



Características agronômicas e qualidade da silagem de capim-massai adubado com fontes nitrogenadas orgânicas e inorgânicas

Agronomic performance and silage quality of Massai grass fertilized with organic and inorganic nitrogen sources

Bruno Páscoa Medeiros¹ , Livia Victoria da Costa Gomes¹ , Fernando Sarmento de Oliveira¹ , Glêidson Bezerra de Góes¹ , Jefte Arnon de Almeida Conrado^{*1} 

1 Faculdade de Tecnologia CENTEC Sertão Central, Ceará, Quixeramobim, Brasil 

*autor correspondente: jefte_annon@hotmail.com

Recebido: 09 de dezembro de 2024. Aceito: 12 de maio de 2025. Publicado: 18 de junho de 2025. Editor: Rondineli P. Barbero

Resumo: O estudo teve por objetivo analisar o efeito do tipo de fonte de adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento e produção da biomassa de capim-massai, bem como a composição química da silagem produzida na colheita. O experimento foi desenvolvido em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e oito repetições, sendo-os: Adubação com cama de frango (CF), esterco bovino (EB) e ureia. Foram analisadas variáveis produtivas e estruturais, tais como: altura do dossel, densidade populacional de perfilhos, número de folhas vivas e biomassa de forragem total; e variáveis químicas da silagem, como: matéria-seca, umidade, matéria mineral, matéria orgânica, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos. Observou-se que o tipo de fonte influenciou a estrutura do dossel ($P < 0,05$), tendo o tratamento com ureia apresentando superioridade nas variáveis DPP e NFV. Já na composição química da silagem, notou-se apenas diferença significativa ($P < 0,05$) em FDN e PB, tendo o tratamento com EB apresentando o maior (69,55%) e menor (5,90%) valor, respectivamente, quando comparado com U e CF. A adubação orgânica utilizando CF ou EB pode ser utilizada como agente de intensificação da produção de biomassa sem comprometer a qualidade da silagem, sendo a aplicação na dose de 300 kg de N ha⁻¹ a que apresentou melhores resultados quanto à produção de biomassa de forragem.

Palavras-chave: biomassa; estrutura vegetal; produção sustentável; silagem.

Abstract: In this study, we aimed to evaluate the effects of different nitrogen fertilization sources on the growth and biomass yield of Massai grass, as well as on the chemical composition of the resulting silage at harvest. A completely randomized design was used with three treatments and eight replicates: poultry litter (PL), cattle manure (CM), and urea. Productive and structural variables were analyzed, including canopy height, tiller population density (TPD), live leaf count (LLC), and total forage biomass. Chemical variables of the silage were also evaluated, including dry matter, moisture, mineral matter, organic matter, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber, crude protein (CP), ether extract, total carbohydrates, and non-fibrous carbohydrates. The type of nitrogen source significantly affected canopy structure ($P < 0.05$), with urea showing superior values for TPD and LLC. In terms of silage composition, significant differences ($P < 0.05$) were observed only for NDF and CP. The CM treatment exhibited the highest NDF (69.55%) and the lowest CP (5.90%) compared to those of the urea and PL treatments. Organic fertilization with PL or CM can enhance biomass production without compromising silage quality, and a nitrogen application rate of 300 kg N ha⁻¹ yielded the best results for forage biomass.

Key-words: biomass; plant structure; sustainable production; silage.



1. Introdução

No semiárido, as chuvas irregulares e os solos rasos impõem grandes desafios à produção de forragens. Por conta desses fatores, o uso de cultivares mais resistentes e adaptadas, bem como a adoção de estratégias de manejo que favoreçam a produtividade dessas espécies, tem se tornado uma prática cada vez mais necessária entre os produtores⁽¹⁾.

Atualmente, diversas espécies forrageiras apresentam elevado potencial produtivo, desde que manejadas de forma adequada. Entre essas espécies, destacam-se as pertencentes ao gênero *Megathyrsus maximus* (syn. *Panicum maximum* Jacq), que compreendem cultivares adaptadas a distintas condições edafoclimáticas do Brasil e reconhecidas pela elevada produtividade de biomassa por hectare. Segundo Lopes et al.⁽²⁾, o capim-massai é uma dessas cultivares de destaque, amplamente utilizada por pequenos, médios e grandes produtores, sendo altamente responsiva a sistemas de manejo intensivo.

Dentre as práticas que favorecem o aumento da produtividade e da qualidade da forragem, a adubação nitrogenada ocupa papel central. De acordo com Vasconcelos et al.⁽³⁾, o nitrogênio contribui significativamente para a produção de biomassa, promovendo alterações estruturais e morfogênicas no dossel forrageiro. Isso ocorre porque o N é o elemento mais móvel na planta, participando diretamente da síntese de clorofila, proteínas e ácidos nucleicos.

Nesse contexto, a ensilagem do capim surge como uma estratégia eficiente de conservação da forragem produzida, permitindo o aproveitamento do excedente da produção durante o período chuvoso e garantindo oferta de alimento volumoso de qualidade na época seca. Além disso, a silagem do capim-massai adubado adequadamente pode apresentar teores nutricionais superiores, sobretudo no que se refere à proteína bruta e à digestibilidade, agregando valor ao sistema produtivo. Segundo Silva et al.⁽⁴⁾, a ensilagem de capins tropicais é uma alternativa interessante, mas apresenta fatores limitantes, pois, invariavelmente, essas plantas apresentam baixos teores de matéria seca e de carboidratos solúveis, além de uma alta capacidade tamponante no momento ideal do corte.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes de adubação nitrogenada na produtividade do capim-massai e na composição química de sua silagem.

2. Material e métodos

2.1 Caracterização da área experimental e do período de estudo

O experimento foi conduzido na Faculdade de Tecnologia CENTEC Sertão Central (FATEC Sertão Central), localizada no município de Quixeramobim/CE, entre os meses de março a junho de 2024, tendo sido realizadas neste período tanto as análises agronômicas quanto as químicas da silagem. O município de Quixeramobim está localizado na Mesorregião do Sertão Central cearense, distante cerca de 211 km de Fortaleza. Possui área territorial de 3.324,98 km² e uma população estimada de 82.122 habitantes⁽⁵⁾, com 39,59% desta vivendo na zona rural⁽⁶⁾.

A caracterização climática de Quixeramobim é semiárida do tipo BSh'w', segundo a classificação de Köppen-Geiger⁽⁷⁾, com estação chuvosa de janeiro a junho, e o município está situado a uma altitude de 191,74 m, com latitude e longitude de 05°11'57" e 39°17'34", respectivamente. Os dados das temperaturas máxima, média e mínima do período experimental foram coletados na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 0,1 km da área experimental (Figura 1).

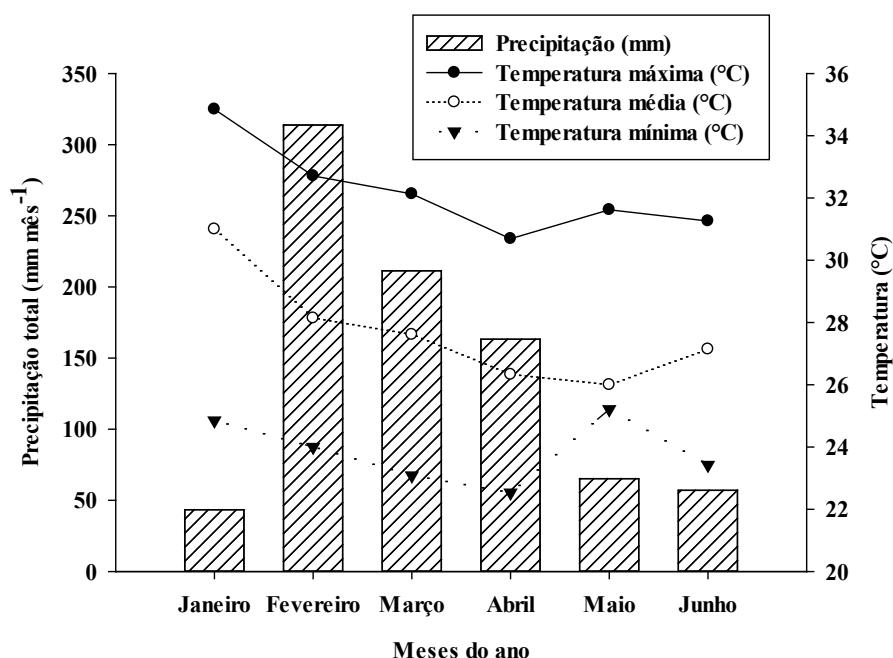


Figura 1. Precipitação (mm), temperaturas máxima, média e mínima (°C) do período das águas no local experimental

2.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram na avaliação do desempenho produtivo e da composição química da silagem do capim-massai (*Megathyrsus maximus* Jacq. B.K.Simon & Jacobs) (Syn. *Panicum maximum* Jacq cv. Massai), manejado sob diferentes fontes de adubação nitrogenadas, sendo cama de frango (CF), esterco bovino (EB) ou ureia em sequeiro durante os meses de janeiro a junho de 2024. O capim foi manejado em parcelas experimentais de 2,03 m² com oito repetições para cada tratamento em um delineamento inteiramente casualizado durante sessenta dias, tendo sido utilizados 15 kg de sementes por hectare, determinado de acordo com as equações 1 e 2⁽⁸⁾:

$$(1) \text{ VC } (\%) = \frac{(P \times G)}{100}$$

onde:

Valor cultural (VC), pureza (P), germinação (G).

$$(2) \text{ TMS } \left(\text{kg de sementes} \frac{\text{ha}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{PVC}/\text{ha}}{\text{VC } (\%)}$$

onde:

Taxa mínima de semeadura (TMS) e pontos de valor cultural (PVC).

2.3 Condução da cultura e variáveis resposta

Trinta dias após o plantio, a adubação de cobertura foi realizada manualmente e a demarcação das parcelas experimentais com fitas coloridas, de modo a facilitar a diferenciação de cada tratamento, sendo: preto para ureia, cinza para CF e dourado para EB. Foram aplicadas cerca de 20 toneladas de CF/

ha, 85 toneladas de EB e 0,667 toneladas de ureia/ha. Estas quantidades correspondem ao equivalente de 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, valor recomendado para sistemas de maior nível tecnológico(9), e foram aplicadas de uma única vez. Foram considerados, ainda, os teores médios de 3% e 0,7% de N para CF e EB, com uma taxa de mineralização de 50%⁽¹⁰⁾, e 45% de N para ureia.

Após sessenta dias do plantio, o capim foi cortado (MS = 26% + 1,2%). Essa idade foi utilizada, pois, além de se aproximar de 95% da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e do desenvolvimento radicular do dossel, o que garantiria uma biomassa com qualidade devido à alta relação folha: colmo⁽¹¹⁾, esse período encontra-se em conformidade com o período de carência para o uso em pastagens, estabelecido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária^(12, 13).

As variáveis analisadas foram altura do dossel (AD), densidade populacional de perfilhos (DPP), número de folhas vivas por perfilho (NFV) e biomassa de forragem total (BFT) em kg de MS por ha. Para determinação da AD foi utilizado um bastão graduado retrátil, onde foi contabilizada a partir da superfície do solo até a curvatura da última folha recém expandida em um número mínimo de 10 pontos por parcela experimental; além disso, este momento foi usado para quantificar o NFV. Já para determinar DPP, foi utilizada uma moldura de 0,0625 m² em um número mínimo de 2 molduras por parcela, de modo a quantificar a média representativa. Após isso, a biomassa fresca de forragem de dentro da moldura foi colhida, mantendo uma altura de resíduo de 15 cm. Em seguida, foram pesadas e uma alíquota de 200 g foi acondicionada em sacos de papel e levada à estufa de ventilação com circulação de ar forçada a 55°C até atingir peso constante, quando novamente foram pesadas para determinação da matéria seca ao ar e posteriormente corrigida em estufa a 105°C, para obtenção da biomassa de forragem total (BFT) em kg de MS por ha.

De modo a avaliar a composição química da silagem, o material remanescente das molduras e parcelas foi cortado em partículas entre 10 a 30 mm (1 a 3 cm), sendo, após isso, armazenado em silos experimentais de PVC (Policloreto de vinila) dotados com tampas, válvula do tipo Busen (que impedia a entrada de ar e favorecia a saída dos gases), tela excludora e areia (cuja função era absorver os efluentes produzidos pela fermentação), sendo usado um tubo de PVC por tratamento. Logo, cada tubo possuía uma capacidade de armazenamento de 0,00241 m³, determinado de acordo com a Equação 3:

$$(3) V = \pi \times r^2 \times h$$

onde:

V = Volume (m³); $\pi = 3,1416$ (Pi); r^2 = raio ao quadrado; h = altura.

As dimensões do cilindro em PVC eram 10 cm de largura e 26 cm de altura, tendo sido armazenado aproximadamente 1,22 kg em cada unidade de tubo, o equivalente a uma densidade de compactação de 600 kg/m³, permanecendo fechado durante trinta dias(14). Após isso, a silagem foi avaliada, tendo sido pré-secada em estufa de 55 °C e retirada o restante da umidade em estufa a 105 °C, para determinação da matéria seca (MS), umidade, matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE)(15), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA)⁽¹⁶⁾, e carboidratos totais (CHOT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram analisados.

Para o cálculo de carboidratos totais (CHOT), aplicou-se a Equação 4, conforme Sniffen *et al.*⁽¹⁷⁾, e para a determinação dos carboidratos não fibrosos utilizou-se a Equação 5:

$$(4) CHOT=100-(PB\%+EE\%+MM\%)$$

onde:

(5) CHOT = Carboidratos total; PB= Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; MM = Matéria mineral.

$$CNF=100-(PB\%+FDN\%+EE\%+MM\%)$$

onde:

CNF = Carboidratos não fibrosos; PB= Proteína bruta; FDN = Fibra de detergente neutro; EE = Extrato etéreo; MM = Matéria mineral.

2.4 Análise estatística

Para a análise estatística, os dados foram submetidos à avaliação da normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($P<0,05$) e homoscedasticidade, por meio da visualização gráfica dos resíduos. Quando os pressupostos foram atendidos, foi realizada a análise de variância (ANOVA) pelo teste “F”, e, quando significativas as médias, foram comparadas pelo teste de Tukey ($P<0,05$), utilizando o comando PROC MIXED do programa estatístico SAS University Edition. Após isso, os gráficos foram gerados pelo programa SigmaPlot⁽¹⁸⁾.

3. Resultados e discussão

Observou-se diferença significativa ($P<0,05$) para as variáveis estruturais AD ($P = 0,0188$), DPP ($P<0001$) e NFV ($P<0001$), demonstrando que o tipo de fonte interferiu na dinâmica de desenvolvimento da planta. Para a variável BFT não houve diferença ($P = 0,1009$), sendo possível encontrar a produção de 3.751,60 kg de MS ha⁻¹.

Para a variável AD, o tratamento EB apresentou a maior média (94,26cm), sendo superior em 4,61% e 7,08% para os tratamentos com CF e ureia, respectivamente. Comportamento inverso ao observado nas demais variáveis estruturais, onde as maiores médias ocorreram no tratamento com ureia, sendo este superior em 27,10% e 66,85% na DPP, e 20,83% e 29,08% no NFV para os tratamentos CF e EB, respectivamente. É possível que isto esteja associado ao efeito do nitrogênio, que se torna rapidamente disponível na fonte inorgânica (ureia) quando comparado às fontes orgânicas (CF e EB) (Tabela 1).

As distintas fontes de adubação influenciam a velocidade de liberação dos nutrientes no solo, o que pode afetar tanto a produtividade quanto a qualidade da biomassa de forragem produzida^(19, 20). De um modo geral, os fertilizantes orgânicos, como cama de frango e esterco bovino, liberam nutrientes de forma gradual, o que promove efeitos residuais considerados positivos, pois acaba contribuindo para a sustentabilidade do sistema a longo prazo. Por outro lado, a ureia, sendo classificada como uma fonte inorgânica de rápida disponibilidade, pode resultar em perdas por volatilização, o que reduz a eficiência do uso do nitrogênio. De acordo com Primavesi et al.⁽²¹⁾, a causa dessas perdas está relacionada à falta de chuvas, bem como às elevadas temperaturas logo após a aplicação da ureia no solo. Esses aspectos são cruciais, especialmente em avaliações de longo prazo, pois impactam a eficiência de outros insumos e a resposta das plantas em ciclos sucessivos. Ainda segundo Primavesi et al.⁽²¹⁾, a adubação das pastagens,

principalmente aquela relacionada ao uso do nitrogênio, é um dos fatores mais importantes na determinação do nível de produção de biomassa de forragem, com os maiores incrementos ocorrendo, de um modo geral, na faixa de 300 a 400 kg/ha/ano de N, que foi o valor adotado na pesquisa.

Tabela 1. Variáveis produtivas e estruturais do capim-massai aos sessenta dias manejado sob diferentes fontes de adubação nitrogenada no período das águas.

Tratamento	Altura (cm)	DPP (perfilho/m ²)	BFT Kg MS ha	NFV Folhas/perfilho
Ureia	88,02B	1.419,50A	3.655,50A	4,35A
Cama de frango	90,12AB	1.116,75B	3.643,12A	3,60B
Esterco bovino	94,26A	850,75C	3.956,19A	3,37BC
Média	90,80	1.129,00	3.751,60	3,77
CV (%)	2,77	6,41	5,46	3,90
P-Valor	0,0188	<.0001	0,1009	<.0001

Densidade populacional de perfilhos (DPP); Biomassa de forragem total (BFT); Número de folhas vivas (NFV); Coeficiente de variação (CV). Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$) de probabilidade.

Essas informações demonstram a possibilidade do uso da CF em substituição da ureia no momento de utilização como adubação nitrogenada, haja vista a sua concentração de N. De acordo com Marques et al.⁽²²⁾, a resposta linear do perfilhamento à adubação nitrogenada está associada ao estímulo que o nutriente promove no crescimento e multiplicação de células vegetais, uma vez que este é composto de proteínas e ácidos nucleicos celulares capazes de impulsionar a germinação das gemas dormentes e aumentar o número de folhas vivas. Além disso, Fialho et al.⁽²³⁾ reforçam que, de modo a não comprometer o uso da radiação solar, a planta reduz sua altura (comportamento encontrado neste estudo no tratamento com ureia), favorecendo a entrada de luz no interior do dossel (relação tamanho/densidade), possibilitando a germinação das gemas basais.

Além disso, Lopes et al.⁽²⁾ descreveram ainda que o maior NFV no perfilho indica uma idade mais avançada, pois o número de folhas vivas por perfilho é o resultado da variável duração de vida das folhas (DVF) e, portanto, constitui uma característica genotípica estável quando não se tem deficiências nutricionais. No entanto, a elevação da adubação nitrogenada pode antecipar o momento de desfolhação da planta, haja vista o avançar da idade do dossel.

Não se verificou diferença significativa nas variáveis MS ($P=0,2366$; CV = 4,55%), umidade ($P=0,2366$; CV = 1,44%), MM ($P = 0,6234$; CV = 10,66%) e MO ($P = 0,5434$; CV = 2,70%), tendo sido identificadas as seguintes médias: 24,01%, 75,98%, 11,04% e 89,81%, respectivamente (Figura 2A e 2B), o que demonstra que a aplicação de fontes orgânicas, como a CF e EB de 300 kg de N ha⁻¹, podem ser uma estratégia viável de intensificação da produção de biomassa com um custo operacional menor quando comparado à fonte inorgânica (ureia).

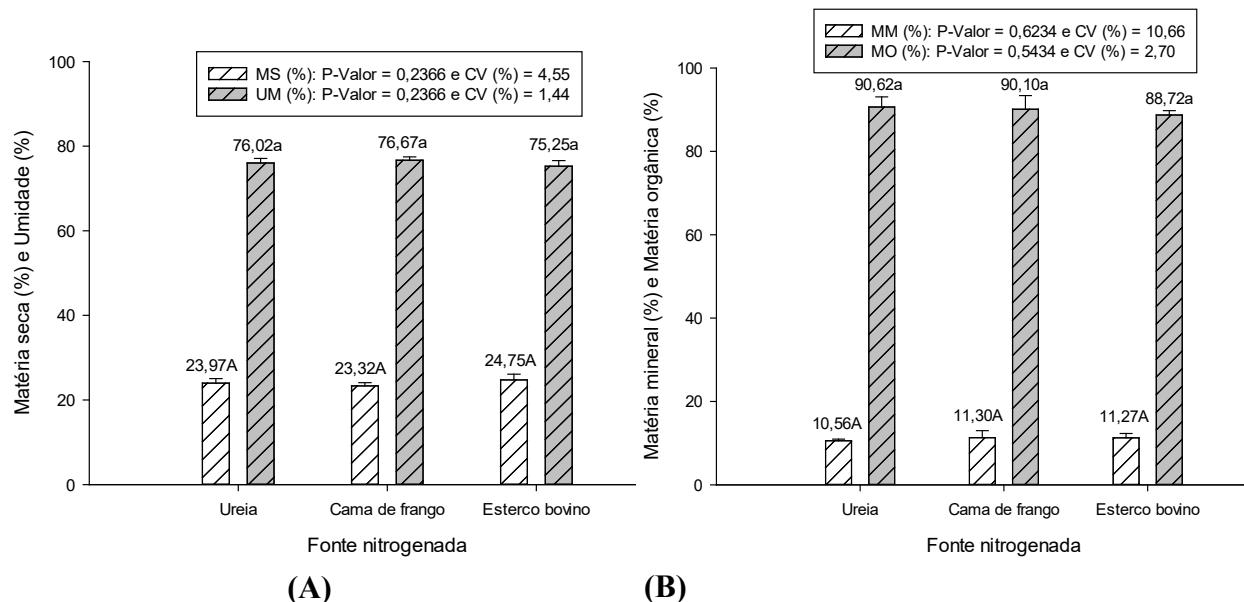


Figura 2. Matéria seca e umidade (A), e matéria mineral e orgânica (B) da silagem de capim-massai manejado sob diferentes fontes de adubação nitrogenada.

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas colunas cinzas e maiúsculas nas colunas brancas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$) de probabilidade.

Observou-se diferença estatística ($P<0,05$) apenas para as variáveis FDN ($P = 0,0009$; CV = 0,94%) e PB ($P = 0,0003$; CV = 3,10%), havendo semelhança deste modo em FDA ($P = 0,2636$; CV = 2,19%), EE ($P = 0,7401$; CV = 25,91%), CHOT ($P = 0,4996$; CV = 1,74%) e CNF ($P = 0,2198$; CV = 10,04%), tendo sido encontradas, desta forma, as seguintes médias: 46,94%; 2,07%; 80,48% e 12,30%, respectivamente.

Os valores encontrados em FDN e PB para o tratamento com esterco bovino apresentou a maior e menor média, respectivamente, demonstrando que este manejo influenciou no acúmulo de parede celular, reduzindo-se assim o seu conteúdo. No entanto, observa-se que os valores em ambas as variáveis são muito próximos, o que reforça a hipótese de que as fontes orgânicas podem ser uma estratégia favorável à intensificação da produção de biomassa. Valores semelhantes foram encontrados no trabalho de Orrico Júnior *et al.*⁽²⁴⁾, onde se avaliou diferentes idades de corte e o impacto desse manejo na composição bromatológica da silagem do capim-massai. Porém, vale-se destacar que altos teores de FDN impactam na redução do consumo de biomassa pelos ruminantes. Isto se dá devido a sua maior capacidade de preenchimento ruminal, porém, menores valores dessa fração são considerados positivos, uma vez que a sua presença é um importante regulador de consumo, devido a sua lenta degradação e reduzida taxa de passagem.

Já na FDA, um dos grandes constituintes é a lignina, que se constitui de um polímero fenólico que se associa aos carboidratos estruturais (Celulose e hemicelulose) da parede celular vegetal. Com isso, a sua presença em excesso influencia a taxa de degradação efetiva dos alimentos volumosos consumidos, pois limita a digestão e absorção desses carboidratos no rúmen, que são consideradas as maiores fontes de energia utilizadas pelos ruminantes⁽²⁵⁾.

Uma abordagem estudada nos últimos anos para mitigar os efeitos da alta FDN na silagem envolve a aplicação de doses mais altas de nitrogênio, o que – dependendo das condições ambientais – pode alterar o conteúdo de FDN nas forragens (tipicamente maior que 55%–60% da MS)⁽²⁶⁾. Outra estratégia é a inclusão de coprodutos e subprodutos agroindustriais, que servem como fontes adicionais de carboidratos solúveis durante a fermentação da silagem, aumentando assim o valor nutricional e

melhorando a digestibilidade da biomassa. Bonfá *et al.*⁽²⁷⁾ observaram que a incorporação de até 50% de subprodutos de maracujá reduziu a concentração de FDN para 63,53% e FDA para 36,39%. O mesmo comportamento foi observado por Bonfá *et al.*⁽²⁸⁾ quando a casca de abacaxi foi usada como subproduto. Essas descobertas sugerem que a CF, como usada neste estudo, não reduziu o conteúdo de fibra nem alterou significativamente a estrutura da parede celular, mantendo assim a biomassa com boa aceitabilidade para ruminantes.

Em relação ao teor de PB, verificou-se que os valores encontrados foram em 7%, 2,14% e 15,71% menores nos tratamentos CF, U e EB, respectivamente, quando comparado ao recomendado (7%) para que haja o mínimo de funcionamento ruminal⁽²⁹⁾. A adubação nitrogenada é essencial para elevar o teor de proteína bruta (PB) em gramíneas forrageiras, contribuindo para um crescimento vegetal mais rápido e melhorando a qualidade nutricional da forragem. Alguns estudos indicam que o fornecimento adequado desse elemento (N) pode aumentar os teores de PB, aproximando-os ou superando o nível crítico de 7%, necessário para atender às exigências dos microrganismos do rúmen e garantir a digestibilidade eficiente da forragem. No entanto, os valores encontrados neste trabalho foram inferiores ao mínimo, o que pode ter sido reflexo da rápida liberação do nitrogênio, principalmente pela ureia⁽²²⁾.

Porém, esses valores são próximos aos encontrados por Orrico Júnior *et al.*⁽²⁴⁾, quando, em seu trabalho, avaliaram a composição da silagem do capim-massai sem a adição de inoculante bacteriano. Bonfá *et al.*⁽²⁷⁾ observaram incremento no teor de PB na silagem de capim-elefante, alcançando valores próximos a 5% após terem adicionado 50% da casca de abacaxi na massa ensilada, associada à redução dos teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN); proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA). De acordo Anderson⁽³⁰⁾, a PB pode ser melhor aproveitada pelos micro-organismos ruminais, o que favorece o aumento da eficiência de utilização dos nutrientes da silagem. Lira Júnior *et al.*⁽³¹⁾, avaliando a adição da casca de maracujá sobre a silagem de capim-elefante, verificaram efeito positivo deste subproduto sobre o teor de PB (10,00%) encontrado na silagem sem a adição (6,56% de PB); isto ocorreu devido ao maior percentual desse nutriente na casca de maracujá quando comparado ao encontrado no capim-elefante, com exceção da silagem que houve a inclusão de 25% de casca de maracujá sem ter havido emurchecimento. Possivelmente, para este estudo, devido ao elevado teor de umidade, houve perdas de PB, pois, em uma condição como esta, ocorre-se maior decomposição proteica devido a fermentações butíricas, reduzindo a queda do valor nutritivo.

Os valores de EE observados foram semelhantes aos relatos por Oliveira *et al.*⁽³²⁾, em silagem de capim-massai sem inclusão de torta de licuri (*Syagrus coronata*). Nos trabalhos desenvolvidos por Oliveira *et al.*⁽³²⁾ e Anjos *et al.*⁽³³⁾, os valores para CNF e CHOT foram semelhantes aos encontrados nesta pesquisa, demonstrando que o tipo de fonte nitrogenada não interferiu nos resultados, conforme outros tipos de manejo podem reduzir a concentração dessas variáveis. Cruz *et al.*⁽³⁴⁾, ao avaliarem a inclusão de 0%, 10%, 20% e 30% de casca de maracujá (CM) desidratada na silagem de capim-elefante, observaram redução de CHOT e aumento do CNF. Lira Júnior *et al.*⁽³¹⁾ também observaram esse mesmo comportamento ao se adicionar 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da casca de maracujá (CM), bem como o efeito do número de horas do capim-elefante emurcificado, tendo sido encontrados, para a situação de 0% inclusão de CM e 0 hora de emurchecimento, os valores 84,04% e 22,24% para CHOT e CNF, respectivamente.

Logo, a adubação orgânica por meio dos tratamentos CF e EB não interferiu na composição dos carboidratos, pois não houve, neste caso, inclusão externa de ingredientes que pudessem elevar os teores de pectina encontrada na maioria dos subprodutos agroindustriais (por exemplo, casca de maracujá) (Figura 3A, 3B e 3C).

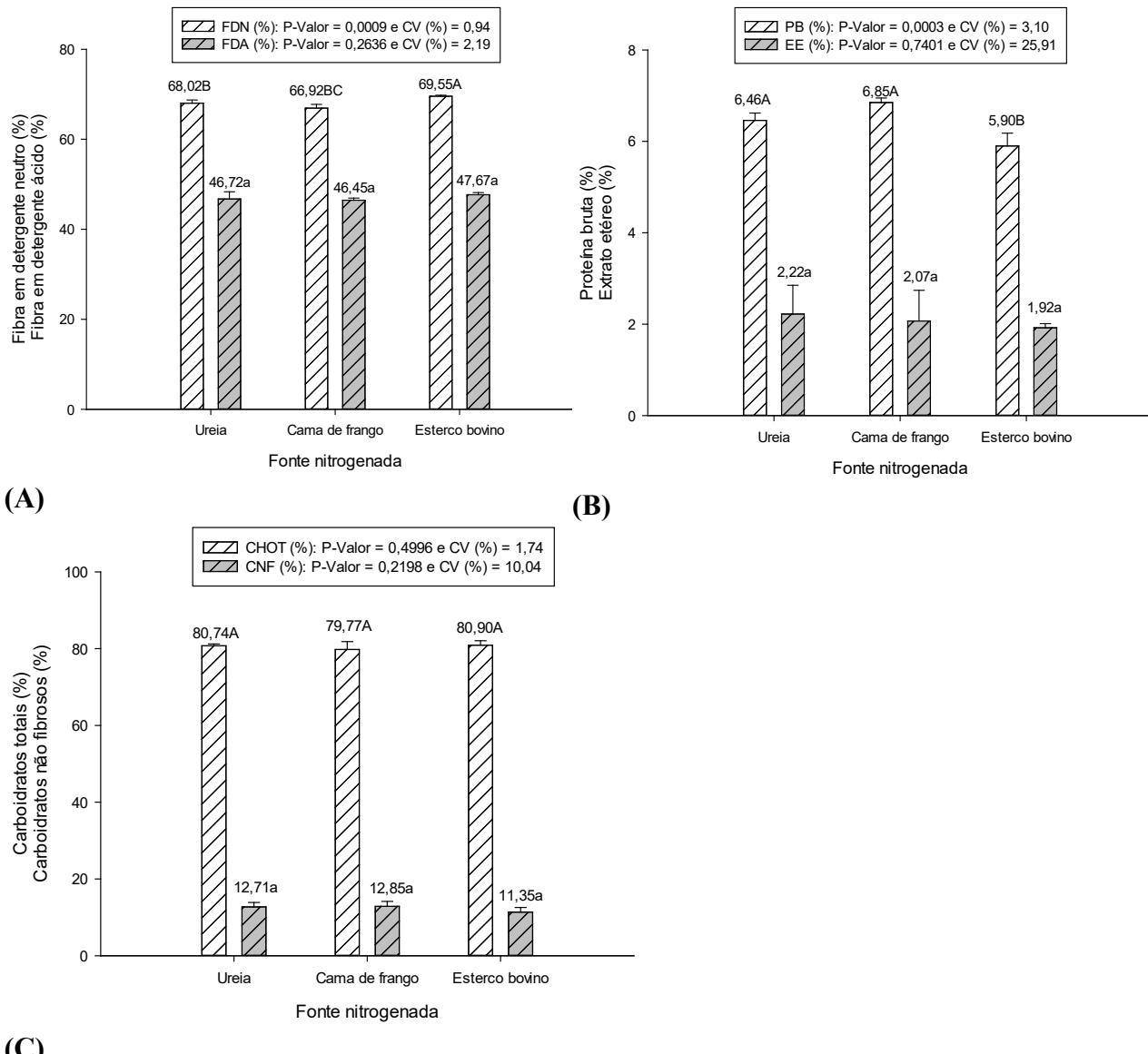


Figura 3. Fibras em detergente neutro e detergente ácido (A), proteína bruta e extrato etéreo (B), e Carboidratos totais e Carboidratos não fibrosos (C) da silagem de capim-massai manejado sob diferentes fontes de adubação nitrogenada.

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas colunas cinzas e maiúsculas nas colunas brancas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$) de probabilidade.

Logo, o manejo inadequado do solo, associado ao uso de culturas em cultivos sucessivos e sem qualquer reposição nutricional mineral e/ou orgânica, causam sérios problemas de desenvolvimento da planta e perda de nutrientes do solo, o que tende a ser potencializado, haja vista que os solos tropicais (por natureza possuem baixo pH) são, na sua grande maioria, trabalhados com pouca ou nenhuma tecnologia de manejo por parte dos agricultores. Com isso, a cama de frango ou o esterco bovino, como um fertilizante rico em nitrogênio e outros compostos, tornam-se uma alternativa viável especialmente por minimizar as perdas de N para o ambiente e garantir maior aporte de nutrientes⁽³⁵⁾.

4. Conclusão

O tipo de fonte de fertilização nitrogenada não interfere na produção total de biomassa forrageira, mas influencia o desenvolvimento estrutural do dossel devido às diferenças na disponibilidade de nitrogênio, o que, por sua vez, afeta a composição química da silagem de capim-massai. A fertilização nitrogenada com cama de frango ou esterco bovino pode ser aplicada em dose única, a uma taxa de 300 kg N ha⁻¹.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

Declaração de disponibilidade de dados

Os dados serão fornecidos mediante solicitação razoável.

Contribuições do autor

Curadoria de dados: B. Medeiros. Investigação: B. Medeiros. Gestão de Projetos: B. Medeiros, L. Gomes, F. Oliveira, G. Góes e J. Conrado. Supervisão: B. Medeiros, L. Gomes, F. Oliveira, G. Góes e J. Conrado. Visualização: B. Medeiros, L. Gomes, F. Oliveira, G. Góes e J. Conrado. Redação (rascunho original): B. Medeiros, F. Oliveira, G. Góes e J. Conrado. Recursos: F. Oliveira, G. Góes e J. Conrado. Conceituação: J. Conrado. Aquisição de Financiamento: J. Conrado. Metodologia: J. Conrado. Validação: J. Conrado.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão de bolsa de Iniciação Científica a Bruno Páscoa Medeiros. Os autores também agradecem à Faculdade de Tecnologia CENTEC Sertão Central pelo apoio tecnológico e estrutural ao longo do estudo.

Referências

1. Conrado JAA, Cavalcante ACR, Tonucci RG, Carneiro MS de S, Cândido MJD. Forage production and preseverntion of species by enriching Caatinga with grasses and thinning areas into strips. Revista Caatinga. 2019;32(3):814-825. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n326rc>
2. Lopes MN, Cândido MJD, Pompeu CFF, Silva RG da, Lacerda CF de, Bezerra FML. Características morfogênicas de dois tipos de perfis e produção de biomassa do capim-massai adubado com nitrogênio durante o estabelecimento. Revista Bioscience Journal. 2014;30(2):666-677. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18133/15207>
3. Vasconcelos ECG, Cândido MJD, Pompeu RCFF, Cavalcante ACR, Lopes MN. Morphogenesis and biomass production of 'BRS Tamani' guinea grass under increasing nitrogen doses Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2020;55(e01235):1-11. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01235>
4. Silva VF, Souza FJA, Silva JR, Silva Filho AS, Miranda ES, Oliveira JCA, Mesquita, AA, Negrão FM. Uso de aditivos nas silagens de capins tropicais: revisão de literatura. Brazilian journal of Animal and Environmental Research. 2024;7(2):e68716. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/68716/48722>
5. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Brasil/Ceará/Quixeramobim. 2022. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/quixeramobim/panorama>
6. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPCE). Perfil básico municipal de 2011. 2011. https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Quixeramobim_2011.pdf
7. Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. Updated world map of the koppenGeiger climate classification. Revista Hydrology and Earth System Sciences Discussions: European Geosciences Union. 2007;11 (5):1633-1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
8. Dias-Filho MB. Formação e Manejo de pastagens. Comunicado técnico 235. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 2012. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/937485/1/OrientalComTec235.pdf>
9. Cantarutti RB, Martins CE, Carvalho MM, Fonseca DM, Arruda ML, Vilela H, Oliveira FTT. In: Ribeiro A C, Guimarães P T G and Alvarez V H. 1nd ed. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5a aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, Viçosa, Minas Gerais, Brasil; 1999. p. 332-341. Portuguese.
10. Gonçalves JM, Peron HJMC, Costa LCD. Fontes alternativas de nitrogênio para intensificação da produção do capim Zuri Revista de Ciências Agroveterinárias. 2022;21(2):107-113. <https://doi.org/10.5965/223811712122022107>

11. Gurgel ALC, Difante GS, Emereciano Neto JV, Souza JS, Veras ELL, Costa ABG, Roberto FFS. Estrutura do pasto e desempenho de ovinos em capim-massai na época seca em resposta ao manejo do período das águas Revista Boletim de Indústria Animal. 2017;74(2):86-95. <https://doi.org/10.17523/bia.v74n2p86>
12. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa nº. 8, de 25 de março de 2004. Proíbe em todo o território nacional a produção, a comercialização e a utilização de produtos destinados à alimentação de ruminantes que contenham em sua composição proteínas e gorduras de origem animal. Diário Oficial da União, de 26 de março de 2004; Seção 1. Portugues. <https://www.gov.br/pt-br/orgaos/ministerio-da-agricultura-pecaaria-e-abastecimento>
13. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº. 15, de 26 de maio de 2009. Regulamentar o registro dos estabelecimentos e dos produtos destinados à alimentação animal. Diário Oficial da União, de 28 de maio de 2009; Seção 1. Portugues. <https://www.gov.br/pt-br/orgaos/ministerio-da-agricultura-pecaaria-e-abastecimento>
14. Santana JCS, Costa ABG da, Costa CM, Gurgel ALC, Camargo FC, Machado WKR, Silva MGP da, Dias AM. Densidade e tamanho de partículas na qualidade de silagens de forrageiras tropicais: uma revisão. Revista Científica Rural. 2020;22(2):310-324. <https://doi.org/10.30945/rer-v22i2.3138>
15. Métodos Oficiais de Análise da AOAC. Métodos 932.06, 925.09, 985.29, 923.03. 15a ed. Associação de Químicos Analíticos Oficiais: Arlington, VA, EUA (PB, MS, EE, MO, MM); 1990. Portugues. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>
16. Van Soest PV, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Revista Journal of Dairy Science. 1991;74 (10):3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
17. Sniffen C J, O'Connor J D, Van Soest P J, Foxe D G and Russell J B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II – Carbohydrate and protein availability. Revista Journal of Animal Science. 1992;70(11):3562-3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>
18. Kornbrot D. Statistical software for microcomputers: SigmaPlot 2000 and SigmaStat2. Revista The British Journal of Mathematical and Statistical Psychology. 2000;53(2):335-337. <https://doi.org/10.1348/000711000159268>
19. Lopes MN, Cândido MJD, Pompeu RCFF, Silva RG da, Lacerda CF de, Bezerra MA, Morais Neto LB de, Carneiro MS de S. Gas Exchange in massai grass fertilized with nitrogen and grazed by sheep. Bioscience Journal. 2020;36(1):152-160. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/42411>
20. Cardoso S, Volpe E, Macedo MCM. Efeito de nitrogênio e calcário em capim-massai sob cortes intensivos. Pesquisa Agropecuária Tropical. 2016;46(1):19-27. <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/38132>
21. Primavesi O, Corrêa L de A, Primavesi AC, Cantarella H, Silva AG. Adubação com ureia em pastagem de Brachiaria brizantha sob manejo rotacionado: Eficiência e perdas. Comunicado técnico 41, São Carlos, SP, Novembro de 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/46697/4/Comunicado41.pdf>. Acesso em 15 abr. 2025
22. Marques MF, Romualdo LM, Martinez JF, Lima CG, Lunardi LJ, Luz PHC, Herling VR. Momento de aplicação do nitrogênio e algumas variáveis estruturais e bromatológicas do capim-massai. Revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2016;68(3):776-784. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8500>
23. Fialho CA, Silva SC, Gimenes FMA, Gomes MB, Berndt A, Gerdes L. Tiller population density and tillering dynamics in marandu palisade grass subjected to strategies of rotational stocking management and nitrogen fertilization. Revista Acta Scientiarum. 2012;34(3):245-251. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i3.13739>
24. Orrico Júnior MAP, Vargas Júnior FM, Queiroz FCR, Orrico ACA, Centurion SR, Sunada N da S. Valor bromatológico da silagem de capim-massai com e diferentes idades de corte. Revista Agrarian. 2014;7(25):454-459. <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/2806>
25. Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press; 1994. 476 p. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19951410874>
26. Castagnara DD, Mesquita EE, Neres MA, Oliveira PSR, Deminicis BB, Bamberg R. Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. Revista Arquivos Zootecnia.2011; 60 (232): 931-42 <https://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v60n232/art10.pdf>
27. Bonfá CS, Castro GHF, Villela SDJ, Santos RA, Evangelista AR, Jayme CG, Gonçalves LC, Pires Neto OS, Barbosa JAS. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de maracujá. Revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2015;67(3):801-808. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7982>
28. Bonfá CS, Villela SDJ, Castro GH de F, Aparecido dos Santos R, Evangelista AR, Pires Neto O de S. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de abacaxi. Revista Ceres. 2017;64(2):176-182. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764020010>
29. Silva LES, Zervoudakis LKH, Tsuneda PP, Duarte Júnior MF, Berté LA, Silva JA, Silva RP, Wingert FM, Fraga ALCR, Almeida RD, Moraes JO, Kuczmarski AH and Castaldeli TB. Proteína na alimentação de ruminantes: puberdade, qualidade seminal e comportamento sexual. Revista Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia. 2015;9(5):211-219. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v9n5.211-219>

30. Anderson BE. Use of warm-season grasses by grazing livestock. In: Moore KJ & Anderson BE. 1nd ed. Native warm-season grasses: Research trends and issues. Madison, CSSA; 2000. p. 147-157. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cssaspecpub30.c10>
31. Lira Júnior WB, Bezerra SBL, Paula TA, Beelen RN, Amorim PL, Beelen PMG. Características de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e casca de maracujá in natura. Revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2018;70(3):905-912. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9410>
32. Oliveira RL, Ribeiro OL, Bagaldo AR, Borja MS, Correia BR, Lima L dos S, Alba HD R, Leite VM, Bezerra LR. Nutritional composition and fermentative characteristics of massai grass silage added with licuri (*Syagrus coronata*) cake. Revista Semina: Ciências Agrárias. 2018;39(3):1189-1198. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p1189>
33. Anjos ANA dos, Almeida JC de C, Viegas CR, Silva PHF da, Morais LF de, Nepomuceno D de D, Carvalho CAB de, Soares FA. Protein and carbohydrate profiles of 'massai' grass silage with pelleted citrus pulp and microbial inoculant. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2022;57 (e02732): 1-9. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02732>
34. Cruz BCC, Santos-Cruz CL, Pires AJV, Rocha JB, Santos S dos, Bastos MPV. Composição bromatológica da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca desidratada de maracujá (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa*). Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 2010;5(3):434-440. <https://doi.org/10.5039/agrariav5i3a853>
35. Lemos MS, Maia E, Ferreira E, Stachiw R. Uso da cama de frango como adubo na agricultura. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia. 2014;3(1):57-68. <https://doi.org/10.47209/2317-5729.v.3.n.1.p.57-68>