodos de rebrotação consecutivos, com duração de 28 dias cada, e que tiveram início após o corte de uniformização e aplicação dos tratamentos, sendo realizadas por cada vaso, a coletas de massa da parte aérea, mediano o corte a uma altura de 10 cm do nível do solo; contagem do número de perfilhos vivos de cada vaso; mensuração da altura das plantas; estimativa da produtividade de matéria seca (PMS), e proporções das frações morfológicas por meio da separação da parte aérea em folhas (altura da lígula), colmos+bainhas e materiais senescentes (todo o tecido com mais de 50% senescente), e análises bromatológicas.

Após a separação morfológica da parte aérea, foram realizadas análises de massa seca (MS) em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas. Posteriormente, foram moídas em moinho tipo Wiley a 1 mm para a determinação da MS a 105 °C, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE),

cinzas (CZ) (AOAC, 2023), concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) e lignina pelo método sequencial (Robertson & Van Soest, 1981) e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) segundo Tilley & Terry (1963) com o auxílio de uma Incubadora *in vitro* para testes de digestibilidade (Marconi, MA443/E).

A análise estatística foi realizada por meio da ANOVA em duas etapas, combinando os três cortes e considerando como significativa a probabilidade de $p \leq 0,05$. A primeira etapa constituiu-se em aplicar a análise para as doses de efluente e nitrogênio e, havendo significância, aplicou-se os testes de regressão. Na segunda etapa da análise foi aplicado o teste de Dunnett (1955), a fim de comparar as médias das doses de efluente e nitrogênio com a adubação com fertilizantes minerais NPK (tratamento controle) e, quando significativa, foi aplicado o teste de Dunnett (1955). Adotou-se como valor de dispersão dos dados o erro padrão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DESEMPENHO VEGETATIVO E PRODUTIVO

Na Tabela 1 são apresentados os valores de F e as significâncias da Análise de variância (ANOVA) para os fatores doses de efluente e nitrogênio e suas interações. As doses de efluente e nitrogênio só não proporcionaram efeito significativo ($P \leq 0,05$) para a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e teores de lignina. Também, foram observadas interações significativas entre os fatores efluente versus nitrogênio para as variáveis altura de plantas e perfilhamento ($P \leq 0,05$). Já para o tratamento com NPK mineral, não foi observado efeito significativo apenas sobre a concentração de lignina.

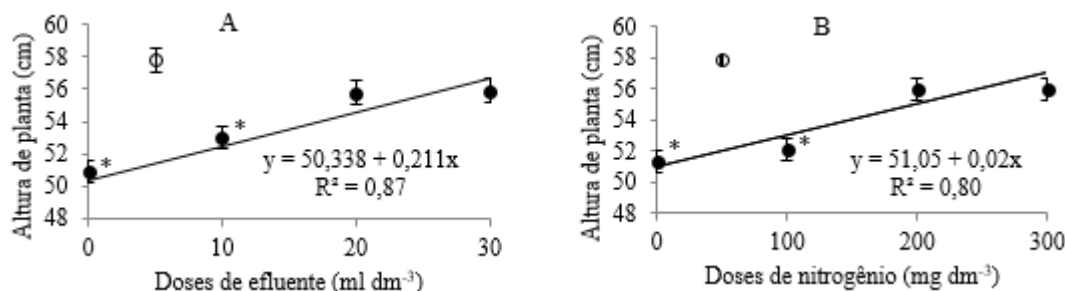
Tabela 1. Valores de F da análise de variância e significâncias para altura média de plantas (ALT), perfilhamento (PER), produção de matéria seca (PMS), proteína bruta (PB), fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), de *Urochloa decumbens* adubado com efluente de silagem e nitrogênio.

Fonte de Variação	Parâmetros								
	ALT	PER	PMS	PB	FDN	FDA	CEL	LIG	DIVMS
Tratamento NPK	5,5**	5,0**	3,5**	24,5**	7,2**	3,2**	7,3**	1,4 ^{ns}	2,2**
Efluente (E)	9,6**	14,0**	7,0**	21,1**	11,4**	5,9**	20,8**	3,2*	0,3 ^{ns}
Nitrogênio (N)	9,8**	3,8*	7,9**	81,4**	24,5**	9,7**	15,5**	0,9 ^{ns}	10,1**
E*N	2,1*	2,7**	0,9 ^{ns}	5,0**	1,3 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,3 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,4 ^{ns}
EPM	0,6	1,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,8

Obs.: *=significativo a 5%, **= significativo a 1% e ns= não significativo. EPM = Erro padrão da média. Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Houve efeito linear crescente das doses de efluente sobre a altura, com aumento de 0,211 cm ($P \leq 0,05$) por ml de efluente aplicado (Figura 1A). Para as doses de nitrogênio, o efeito foi similar, porém com incrementos menores, de 0,020 cm por planta vaso⁻¹ em resposta a cada mg de N aplicado (Figura 1B).

Figura 1. Altura de plantas de capim Decumbens em função das doses de efluente (A) e nitrogênio (B) e do fertilizante mineral. *médias diferem do tratamento com fertilizante mineral pelo teste de Dunnett ($P \leq 0,05$). As barras verticais representam o erro padrão da média.

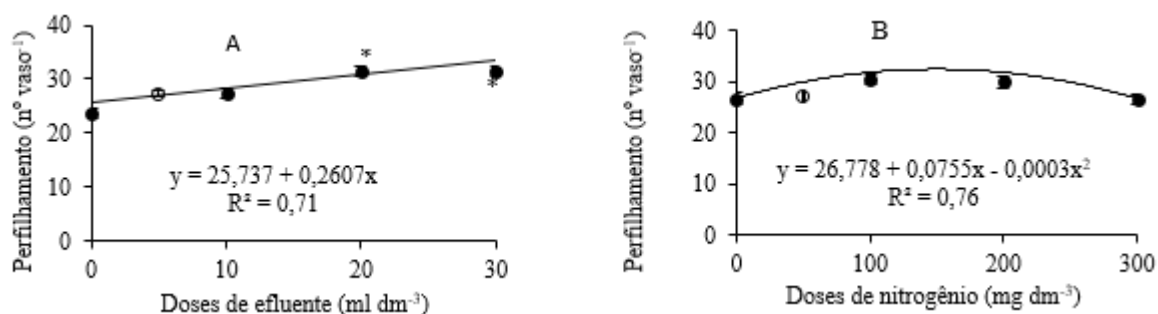


Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A altura de plantas é uma característica estrutural influenciada pela disponibilidade de nutrientes, sobretudo de N, visto que o nutriente auxilia na formação das folhas, favorece o rápido crescimento das plantas, e atua em diversos processos metabólicos, fazendo parte da constituição de hormônios, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, além de interferir diretamente no processo fotossintético e de divisão e expansão celular (Salisbury & Roos, 1969), dessa maneira, o efeito linear com o aumento das doses de nitrogênio pode ocorrer em plantas exigentes em N, a exemplo das gramíneas forrageiras tropicais.

O perfilhamento do capim Decumbens aumentou com as doses de efluente e de nitrogênio que diferiram do tratamento mineral ($P \leq 0,05$). Com o aumento das doses de efluente, o perfilhamento apresentou efeito linear crescente de 0,260 perfilhos vaso⁻¹ ml⁻¹ de efluente aplicado ($P \leq 0,05$) (Figura 2A). Já o efeito das doses de nitrogênio sobre o perfilhamento foi quadrático em que o máximo perfilhamento foi alcançado com 32 perfilhos vaso⁻¹ na dose de 126 mg dm⁻³ de N (Figura 2B).

Figura 2. Perfilhamento do capim Decumbens em função das doses de efluente (A) e nitrogênio (B) (círculo fechado) e do fertilizante mineral (círculo aberto). *médias diferem do tratamento com fertilizante mineral pelo teste de Dunnett ($P \leq 0,05$). As barras verticais representam o erro padrão da média.



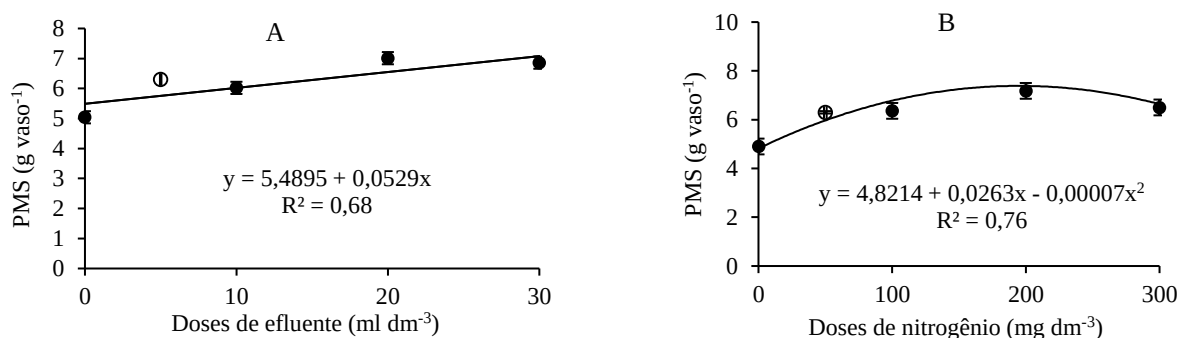
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O efeito positivo da adubação nitrogenada no perfilhamento de forrageiras está associado ao estímulo no crescimento e multiplicação de células vegetais, já que esse nutriente é constituinte de ácidos nucleicos e proteínas celulares, além de apresentar a função secundária de promover a síntese e translocação de fitohormônios envolvidos na quebra da dormência de gemas laterais e de atuar no processo de divisão e expansão celular (Doust, 2007).

No entanto, Lemaire (2001) afirma que o efeito da aplicação de nitrogênio na densidade de perfilhos depende do índice de área foliar (IAF) em que o pasto é mantido. Quando o IAF é baixo, ocorre efeito positivo do nitrogênio na densidade populacional de perfilhos, pelo aumento do *site filling*, mas esse efeito não persiste com o desenvolvimento do IAF, o qual determina mudanças na qualidade da luz que inibe o perfilhamento, o que explica o fato de este estudo apresentar uma máxima produção de perfilhos com a aplicação de nitrogênio, e após essa produção começar a cair.

Com relação à produtividade de matéria seca (PMS), as doses de efluente e de nitrogênio não diferiram do tratamento mineral ($P > 0,05$). O aumento das doses de efluente a PMS proporcionou resposta linear crescente em PMS, acumulando $0,0529 \text{ g de MS vaso}^{-1}$ ($P \leq 0,05$) (Figura 3A). A dose de nitrogênio estimada para a máxima PMS foi de 188 mg dm^{-3} que resultou em $7,30 \text{ g de MS vaso}^{-1}$ (Figura 3B).

Figura 3. Produção de massa seca (PMS) da parte aérea capim Decumbens em função das doses de efluente (A) e nitrogênio (B) (círculo fechado) e do fertilizante mineral (círculo aberto). *médias diferem do tratamento com fertilizante mineral pelo teste de Dunnett ($P \leq 0,05$). As barras verticais representam o erro padrão da média.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os efluentes gerados decorrentes do processo de ensilagem capins geralmente possui considerável carga de nutrientes de planta. Binnie & Frost (1995) constataram maior PMS com adubação de $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de efluente de silagem de Azevém em dose única, aplicados um dia após o corte, o que seria equivalente a $12,5 \text{ ml dm}^{-3}$, sendo encontrado efeito negativo em doses superiores a $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, o que pode ser explicado por possível desequilíbrio nutricional causado pelo excesso

de potássio, enquanto os resultados obtidos neste estudo demonstraram crescimento linear até a dose de 30 ml dm^{-3} .

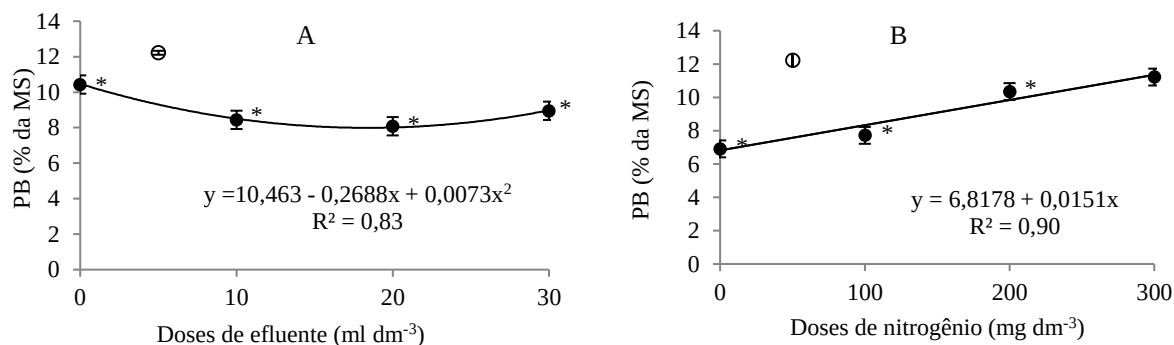
Uma boa disponibilidade de forragem obtida com a adubação nitrogenada deve-se ao crescimento nas reações enzimáticas e no metabolismo das plantas. Ydoyaga *et al.* (2006), trabalhando com métodos de recuperação de pastagens de capim Decumbens, verificaram que a adubação nitrogenada proporcionou aumento de 34% na PMS na dose de 100 kg N ha^{-1} .

3.2 ATRIBUTOS TECNOLÓGICOS – VALOR NUTRITIVO

Para os teores de PB algumas doses de efluente e nitrogênio diferiram do tratamento NPK mineral ($P < 0,05$). Para doses de efluente, observou-se um efeito quadrático, em que o maior teor de PB (10,4%) ocorreu na dose de 0 ml de efluente dm^{-3} , sendo que os teores de PB foram diminuindo com o aumento das doses de efluente, alcançando um ponto de mínimo igual a 8% para a dose de 18,4 ml de efluente dm^{-3} (Figura 4A). Quanto à adubação nitrogenada, com o aumento gradativo das doses de N, os teores de PB apresentaram resposta linear crescente com incrementos de 0,015% de PB para cada mg de nitrogênio aplicado por dm^{-3} ($P \leq 0,05$) (Figura 4B).

O tratamento mineral apresentou média superior às médias algumas doses de efluente, e esse efeito pode ser explicado pelo fato de a quantidade de nitrogênio aplicada na forma de adubação mineral ser maior do que a aplicada nas doses de efluente, uma vez que foram 300 mg dm^{-3} aplicados no tratamento mineral versus 56,1 mg dm^{-3} aplicados na maior dose de efluente. Outro fator é a forma em que o nitrogênio se encontrava, na adubação mineral, a fonte foi a ureia que apresenta o nitrogênio prontamente disponível para absorção pelas plantas, na forma de amônio, enquanto na adubação com efluente o nitrogênio se encontra na forma de compostos como proteínas, aminoácidos, clorofila entre outros, demandando assim mais tempo para a mineralização. Neste aspecto, Binnie & Frost (1995) observaram aumento linear no teor de nitrogênio à medida em que se aumentou as doses de efluente de silagem aplicadas um dia após o corte de Azevém, porém, quando se adiou a adubação o efeito foi quadrático, diminuindo o acúmulo de nitrogênio em doses superiores a 100 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. Já Cecato *et al.* (2004), avaliando adubações nitrogenada e fosfatada em capim Marandu, relataram incremento de PB com o aumento de doses de N até a dose de 600 kg ha^{-1} .

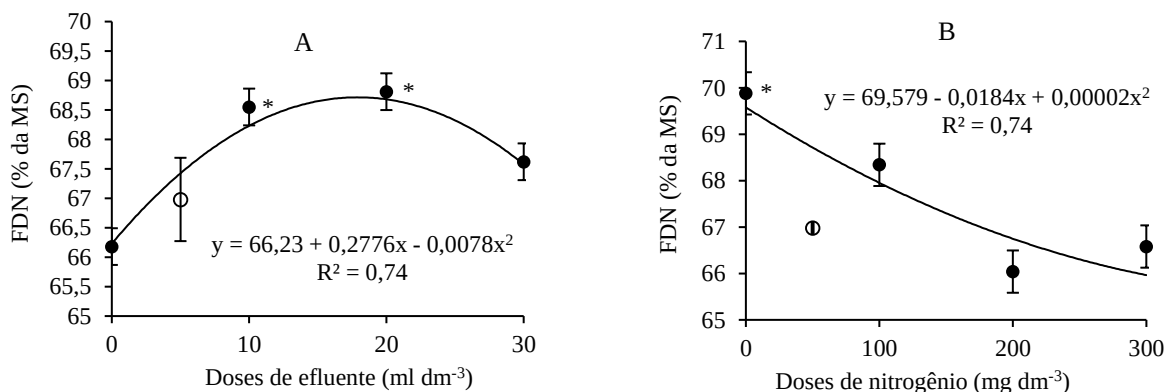
Figura 4. Teor de proteína bruta (PB) em capim Decumbens em função das doses de efluente (A) e de nitrogênio (B). *médias diferem do tratamento mineral (triângulo) pelo teste de Dunnett ($P \leq 0,05$). As barras verticais representam o erro padrão da média.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os teores de fibras apresentaram resultados para doses de efluente e N que diferiram do tratamento mineral ($P < 0,05$). Para FDN o efluente apresentou ajuste quadrático, onde o maior valor foi de 69% de FDN quando aplicado 18 ml de efluente dm⁻³ (Figura 5A), já para as doses de nitrogênio, observou-se um efeito linear decrescente, com redução de 0,0122 % para cada mg de nitrogênio aplicado por dm⁻³ (Figura 5B).

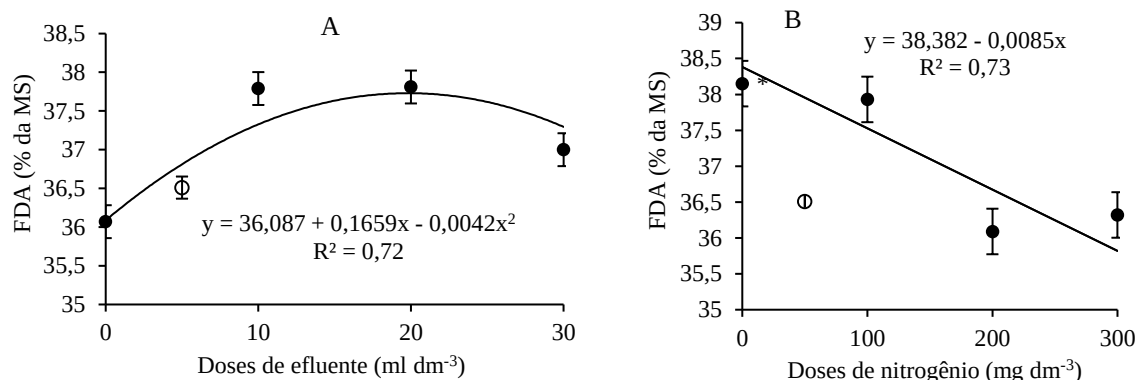
Figura 5. Teores de fibras em detergente neutro (FDN) do capim Decumbens em função das doses de efluente (A) e de nitrogênio (B) (círculo fechado) e do fertilizante mineral (círculo aberto). *médias diferem do tratamento com fertilizante mineral pelo teste de Dunnett ($P \leq 0,05$). As barras verticais representam o erro padrão da média.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Para FDA, o efluente proporcionou ajuste quadrático, em que o maior valor foi de 38% quando aplicado 20 ml de efluente dm⁻³ (Figura 6A), já com relação às doses de nitrogênio, o ajuste foi linear decrescente com redução de 0,0085% para cada mg de nitrogênio aplicado por dm⁻³ (Figura 6B).

Figura 6. Teor de fibras em detergente ácido (FDA) do capim Decumbens em função das doses de efluente (A) e de nitrogênio (B) (círculo fechado) e do fertilizante mineral (círculo aberto). *médias diferem do tratamento com fertilizante mineral pelo teste de Dunnett ($P \leq 0,05$). As barras verticais representam o erro padrão da média.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

De acordo com o modelo de regressão, à medida que se elevou a dose de N ocorreu redução no teor de FDN (Figura 5B) e de FDA (Figura 6B), e isso pode ser justificado pelo crescimento da planta, pela disponibilidade do nitrogênio, que aumenta a utilização dos carboidratos disponíveis para a formação de células e de protoplasma em vez de provocar o espessamento das paredes das células pelo acúmulo desses carboidratos (Black, 1968). Costa *et al.* (2009), avaliando doses de nitrogênio na composição bromatológica do capim Marandu em estágio moderado de degradação, também observaram redução nos teores de FDN com o aumento das doses de nitrogênio, de modo que os resultados se ajustaram ao modelo linear de regressão. Neste estudo, o maior teor de FDN foi obtido com a ausência de aplicação de N, apresentando redução de 8,93% à medida que se adicionava N

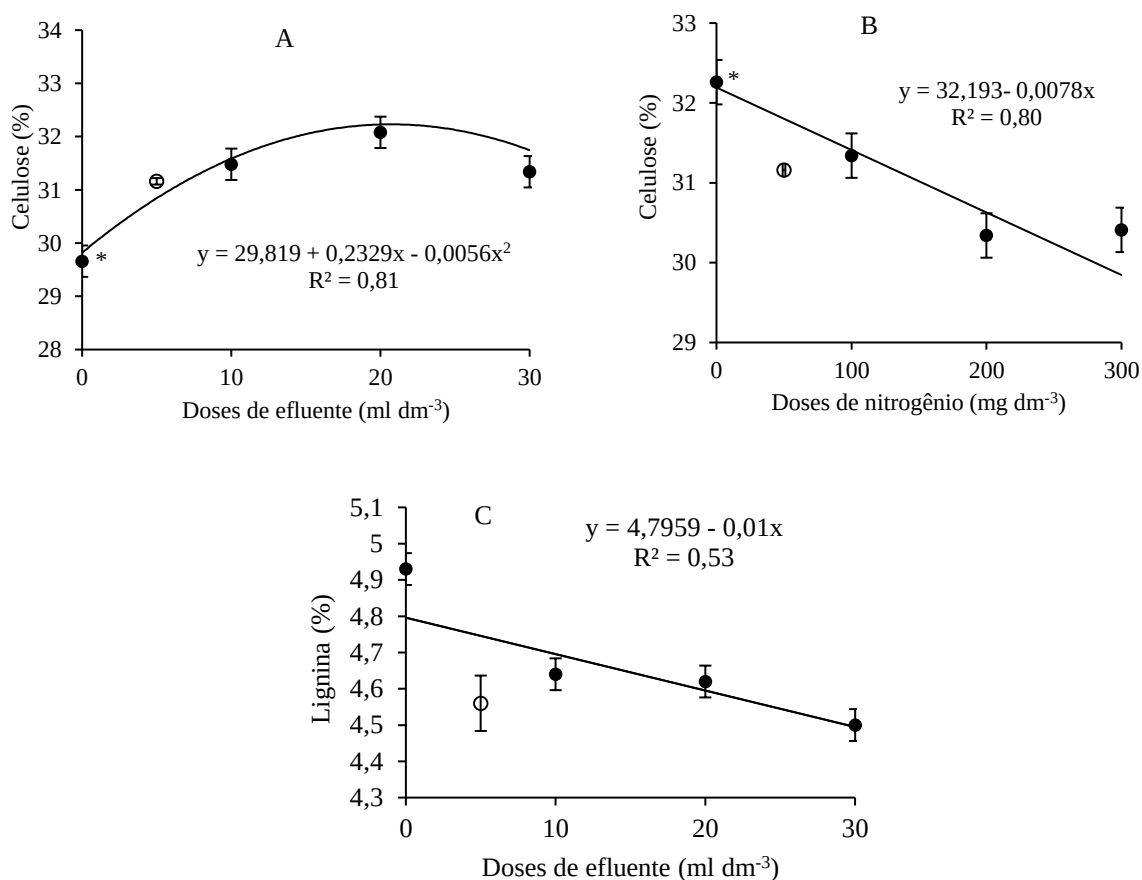
Os valores obtidos para as fibras no presente estudo, estão dentro dos parâmetros considerados normais para a cultivar, pois as frações FDN e FDA na massa seca de gramíneas variam em função de vários fatores como: estágio de maturidade da planta, frequência e altura de corte, fertilidade do solo, condições climáticas entre outros. Quando se trata de produção animal, a FDN e a FDA podem ser usadas para prever o consumo e a digestibilidade da forragem. A FDN relaciona-se ao efeito de enchimento do rúmen e é inversamente à concentração energética da dieta de bovinos (Berchielli *et al.*, 2006).

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 Decumbens. 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). 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 estudo.

Os teores de celulose e lignina para doses de efluente e de N diferiram do tratamento mineral ($P < 0,05$). Para doses de efluente o ajuste nos teores de celulose foi quadrático, onde o maior valor foi de 32% para 21 ml efluente dm^{-3} (Figura 7A), já para as doses de nitrogênio apresentou-se um efeito linear decrescente, com redução de 0,0078% para cada mg de nitrogênio aplicado por dm^{-3} de solo (Figura 7B). Os valores de celulose apresentados no presente estudo estão próximos aos encontrados por Valadares Filho *et al.*, (2015) para capim Marandu com 30 dias de rebrota, que foi de 28,8%. Segundo Brennecke *et al.* (2007) a energia contida na celulose e hemicelulose é a principal contribuição das forragens para suprir as exigências nutricionais para manter crescimento e/ou produção de ruminantes.

Figura 7. Teores de celulose (A) na parte aérea do capim Decumbens em função das doses de efluente de silagem e nitrogênio (círculo fechado) e do fertilizante mineral (círculo aberto). Teores de lignina (C) em função das doses de efluente. *médias diferem do tratamento com fertilizante mineral pelo teste de Dunnett ($P \leq 0,05$). As barras verticais representam o erro padrão da média.

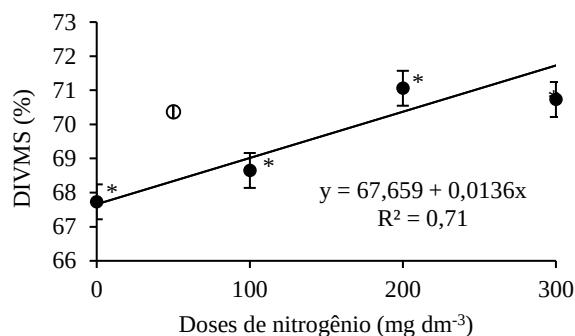


Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O teor de lignina apresentou efeito apenas para doses de efluente, com ajuste linear e uma redução de 0,01 % de lignina vaso⁻¹ por ml de efluente aplicado (Figura 7C).

A DIVMS apresentou efeito linear apenas para os tratamentos com doses de nitrogênio, com incremento de 0,0136% na DIVMS vaso⁻¹ para cada mg de nitrogênio aplicado por dm⁻³ (Figura 8). A resposta linear na DIVMS em função do aumento das doses de nitrogênio ocorreu, provavelmente, pela redução do conteúdo fibrosos. O aumento de doses de N reduz o teor de fibra e, conseqüentemente eleva a digestibilidade. Quadros & Rodrigues (2006), estudando o valor nutritivo dos capins *Panicum maximum* cv. Tanzânia e cv. Mombaça adubados com nitrogênio e sob lotação rotacionada, encontraram aumento linear na DIVMS com o aumento das doses de nitrogênio.

Figura 8. Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) do capim Decumbens em função das doses de efluente e nitrogênio (círculo fechado) e do fertilizante mineral (círculo aberto). *médias diferem do tratamento com fertilizante mineral pelo teste de Dunnett ($P \leq 0,05$). As barras verticais representam o erro padrão da média.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

De maneira geral, o estudo evidencia o potencial de uso de efluentes de silagem como fonte de nutrientes para pastagens, sobretudo quando associado a uma fonte mineral de N, o que é interessante considerando-se a reciclagem de nutrientes, que pode proporcionar economia de recursos financeiros ao agropecuarista para a aquisição de fertilizantes. Além disso consistir numa forma de destinação mais adequadas desses resíduos ao meio ambiente, que tem potencial poluidor, sobretudo de mananciais.

4 CONCLUSÃO

O efluente de silagem proporcionou aumento na produtividade de matéria seca do capim Decumbens até a dose de 30 ml dm⁻³, independentemente da adubação nitrogenada, sem interferir nas características bromatológicas do capim para a nutrição animal, o que indica que pode ser utilizado em aplicações nas pastagens como forma de substituição parcial da adubação mineral, o que promove economia com a aquisição de fertilizantes minerais.

A adubação nitrogenada proporcionou incremento na produtividade de matéria seca do capim Decumbens até a dose de 188 mg dm^{-3} de N, podendo ser recomendada essa dose para a adubação do capim Decumbens de forma associada com o efluente de silagem, assim promovendo a reciclagem de parte dos nutrientes demandados pela forrageira.

A adubação nitrogenada associada ao efluente de silagem promoveu melhoria no valor nutricional do capim Decumbens, com aumento dos teores de proteína bruta, e redução nos teores de FDN, FDA, celulose e lignina, o que contribui para o aumento da digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Isto, reflete positivamente no desempenho e produção animal.

Os resultados do presente estudo demonstram o potencial fertilizante do efluente de silagem para uso em pastagens, destacando a necessidade de aprofundar estudos com o uso desses resíduos, inclusive com efluentes oriundos de silagens de outras forrageiras, sendo interessante a avaliação da sua composição, assim como da dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSES

Declaramos para os devidos fins, não há nenhum tipo de conflitos de interesses.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal e a Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, pela concessão de infraestrutura e custeio do experimento

REFERÊNCIAS

- 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. v. 40, n. 7, p. 1405-1411, 14 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700002>
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. Official methods of analysis 22. ed Edition (New York, 2023; online edn, AOAC Publications, 4 Jan. 2023), <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>, accessed 18 Dec. 2024.
- BARCELOS, A. F.; CARVALHO, J. R. R.; TAVARES, V. B.; GONÇALVES, C. C. M. Valor nutritivo e características fermentativas da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca de café. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v.19, p.1-12, e-27432, 2018. DOI: 10.1590/1809-6891v19e-27432
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de ruminantes. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583p.
- BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; SIQUEIRA, G. R.; DOMINGUES, F. N.; RÊGO, A. C. Produção de efluente de silagens de capim- marandu contendo polpa cítrica peletizada. *Revista de Ciências Agrárias: Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Science [Internet]*. Out/Dez v.56, n.4, p..26-30. 2013. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.049>
- BEZERRA, J. D. V.; EMERENCIANO NETO, J. V.; ALVES, D. J.S .; BATISTA NETA, I. E.; GALDINO NETO, L. C.; SANTOS, R. S.; DIFANTE, G. S. Productive, morfogenic and structural characteristics of *Brachiaria brizantha* cultivars grown in two types of soil. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 9, n. 7, p. e129972947, 2020. DOI: 10.33448/rsd.v9i7.2947. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/2947>. Acesso em: 7 dez. 2024.
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1995.tb02323.x>
- BLACK, C.A. Soil-plant relationship. New York: John Wiley, 1968. p.507-557.
- BOLFE, É. L.; VICTORIA, D. D. C.; SANO, E. E.; BAYMA, G.; MASSRUHÁ, S. M. F. S.; DE OLIVEIRA, A. F. Potential for Agricultural Expansion in Degraded Pasture Lands in Brazil Based on Geospatial Databases. *Land* 2024, 13, 200. <https://doi.org/10.3390/land13020200>.
- BOLFE, É. L.; VICTORIA, D. D. C.; SANO, E. E.; BAYMA, G.; MASSRUHÁ, S. M. F. S.; DE OLIVEIRA, A. F. Potential for Agricultural Expansion in Degraded Pasture Lands in Brazil Based on Geospatial Databases. *Land* 2024, 13, 200. <https://doi.org/10.3390/land13020200>.
- BRENNECKE, K. et al. Efeitos de doses de sódio e nitrogênio na digestibilidade in vitro do capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) pers.), em duas idades de corte no verão de 2001/02. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, v.64, n.3, p.185-190, 2007.
- 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. DOI: 10.4025/actascianimsci.v26i3.1837

CITRUSBR. *Compromisso de Transparência*, São Paulo, 2016, disponível em: <http://www.citrusbr.com/download/Dados_processamento_safrat2015-2016.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V. et al. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.33, n.6, p.1578-1585, 2009. <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/7061>

DOUST, A. N. Grass architecture: genetic and environmental control of branching. Current Opinion in Plant Biology, St. Louis, v.10, p.21-25, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2006.11.015>

DUARTE, C. F. D.; CECATO, U.; HUNGRIA, M.; FERNANDES, H. J.; BISERRA, T. T.; MAMÉDIO, D.; GALBEIRO, S.; NOGUEIRA, M. A. Inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal em *Urochloa Ruziziensis*. Research, Society and Development, v.9, n.8, e630985978, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5978>

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.

GEBREHANNA, M. M.; GORDON, R. J.; MADANI, A.; VANDERZAAG A. C.; WOOD, J. D. Silage effluent management: a review. Journal of Environmental Management. v.143, p.113-122, 2014. doi: 10.1016/j.jenvman.2014.04.012. Epub 2014 Jun 3. PMID: 24905641.

HEINRICHS, R.; MONREAL, C. M.; SANTOS, E. T.; SOARES FILHO, C. V.; REBONATTI, M. D.; TEIXEIRA, N .M.; MOREIRA, A. Phosphorus Sources and Rates Associated with Nitrogen Fertilization in Mombasa Grass Yield. Communications in Soil Science and Plant Analysis. v.47. n.5, p.657–669, 2016. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1141923>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos. Rio de Janeiro: Intututo Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. v.8, 105p. Available from: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf . Accessed: Dec. 10, 2024.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. Proceedings... São Pedro: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.29-37.

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. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9201>

MACEDO JUNIOR, G. L.; ZANINE, 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. <http://www.uece.br/cienciaanimal/dmdocuments/Artigo1.2007.1.pdf>

McDONALD, P, HERDERSON, A.R., HERON, S.J.E. The biochemistry of silage. 2Ed. Malow: Chalcombe Publications, p.167-249. 1991.

MINIGHIN, D.; C.; L. G.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G.; CARVALHO, W. T. V. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. *Pubvet*, [S. l.], v.11, n.10, 2017. DOI: 10.22256/PUBVET.V11N10.1036-1045. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/1256..> Acesso em: 20 dez. 2024.

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. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00352.x>

QUADROS, D. G.; RODRIGUES, L. R. A. Valor nutritivo dos capins Tanzânia e Mombaça adubados com nitrogênio e sob lotação rotacionada. *Acta Scientiarum. Zootechny*, Maringá, v.28, n.4, p.385-392, 2006. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=1807-8672&lng=en&nrm=iso

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

ROBERTSON, J. B.; VAN SOEST, P. J. The detergent system of analysis and its application to humam foods. In: JAMES, W.P.T.; THEANDER, O. (Eds.). The analysis of dietary fiber in food. New York: Marcel Dekker, 1981. p123-158.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C. Plant physiology. California: Wadsworth Publishing Company, 1969. 747 p.

SAMUEL, A.; DINES, L. Conservation of grass and forage crops, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Lockhart and Wiseman' s Crop Husbandry Including Grassland (Tenth Edition), Woodhead Publishing, 2023, p.605-624, ISBN 9780323857024, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85702-4.00018-2>.

SANTOS, E. F. dos; MIRANDA, E. S.; FONSECA, A. R. da; SANTOS, L. R. A. dos; PEREIRA, T. B.; MARQUES, E. C. S.; LUCAS, M. F.; CABRAL, L. da S.; NEGRÃO, F. de M. Perdas e composição química da silagem de capim marandu com inclusão de farelo de arroz. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v.7, n.2, 2024. e69280 . <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-042>

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. 588p. <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>

SBRISSIA, A. F., SCHMITT, D., DUCHINI, P. G.; DA SILVA, S. C. Unravelling the relationship between a seasonal environment and the dynamics of forage growth in grazed swards. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.206, n.5, p.630-639, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12402>

SILVA, V. F. da; SOUZA, F. J. A. de; SILVA, J. R. da; SILVA FILHO, A. S.; MIRANDA, E. S.; OLIVEIRA, J. C. A. de; MESQUITA, A. A.; NEGRÃO, F. de M. (2024). Uso de aditivos nas silagens de capins tropicais: revisão de literatura. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v..7, n.2, e68716. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-002>

SILVA J.L.; RIBEIRO, K.G.; HERCULANO, B.N. PEREIRA, O.G.; PEREIRA, R.C.; SOARES, L.F.P. Massa de forragem e características estruturais e bromatológicas de cultivares de *Brachiaria* e *Panicum*. Ciência Animal Brasileira, v.17, p.342-348, 2016. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i332914>

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the “in vitro” digestion of forage crops. The Journal of the British Grassland Society, v.18, n.2, p.104-111, 1963. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>Citations: 4,324

VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO, P. A. S.; FURTADO, T.; CHIZZIOTTI, M.L.; AMARAL, H. F. CQBAL 4.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes. Viçosa: Ed. UFV. 2018. 473p. Disponível em: www.cqbal.com.br

VERAS, E. L. L.; DIFANTE, G. S.; GURGEL, A. L. C.; COSTA, A. B. G.; RODRIGUES, J. G.; COSTA, C. M.; COSTA, P. R. Tillering and structural characteristics of *Panicum* cultivars in the Brazilian semiarid region. Sustainability, v.12, 3849, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12093849>

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

YDOYAGA, D. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SILVA, M. C.; SANTOS, V. F.; FERNANDES, A. P. M. Métodos de recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. no Agreste Pernambucano. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 699-705, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000300010>