

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

MATEUS DOS SANTOS SILVA

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA SATURAÇÃO DE
BASES NA SAZONALIDADE DA PRODUÇÃO DO CAPIM MASSAI
(*Megathyrus maximus*) EM ÁREA EXPERIMENTAL DE
FORRAGICULTURA DO IFTO-CAMPUS PALMAS**

PALMAS

2025

MATEUS DOS SANTOS SILVA

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA SATURAÇÃO DE
BASES NA SAZONALIDADE DA PRODUÇÃO DO CAPIM MASSAI
(*Megathyrsus maximus*) EM ÁREA EXPERIMENTAL DE
FORRAGICULTURA DO IFTO-CAMPUS *PALMAS***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso
Bacharelado em Engenharia Agrônoma,
do Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia do Tocantins – *Campus*
Palmas, como exigência à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia
Agrônoma.

Orientador: Dr. Edvaldo Vieira Pacheco
Sant'Ana

PALMAS

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

S586i Silva, Mateus Dos Santos
INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA
SATURAÇÃO DE BASES NA SAZONALIDADE DA PRODUÇÃO DO
CAPIM MASSAI (MEGATHYRSUS MAXIMUS) EM ÁREA
EXPERIMENTAL DE FORRAGICULTURA DO IFTO - CAMPUS
PALMAS / Mateus Dos Santos Silva. – Palmas, TO, 2025.
35 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins,
Campus Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'ana

1. Capim massai;. 2. Nitrogênio;. 3. Produção forrageira.. I.
Pacheco Sant'ana, Edvaldo Vieira. II. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS - TO
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

MATEUS DOS SANTOS SILVA

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA SATURAÇÃO DE BASES NA
SAZONALIDADE DA PRODUÇÃO DO CAPIM MASSAI (MEGATHYRSUS MAXIMUS) EM
ÁREA EXPERIMENTAL DE FORRAGICULTURA DO IFTO - CAMPUS PALMAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior Bacharelado
em Engenharia Agrônoma do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins - *Campus* Palmas - TO, como
exigência à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrônoma.

Aprovado em: 08 de agosto de 2025

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'Ana
IFTO - Campus Palmas - TO.

Prof. Dr. Thômas Vieira Nunes
IFTO - Campus Palmas - TO.

Dhanyella Fernanda Jorge De Souza Rodrigues
IFTO - Campus Palmas - TO.

Palmas - TO, 08 de agosto de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Edvaldo Vieira Pacheco Santana**,
Coordenador, em 08/08/2025, às 13:35, conforme horário oficial de Brasília, com
fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thomas Vieira Nunes, Servidor**, em 08/08/2025, às 14:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Dhanyella Fernanda Jorge de Sousa Rodrigues, Usuário Externo**, em 08/08/2025, às 14:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2858397** e o código CRC **32213AF1**.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

Campus Palmas 310 Sul, Av. LO 5, s/n, esquina com a Avenida NS 10 - Plano Diretor Sul — CEP 77021-090 Palmas/TO - portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Referência: Processo nº 23236.015927/2025-42

SEI nº 2858397

AGRADECIMENTOS

Em Primeiro lugar, a Deus por me permitir a ultrapassar todos os desafios encontrados durante todos os momentos dessa trajetória.

Ao meu pai e irmã, por todo apoio e ajuda ao longo da minha vida, por todo esforço dedica a mim.

Ao professor Dr. Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'Ana por ter me orientado, pela paciência, conselhos e pelas conversas inspiradoras, sempre com um sorriso no rosto e me dando total apoio para desenvolver o trabalho.

A Anna Beatriz Cruz Lima, por ter paciência e carinho, por me ajudar em momentos difíceis e por me inspirar a ser uma pessoa melhor.

Ao meu amigo Leonardo Bento, por ter implantado o experimento com o capim massai, e por toda ajuda ao longo dos anos da minha graduação.

Aos meus amigos que contribuíram com o meu trabalho, Akyton de Oliveira Santos, Daniel Dias do Santos, Maicon França Nunes, Eduarda Mascarenhas Mota, Luis Cláudio Souza Rabelo, Rosevaldo Sampaio Gomes Júnior, Marcos Vinicius Cardoso.

Aos meus amigos, Fellipe da Silva Goulart, Gisele Ribeiro Lima, Anna Clara Dionísio, Eduardo Brasileiro, Leonardo Lopes, Angeline de Fátima Franco, Jennifer Curvina Almeida, Naira, Geyza Amaral, Milena Lima pela amizade, apoio e paciência ao longo dessa trajetória, pelos momentos de descontração que tivemos e que jamais será esquecido.

Aos meus orientadores de estágio, Leonardo Moreno e Marcelo Cunha, por ter me orientado pelo período de 3 anos, pela paciência e por me inspirar a ser um profissional de excelência.

A Fabiana Alencar, pelo excelente trabalho que desenvolveu, por ter me ajudado em momentos difíceis, pela orientação e por me orientar em todos os aspectos da minha vida.

A todos os professores, pelos ensinamentos que me permitiram desenvolver e ter um bom desempenho na minha trajetória acadêmica.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins Campus Palmas, sendo de fundamental importância na realização do meu sonho.

*“Louvai o Senhor, porque ele é bom, porque
sua benignidade dura para sempre”.*

Salmo 136:1

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a interação entre diferentes níveis de saturação por bases e doses de adubação nitrogenada na produção do capim massai (*Megathyrus maximus* cv. massai), observando seus efeitos sobre a sazonalidade e o teor relativo de clorofila. O experimento foi conduzido no IFTO – Campus Palmas, entre abril de 2024 e fevereiro de 2025, utilizando delineamento em blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. Foram avaliadas as variáveis de massa seca, massa verde, altura e teor de clorofila ao longo de quatro coletas. Os resultados indicaram que a combinação de alta saturação por bases (90%) com alta dose de nitrogênio (200 kg ha⁻¹) favoreceu a produtividade e o teor de clorofila na segunda coleta. No entanto, nas coletas seguintes, o desempenho foi afetado por fatores como estresse hídrico, degradação do solo e perda de parcelas, o que evidenciou a importância do manejo adequado da fertilidade do solo e da água. Recomenda-se a continuidade dos estudos com estratégias de adubação parcelada.

Palavras-chave: Capim massai, nitrogênio, saturação por bases, produção forrageira, sazonalidade.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the interaction between different base saturation levels and nitrogen fertilization rates on the production of Massai grass (*Megathyrsus maximus* cv. Massai), focusing on seasonality and relative chlorophyll content. The experiment was conducted at IFTO – Campus Palmas, from April 2024 to February 2025, using a randomized block design with five treatments and four replications. Dry matter, green matter, plant height, and chlorophyll content were evaluated over four sampling periods. Results showed that the combination of high base saturation (90%) and high nitrogen rate (200 kg ha⁻¹) improved productivity and chlorophyll content in the second sampling. However, subsequent samplings were affected by water stress, soil degradation, and plot loss, highlighting the importance of adequate soil and water management. Further research is recommended, focusing on split fertilization strategies.

Keywords: Massai grass, nitrogen, base saturation, forage production, seasonality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vista geral da área experimental composta por 40 parcelas no total, sendo utilizadas 20 parcelas para condução do experimento.....	19
Figura 2 - Vista da área experimental de uma parcela no momento da coleta.....	20
Figura 3 - Trena de 5 metros de comprimento usada para mensurar a altura do capim antes da simulação do pastejo e do residual após a coleta.....	20
Figura 4 - Determinação do teor relativo de clorofila (TRC) em unidade SPAD na folha com clorofilômetro.....	21
Figura 5 - Material coletado secando em estufa de ventilação forçada à 65°C por 48 horas.....	21
Gráfico 1 - Chuva cumulada mensal abril/2024 a fevereiro/2025.....	26
Figura 6 - Vista geral da área experimental composta por 40 parcelas no total, sendo utilizadas 20 parcelas para condução do experimento em 03/10/2024.....	29
Figura 7 - Vista da área experimental de uma parcela degradada.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de variância da massa seca da folha (MSF), teor relativo de clorofila (TRC) e massa verde da folha (MVF) do capim massai diferido, antes da adubação, em função de diferentes níveis de saturação de base (SB), primeira coleta no mês 04/24, antes da adubação.....	22
Tabela 2 - Análise de variância da massa seca da folha (MSF), teor relativo de clorofila (TRC) e massa verde da folha (MVF) do capim massai diferido, antes da adubação, em função de diferentes níveis de saturação de base (SB), primeira coleta no mês 05/24, antes da adubação.....	25
Tabela 3 - Análise de variância da massa seca da folha (MSF), teor relativo de clorofila (TRC) e massa verde da folha (MVF) do capim massai diferido, antes da adubação, em função de diferentes níveis de saturação de base (SB), primeira coleta no mês 06/24, antes da adubação.....	27
Tabela 4 - Análise de variância da massa seca da folha (MSF), teor relativo de clorofila (TRC) e massa verde da folha (MVF) do capim massai diferido, antes da adubação, em função de diferentes níveis de saturação de base (SB), primeira coleta no mês 02/25, antes da adubação.....	28

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Capim Massai (<i>Megathyrsus maximus</i> cv. Massai)	13
2.2 Impactos da Acidez do Solo na Produtividade de Forrageiras: A Influência de Calcário e Nitrogênio	14
2.3 A Influência da Adubação Nitrogenada na Produtividade das Forrageiras	16
2.4 Impactos da Sazonalidade Climática na Produção Forrageira: Desafios e Estratégias de Manejo.....	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1. Caracterização do Local.....	18
3.2. Instalação e Condução do Experimento	18
3.3. Características Avaliadas.....	20
3.4. Análise Estatística dos Dados	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
4.1 Produtividade e Teor Relativo de Clorofila	22
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERENCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se no cenário mundial por possuir o maior rebanho comercial do mundo, sendo o segundo maior produtor e o maior exportador mundial de carne bovina (ABIEC, 2022). Aproximadamente 95% da carne bovina brasileira é produzida em pastagem. O Brasil possui uma área de 154,5 milhões de hectares de pastagens (MAPBIOMAS, 2022). Segundo o Censo Agropecuário de 2017 do IBGE, cerca de 12% do território nacional é ocupado por pastagem cultivada.

Nesse contexto, o estado do Tocantins possui uma grande diversidade em sua produção agrícola, tendo como a pecuária, bovinocultura de corte um dos setores mais importantes para o estado, compondo uma grande parcela da pauta de exportação (GRISE, et al., 2020). Além disso, o Tocantins apresenta 8.398.062 ha de pastagens (IBGE, 2017).

Segundo Jank (2008), o *Megathyrsus maximus* pertence à família Poaceae, é originária do continente africano e chegou ao Brasil de maneira não intencional por volta do século XVIII. Atualmente, encontra-se amplamente cultivada em regiões tropicais ao redor do mundo. A espécie *Megathyrsus maximus* tem destaque nacional na venda de sementes (OMOTE, 2021) no Brasil, destaca-se como a forrageira de maior produtividade, sendo propagada por sementes e apresentando boa adaptação a variados tipos de solo e condições climáticas.

O capim massai é destaque entre as forrageiras do seu gênero, pois possui alta produtividade, principalmente quando é submetida a condições edafoclimáticas e de manejo propício para o seu desenvolvimento. Essa cultivar tem alta capacidade de emissão de perfilhos e folhas sendo assim uma ótima opção para a produção animal, ganhando destaque do seu uso para a alimentação dos ruminantes (MARTUSCELLO, et al., 2015).

Em relação à produção de bovinos, Ferraz e Felício (2010) destacam que alguns fatores limitam o setor e geram gargalos que reduzem a produtividade, o que é fundamental para definir a lucratividade. Para Grise et al. (2020) o setor ainda apresenta uma baixa produtividade e rentabilidade abaixo do potencial esperado, pelo motivo de que, cerca de cinco milhões e quinhentos mil ha de pastagens Tocantinenses tem algum grau de degradação.

Por conseguinte, no cenário de degradação, baixa produtividade e prejuízos econômicos que assolam a pecuária tocantinense, é importante o ajuste de produção

e manejo das pastagens (BENTO e MARTIN NETO, 2024). Ainda segundo o autor, é necessário estabelecer estratégias de manejo para obter bons resultados, pois fatores como calagem e adubação, são fundamentais para ter resultados expressivos, podendo até mesmo intensificar a produção animal (BENTO e MARTIN NETO, 2024). Além do mais, a acidez do solo do cerrado, reduz o crescimento radicular das forrageiras e pode diminuir a atividade das bactérias fixadoras de nitrogênio (SOUSA, *et al.*, 2001).

A calagem é uma prática essencial para o manejo de solos ácidos, pois corrige a acidez, aumenta a disponibilidade de nutrientes e favorece o desenvolvimento das plantas. Essa correção melhora o crescimento e o aprofundamento do sistema radicular das forrageiras, promovendo um melhor aproveitamento dos recursos do solo (DOS SANTOS, 2020). Para Albuquerque *et al.* (2003), o aumento da produção de forragem pode ser limitado por baixa saturação por bases, quando não é feita a correção do solo pela calagem.

Segundo Lima (2021), o objetivo da adubação é devolver macro e micronutrientes ao solo, permitindo que a planta tenha um bom desenvolvimento. Mesmo com potencial genético de uma variedade, ela não é capaz de atingir seu desenvolvimento pleno sem a presença de nutrientes. Por isso, é necessário ter atenção à adubação e à fertilidade do solo.

Mesmo o capim massai sendo resistentes a condições de baixa fertilidade, é importante fazer uso da adubação nitrogenada, assim, a adubação de pastagens tem sido feita com a intenção de intensificar a produção animal, diminuir a sazonalidade de produção, inibir a degradação ou até mesmo recuperar áreas degradadas (FONSECA, *et al.*, 2011).

Quando se fala em adubação de gramíneas, a adubação nitrogenada é a mais usual. O nitrogênio está presente na proteína e proporciona aumento de forma rápida na produção de forragem, uma vez que os solos que são deficientes em nitrogênio apresentam um crescimento lento, com plantas de porte pequeno, produzindo poucos perfilhos e com baixo teor de proteína na alimentação animal (BARBERO, 2021).

Nessa perspectiva, a adubação nitrogenada é fundamental em ambientes mais intensivos e é importante em solos com baixo nível de matéria orgânica, condições em que o nitrogênio será essencial para manter o rendimento das pastagens (VOLPE, *et al.*, 2008).

O nitrogênio aumenta a produção de matéria seca, sendo o principal nutriente para manter a produção das forrageiras. Ele está ligado às cadeias carbonadas, aumentando as estruturas celulares, o que, por sua vez, aumenta o vigor da rebrota e a produção de massa seca, quando há condições meteorológicas adequadas (GALINDO, *et al.*, 2018).

Outro fator que está diretamente ligado à correção do solo e à adubação com N é a sazonalidade: um dos principais fatores que contribuem para a variabilidade na produção (SANTOS, 2023). Segundo Santos (2023), a sazonalidade pode ser alterada pela adubação, e sua implicação sobre o padrão de produção ao longo do ano dependerá da época da aplicação e da quantidade de adubo aplicada. Ainda segundo o mesmo autor, a adubação que é realizada no término do verão e, ou, início do outono colabora para incrementar a produção de pastagem no período de seca, diminuindo as discrepâncias de produção em comparação a época das águas.

Diante do que foi exposto, o presente estudo teve como objetivo estudar a interação da adubação nitrogenada em diferentes níveis de saturação de base, observando como essa interação afeta a sazonalidade de produção do capim massai (*Megathyrsus maximus* cv. massai).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Capim Massai (*Megathyrsus maximus* cv. Massai)

Com o objetivo de desenvolver uma variedade de capim com boa oferta de volumosos e manter a qualidade nutricional, a Embrapa Gado de Corte lançou em 2001 a cultivar Massai. Esta resultou do cruzamento entre as espécies *Panicum maximum* e *Panicum infestum* (*Megathyrsus* spp.). A cultivar Massai é indicada para o pastejo de animais, pois possui alto potencial produtivo de folhas e elevado índice de perfilhamento. Além disso, apresenta uma rebrota rápida após o pastejo (LOPES, *et al.*, 2013).

Segundo Martuscello *et al.* (2016), o capim Massai possui grande relevância devido à sua alta capacidade de produção de massa de forragem, alto índice de perfilhamento e boa emissão de folhas. Quando submetido a condições ambientais favoráveis, o capim Massai se mostra promissor para sistemas de produção de ruminantes. Vale destacar que cada espécie forrageira possui exigências distintas.

O gênero *Megathyrsus maximus* apresenta elevada exigência quanto à fertilidade do solo. Existe uma relação direta entre produtividade e exigência de fertilidade: um solo com boa fertilidade garante boa produtividade, o que, por sua vez, resulta em bom valor nutritivo para o capim, favorecendo o desempenho animal (DE LUCENA COSTA, *et al.*, 2025).

Martuscello (2015), trabalhou com o capim Massai, estudando a adubação nitrogenada e avaliando as características morfogênicas, estruturais e a produção de biomassa do capim sob doses de nitrogênio. O autor observou que o capim Massai respondeu de forma linear à adubação nitrogenada, com aumento significativo das taxas de alongamento, aparecimento e senescência de folhas, além do alongamento de colmos. Também houve aumento no número de folhas vivas por perfilho e no comprimento final da lâmina foliar. Outro efeito positivo observado foi o aumento na produção de massa seca total, de folhas e de colmos, influenciado pela adubação nitrogenada, que impacta o perfilhamento, a morfogênese e a produção de biomassa do capim Massai (MARTUSCELLO, 2015).

Dessa forma, essa espécie apresenta boa adaptação a diferentes sistemas de produção e condições climáticas, podendo aprimorar sistemas de produção a pasto. Ela oferece diversas vantagens, como alta produção, boa capacidade de perfilhamento e uma excelente relação folha/colmo, entre outras (VOLPE, 2008).

2.2 Impactos da Acidez do Solo na Produtividade de Forrageiras: A Influência de Calcário e Nitrogênio

Aproximadamente 70% dos solos brasileiros são classificados como ácidos, o que se deve principalmente à intemperização e à intensa lixiviação de bases, processos que removem íons básicos do solo, tornando-o mais ácido (OLIVEIRA, *et al.*, 2024). A acidez afeta diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, impactando a disponibilidade de quase todos os nutrientes. Esses solos apresentam, de forma natural, baixo pH e elevada concentração de íons H^+ e Al^{3+} (SILVA, *et al.*, 2021).

Nesse contexto, Oliveira *et al.* (2021) afirmam que a acidez do solo é causada pela exportação de nutrientes pelas plantas, pela lixiviação de nutrientes, pela erosão do solo e pelo uso de fertilizantes acidificantes. O resultado é um solo com necessidade de nutrientes, especialmente Ca, Mg e K, devido ao aparecimento de elementos como Al, Fe e Mn, o que reduz a capacidade de absorção de água,

nitrogênio e fósforo, podendo gerar aumento nos custos com insumos e queda na produtividade.

A falta de macro e micronutrientes restringe o desenvolvimento das forrageiras, uma vez que esses nutrientes são essenciais para o desenvolvimento do sistema radicular e para o rendimento de matéria seca. O uso de calcário possibilita o aumento da produção das pastagens e da taxa de lotação, seja em manejo de lotação contínua ou rotacionada (VIEIRA, *et al.*, 2023).

Saulo (2024) afirma que, quando a forragem recebe estímulo para produzir biomassa utilizando nitrogênio, sem que tenha sido feita a devida correção da acidez do solo, ocorre uma diminuição na produção de matéria seca.

O uso de adubo nitrogenado com alto poder acidificante pode levar a planta a apresentar sintomas como manchas avermelhadas em suas folhas, principalmente em solos com pouca ou nenhuma aplicação de calcário, podendo ocasionar a morte da forrageira devido à falta de cálcio e magnésio, que são essenciais para o desenvolvimento da cultura (SAULO, 2024).

É importante destacar que doses elevadas de calcário podem dificultar a absorção de fósforo e de micronutrientes catiônicos pelas plantas, contudo, o maior prejuízo está relacionado ao aumento do custo de produção (BATISTA, *et al.*, 2018). Por isso, é importante realizar análises de solo com frequência para determinar a real necessidade de correção, fazendo uma análise criteriosa da necessidade de calcário. Após a aplicação do corretivo, é essencial realizar uma nova análise de solo anualmente para avaliar a necessidade de reaplicação (BATISTA, 2014).

Cardoso *et al.* (2016) observaram, em experimento com capim Massai, que diferentes doses de calcário e nitrogênio (0 kg ha^{-1} , 2.000 kg ha^{-1} , 4.000 kg ha^{-1} e 8.000 kg ha^{-1} de calcário e 0 kg ha^{-1} , 20 kg ha^{-1} , 40 kg ha^{-1} , 80 kg ha^{-1} e 160 kg ha^{-1} de nitrogênio) influenciaram positivamente o acúmulo de massa seca verde e a saturação por bases do solo. A máxima produtividade foi obtida com doses de $585 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de nitrogênio e 5.976 kg ha^{-1} de calcário, resultando em maior acúmulo de massa seca verde no primeiro ano, com $15.267 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e aumento na demanda por calcário do primeiro para o segundo ano.

2.3 A Influência da Adubação Nitrogenada na Produtividade das Forrageiras

Alguns fatores são fundamentais para aumentar a produtividade das forrageiras, como o uso de materiais melhorados, o bom uso das tecnologias de estabelecimento e manejo das pastagens, e, principalmente, o uso da adubação, que contribui de forma relevante para uma melhor produtividade (CUNHA, *et al.*, 2022).

Algumas variáveis fisiológicas e bromatológicas, como o crescimento e o desenvolvimento vegetal, podem ter um ganho com o uso de fertilizantes, principalmente com o uso de nitrogênio, pois este tem efeito sobre a renovação dos tecidos da planta, ajudando no desenvolvimento foliar. Com isso, a produção de forragem sofre influência da adubação nitrogenada, que altera o processo de crescimento do capim (DURU e DUCROCQ, 2000).

O uso desse nutriente é um dos métodos que visa aumentar a produtividade dos pastos, principalmente quando a espécie de forrageira utilizada responde à adubação, como é o caso do capim Massai (*Megathyrsus maximus* cv. Massai). Esta cultivar faz parte do grupo de forrageiras consideradas exigentes em solos com alta fertilidade, por isso a adubação é fundamental para obter bons resultados (ESCARELA, *et al.*, 2017).

O nitrogênio (N) é importante para o rendimento e qualidade da cultura, tendo papel fundamental na emergência, desenvolvimento de perfilhos, folhas e caules (HEINRICHS, *et al.*, 2016). Com isso, o N pode aumentar a produção de biomassa, resultando no aumento da produção de matéria seca. Vale ressaltar que as pastagens tropicais respondem muito bem às adubações nitrogenadas. Contudo, a deficiência de nitrogênio pode levar à queda de rendimento, e, quando há quantidades excessivas, pode ocorrer a poluição do solo e da água (BAO, *et al.*, 2013).

As principais fontes de nitrogênio consumidas no Brasil são a ureia, com 45%, o sulfato de amônio com 25% e o nitrato de amônio com 12% (ANDA, 2016). A ureia é a fonte de nitrogênio mais utilizada, devido à baixa corrosividade, fácil manejo, pouco efeito acidificante no solo, baixo custo e à boa relação custo-benefício por unidade de nutriente, além da expressiva melhora na produtividade e qualidade das forrageiras (OLIVEIRA, 2018).

Os fertilizantes nitrogenados apresentam perdas de N na forma de nitrato (N-NO_3^-) por lixiviação, volatilização de amônio (NH_4^+) e perda de óxido nitroso durante os processos de desnitrificação (Oliveira, 2018). A ureia é a fonte mais suscetível à

perda, principalmente por meio da volatilização de amônia (NH_3), o que reduz a eficiência de uso do nitrogênio pelas forrageiras (GALINDO, 2018).

A concentração de N perdido por volatilização, após aplicação de ureia, pode alcançar 78% do nitrogênio. As perdas podem ocorrer devido a condições climáticas e ao tipo de solo, que possuem teores de argila, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions (CTC) e cobertura. As perdas de N podem ser mais rápidas em solos arenosos, nos quais a retenção de nutrientes é mais limitada (CASSIMIRO, 2020).

2.4 Impactos da Sazonalidade Climática na Produção Forrageira: Desafios e Estratégias de Manejo

Cordeiro (2013) aponta que o período seco, com ausência de chuvas, é acompanhado por altas temperaturas, pouca precipitação e baixa luminosidade. Estas condições reduzem a produção de forragem, obrigando a diminuir a taxa de lotação das pastagens ou a fornecer alimentação suplementar ao rebanho. Na estação seca, quando a escassez de chuvas reduz a disponibilidade de forragem, a suplementação ao longo de todo o ano pode não ser viável. Nesse contexto, o manejo adequado da pastagem torna-se fundamental (SANTOS, 2019).

De acordo com Tonato, *et al.* (2010), as plantas forrageiras cultivadas no Brasil estão expostas a diferentes condições ambientais em função da vasta extensão territorial do país. As variáveis meteorológicas, como temperatura, precipitação e fotoperíodo, são importantes indicadores da produtividade das forrageiras, afetando características essenciais como o acúmulo de massa e a estacionalidade da produção (SANTOS, 2019). Dessa forma, a sazonalidade da produção forrageira acaba refletindo diretamente na sazonalidade da produção animal (SANTOS, 2005).

As gramíneas tropicais têm alta produtividade de forragem, mas a variação sazonal entre períodos de chuva intensa e estiagem leva a uma produção irregular ao longo do ano (DANTAS, NEGRÃO e ZANINE, 2010). Dessa forma, em experimento realizado na Universidade Estadual de Maringá, foi avaliado o desempenho dos capins Mombaça (*Megathyrsus maximus*) e Piatã (*Urochloa brizantha*) sob irrigação e sequeiro, com aplicação de adubação fosfatada, potássica e nitrogenada (BUENO, *et al.*, 2019).

Adiante, os resultados do experimento mostraram que a maior produtividade de massa seca ocorreu entre novembro e janeiro, período de maiores temperaturas e radiação solar. A irrigação teve papel fundamental nos quatro primeiros cortes, garantindo superioridade produtiva em relação ao cultivo de sequeiro. Após o aumento

da precipitação a partir do quarto corte, essa diferença deixou de ser significativa (BUENO, *et al.*, 2019).

Além disso, a adubação nitrogenada contribuiu para o aumento da produção, principalmente no início do experimento, quando a irrigação ajudou a maximizar o aproveitamento dos nutrientes. Conforme Bueno *et al.* (2019), a adubação, isoladamente, não foi suficiente para superar o efeito da sazonalidade sem o suporte hídrico.

Segundo Oliveira (2017), as gramíneas tropicais (*Megathyrsus maximus*, *Brachiaria*, *Pennisetum*, *Cynodon*) apresentam melhor crescimento no período de verão, quando há condições ambientais favoráveis. No entanto, no outono e inverno, a queda de temperatura, a redução do índice pluviométrico e o menor fotoperíodo limitam o crescimento das forrageiras. Esse fenômeno, conhecido como vazio forrageiro, é mais acentuado entre os meses de maio a setembro, provocando queda na produção, perda de peso dos animais e, em casos extremos, a morte dos mesmos (OLIVEIRA, 2017). Dessa forma, é fundamental adotar estratégias que minimizem a escassez de forragem, reduzindo, assim, os custos de produção para o produtor.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização do Local

O experimento ocorreu no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Palmas* (IFTO), localizado no município de Palmas, estado do Tocantins. As coordenadas geográficas são latitude 10°12'46" S e longitude 48°21'37" W, com altitude média de 330 metros. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado como tropical quente e úmido, com precipitação média anual de aproximadamente 1500 mm, concentrada entre os meses de outubro e maio. O estudo ocorreu no período de abril de 2024 a fevereiro de 2025.

3.2. Instalação e Condução do Experimento

O experimento seguiu metodologia semelhante à descrita por Oliveira e Sant'Ana (2023). Foi instalado em uma área de capim massai (*Megathyrsus maximus* cv. massai) previamente implantada, corrigida com aplicação de calcário dolomítico (PRNT 92,2%) e adubação de base utilizando 70 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅), fornecidos via fertilizante mineral NPK 05-25-15, correspondendo a 14 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 42 kg ha⁻¹ de potássio.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas. Cada parcela tem dimensão de $1,5 \times 1,5$ metros ($2,25 \text{ m}^2$) e é separada por corredores de 1,5 metros de largura (figura 1).

Os tratamentos consistem em:

T1: Testemunha – saturação de base natural e sem aplicação de nitrogênio (uréia protegida, 46% N).

T2: Saturação de base elevada a 50% + 100 kg N ha^{-1} .

T3: Saturação de base elevada a 50% + 200 kg N ha^{-1} .

T4: Saturação de base elevada a 90% + 100 kg N ha^{-1} .

T5: Saturação de base elevada a 90% + 200 kg N ha^{-1} .

As doses correspondentes para a correção de saturação e adubação nitrogenada foram de:

50% de saturação: 640 g de calcário ($2,8 \text{ t ha}^{-1}$) e 48,82 g de N.

90% de saturação: 1.202 g de calcário ($5,3 \text{ t ha}^{-1}$) e 97,64 g de N.

A adubação de cobertura foi realizada de forma única no mês de abril de 2024, imediatamente após a primeira amostragem.

Figura 1. Vista geral da área experimental composta por 40 parcelas no total, sendo utilizadas 20 parcelas para condução do experimento.



Fonte: Autor, 2024.

3.3. Características Avaliadas

As amostras foram coletadas assim que o capim atingiu a altura ideal de corte (40 a 50 cm), simulando, dessa forma, o pastejo (figura 2). A trena utilizada para medir a altura do capim foi essencial no manejo das parcelas, pois serviu de parâmetro para as coletas, assemelhando, assim, a um sistema de pastejo rotacionado (figura 3).

Figura 2. Vista da área experimental de uma parcela no momento da coleta.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 3. Trena de 5 metros de comprimento usada para mensurar a altura do capim antes da simulação do pastejo e do residual após a coleta.



Fonte: Autor, 2024.

As avaliações de crescimento das plantas foram realizadas por meio da mensuração do teor relativo de clorofila, utilizando-se um clorofilômetro portátil (modelo SPAD) em cinco folhas por parcela, sempre no período matutino e antes de cada corte (figura 4). A altura das plantas foi medida com o auxílio de trena (figura 3). A massa verde (MV) e a massa seca (MS) foram obtidas por meio da coleta do material vegetal dentro de um quadrado de PVC com dimensões de 70 × 70 cm, cortado a 20 cm de altura do solo. Posteriormente, o material coletado foi seco em estufa de ventilação forçada a 65°C por 48 horas para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) (figura 5). As amostragens ocorreram em quatro momentos distintos ao longo do experimento.

Figura 4. Determinação do teor relativo de clorofila (TRC) em unidade SPAD na folha com clorofilômetro.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 5. Material coletado secando em estufa de ventilação forçada à 65°C por 48 horas.



Fonte: Autor, 2024.

3.4. Análise Estatística dos Dados

Os dados de produção de massa seca, massa verde, altura e teor de clorofila foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises realizadas em planilha eletrônica do Microsoft Excel 2021, conforme metodologia estatística descrita por Pimentel Gomes (2023).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Produtividade e Teor Relativo de Clorofila

Na primeira coleta, realizada antes da adubação com o capim diferido, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos para as variáveis da massa seca da folha (MSF) e massa verde da folha (MVF), conforme indicado pelos valores de F foram não significativos (tabela 1). Os coeficientes de variação (CV) foram elevados para ambas as variáveis (30,62% para MSF e 29,25% para MVF). O teste de Tukey não apontou diferenças entre as médias dos tratamentos, o que mostra a ausência de efeito dos tratamentos aplicados (tabela 1).

A tabela 1 apresenta dados de análise de variância referente ao TRC das folhas de capim massai (*Megathyrsus maximus* cv. Massai). Os resultados obtidos indicaram ausência de efeito significativo dos tratamentos sobre TRC, o que mostra que antes da adubação, os tratamentos de saturação de base não influenciaram estatisticamente o TRC.

Tabela 1. Análise de variância da massa seca da folha (MSF), teor relativo de clorofila (TRC) e massa verde da folha (MVF) do capim massai diferido, antes da adubação, em função de diferentes níveis de saturação de base (SB), primeira coleta no mês 04/24, antes da adubação.

Tratamentos (kg/ ha ⁻¹ de nitrogênio)	MSF (g.2,25m ⁻²)	MVF (g.2,25m ⁻²)	TRC (SPAD)
TESTEMUNHA	241,29	584,15	24,51
90% SB + 100 N	222,01	539,04	25,73
90% SB + 200 N	337,95	882,44	26,46
50% SB + 200 N	327,01	814,67	20,19
50% SB + 100 N	300,9	670,22	21,12
F	ns	ns	ns
Média geral	285,83	698,1	23,60
CV (%)	28,65	29,25	29,65

Nível de significância: **: 1%; *: 5%; CV: coeficiente de variação; ns: não significativo.

Fonte: autor, 2024.

A média geral observada do TRC foi de 23,60 SPAD, e o coeficiente de variação (CV) de 29,65% indicando elevada variabilidade experimental. Mesmo não tendo sido observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, olhando do ponto de vista descritivo, uma tendência de maiores valores de TRC nos tratamentos com maior saturação por bases, como é o caso do tratamento 90% SB + 200 N (26,46 SPAD), seguido por 90% SB + 100 N (25,73 SPAD, ao passo que os menores valores foram registrados nos tratamentos 50% SB + 100 N (21, 12 SPAD) e 50% SB + 200 N (20,19 SPAD). No entanto, todas as médias foram agrupados estatisticamente pela mesma letra no teste de Tukey a 5% de significância, reforçando a inexistência de diferença estatística entre elas.

Sánchez (2019) realizou um estudo com quatro tratamentos contendo doses crescentes de nitrogênio (104,2; 208,4; 312,5 e 416 kg/ha⁻¹) em capim Mombaça e constatou que os tratamentos com as maiores doses, especialmente 416 kg/ha⁻¹, proporcionaram aumento do teor relativo de clorofila (TRC) nas folhas (tabela 1).

Na segunda coleta (tabela 2), houve diferença significativa para a MSF, com o tratamento 90% SB + 200 N apresentando valor médio superior a (66,25) em relação ao tratamento 50% SB + 100 N (11,25). Já para a MVF, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Oliveira (2023) obteve resultados significativos em relação à massa verde da parte aérea (MVPA), com a adubação nitrogenada aplicada após a primeira coleta. O resultado está associado ao efeito da adubação, que estimulou o crescimento das plantas e o acúmulo de biomassa. O tratamento que mais se destacou no trabalho de Oliveira (2023) foi o com 90% de saturação por bases. Além da elevação da biomassa, outro fator que favoreceu o bom desempenho desse tratamento foi o período chuvoso logo após a aplicação do nitrogênio.

De acordo com Gomide *et al.*, (2020) o período de transição de chuva para o seco é de extrema importância, uma vez que ocorre redução progressiva da umidade do solo, que pode comprometer a absorção do nitrogênio, além de aumentar os riscos de perdas do nutriente. É recomendado reduzir as doses ou parcelar a adubação, analisando e ajustando a estratégia de acordo com as previsões meteorológicas e a resposta do capim, o autor destaca que adubações intensivas nesse período, sem garantia de umidade suficiente, podem resultar em baixa eficiência de N.

Na segunda coleta, foi possível observar um comportamento distinto. A análise de variância revelou efeito significativo dos tratamentos sobre o TRC ($F = 3,85$; $p = 0,0310$), sugerindo que a adubação nitrogenada, em interação com os níveis de saturação por bases, influenciou de maneira significativa a concentração de clorofila nas folhas do capim massai (*Megathyrsus maximus* cv. Massai). A média geral do TRC aumentou para 32,10 SPAD, com um desvio padrão de 1,87 e CV de 5,82% o que indica maior homogeneidade dos dados.

Pelo teste de Tukey a 5%, o tratamento 90% SB + 200 N apresenta valor significativamente superior (34,44 SPAD) ao tratamento testemunho (29,91 SPAD), enquanto os demais tratamentos apresentam valores intermediários, não diferindo estatisticamente entre si. Esses resultados mostra o efeito positivo da adubação nitrogenada sobre o TRC, principalmente quando associada a uma elevada saturação por bases, o que possivelmente favoreceu a absorção de nutrientes e a atividade fotossintética da planta.

Segundo Gomes Júnior (2025), em estudo realizado com adubação orgânica em simulação de pastejo do capim Massai (*Megathyrsus maximus* cv. massai), utilizando diferentes níveis de saturação por bases e doses de nitrogênio (70% + 100 N; 70% + 50 N; 30% + 100 N; 30% + 50 N), foi observado efeito significativo, com aumento do teor relativo de clorofila (TRC) até 90 dias após a adubação. Esse incremento favoreceu o desenvolvimento estrutural das plantas, com destaque para os tratamentos que receberam maiores doses de adubo orgânico e níveis elevados de saturação por bases.

Gomes *et al.*, (2011), demonstrou em estudo que a adubação nitrogenada tem efeito positivo sobre o teor relativo de clorofila (TRC) em capim massai (*Megathyrsus maximus* cv. massai), conforme observado, o TRC aumentou com a elevação das doses de nitrogênio, apresentando uma resposta linear. Esse comportamento se dá pela função do nitrogênio na síntese de clorofila, molécula essencial para a fotossíntese. Ademais, os autores destacam que os tratamentos com maiores TRC também resultaram em maior produção de biomassa forrageira, mostrando que o índice de clorofila pode ser usado como indicador do estado nutricional da forragem (tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância da massa seca da folha (MSF), teor relativo de clorofila (TRC) e massa verde da folha (MVF) do capim massai diferido, antes da adubação, em função de diferentes níveis de saturação de base (SB), segunda coleta no mês 05/24, antes da adubação.

Tratamentos (kg/há ⁻¹ de nitrogênio)	MSF (g.2,25m ⁻²)	MVF (g.2,25m ⁻²)	TRC (SPAD)
TESTEMUNHA	30,18 ab	117,94	29,91 b
90% SB + 100 N	23,62 ab	78,98	33,50 ab
90% SB + 200 N	66,25 a	137,53	34,44 a
50% SB + 200 N	26,23 ab	87,86	31,37 ab
50% SB + 100 N	11,52 b	51,54	31,30 ab
F	*	ns	*
Média geral	31,56	94,77	32,10
CV (%)	62,43	92,29	5,82

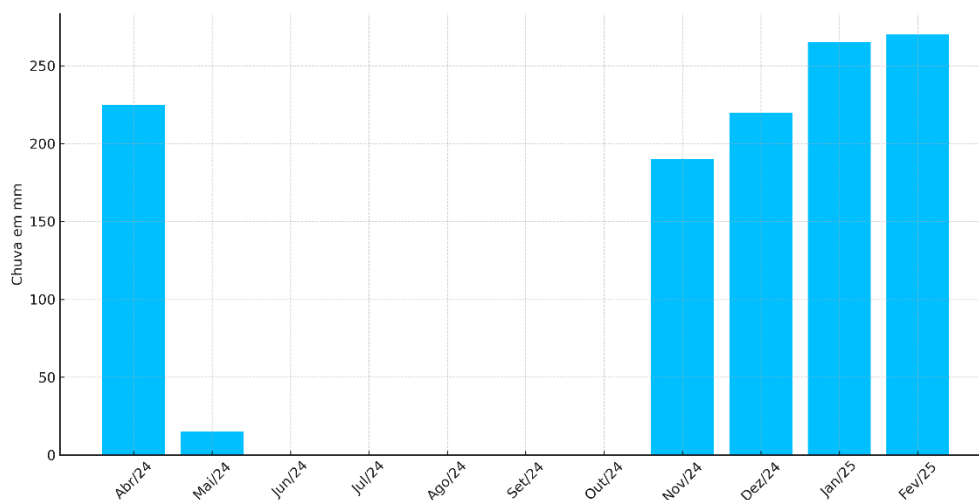
Nível de significância: **: 1%; *: 5%; CV: coeficiente de variação; ns: não significativo.

Fonte: autor, 2024.

Na terceira coleta (tabela 3), realizada em junho de 2024, os tratamentos não tiveram efeito significativo, tanto para MSF e MVF. As medias da produtividade foram muito baixas, mostrando falha no crescimento do capim em diversas parcelas, possivelmente relacionada a degradação do solo, estresse hídrico e fatores climáticos típicos da época da coleta. A ausência de significância estatística e os altos coeficientes de variação refletem a instabilidade das condições experimentais neste período.

Em trabalho realizado por Ribeiro *et al.*, (2009), comparando a produção de capim irrigado nas épocas chuvosa e seca, foi observado que a irrigação é essencial durante o período seco, pois promove ganho expressivo na produção de biomassa e na qualidade da forragem. Embora a irrigação não tenha sido capaz de alterar a composição química (como o teor de proteína bruta), ela melhorou parâmetros estruturais da pastagem, como altura, densidade e proporção foliar. Isso demonstra o efeito dos fatores climáticos, especialmente da disponibilidade hídrica, sobre a produção e a qualidade do capim.

De acordo com dados do INMET (2024), a adubação realizada após a primeira coleta, em abril de 2024, coincidiu com um período de chuvas acima da média (225,6 mm), o que favoreceu o crescimento do capim. Já na terceira coleta, em junho, houve uma redução significativa nas chuvas, caracterizando o período seco, o que pode ter afetado a absorção de nutrientes e o desenvolvimento do capim (gráfico 1).

Gráfico 1. Chuva cumulada mensal Abril/2024 a Fevereiro/2025

Fonte: INMET, 2024/2025

A tabela 3 apresenta resultados de TRC, obtidos na coleta de junho de 2024. Os dados indicam ausência de efeito significativo dos tratamentos, o que demonstra que as combinações entre diferentes níveis de saturação por bases (SB) e doses de nitrogênio (N) não influenciaram estatisticamente o TRC neste momento. Mas do ponto de vista descritivo os tratamentos com menor saturação por bases (50% SB) apresentaram os maiores valores de TRC, sendo 22,64 SPAD para 50% SB + 100 N e 22,34 SPAD para 50% SB + 200 N.

Costa *et al.* (2015) avaliaram o teor relativo de clorofila (TRC) em capim-xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés) sob diferentes doses de nitrogênio (50, 100, 200 e 400 kg/ha), durante as épocas seca e chuvosa. Os resultados mostraram aumento do TRC com o incremento das doses de nitrogênio, atingindo o valor máximo de 46,05 unidades SPAD no período das águas (com a dose de 287,2 kg/há⁻¹) e de 53,65 unidades SPAD no período seco (com a dose de 350 kg/há⁻¹). Os autores concluíram que o uso do clorofilômetro é uma ferramenta importante para o manejo de pastagens, sendo sua utilização mais adequada no período das águas, quando há disponibilidade hídrica, o que permite que o TRC reflita fielmente o estado nutricional da planta. No período seco, no entanto, a planta, por adaptação, tende a aumentar naturalmente o TRC devido à menor radiação solar, como forma de compensar a redução na taxa fotossintética.

Tabela 3. Análise de variância da massa seca da folha (MSF), teor relativo de clorofila (TRC) e massa verde da folha (MVF) do capim massai diferido, antes da adubação, em função de diferentes níveis de saturação de base (SB), terceira coleta no mês 06/24, antes da adubação.

Tratamentos (kg/há ⁻¹ de Nitrogênio)	MSF (g.2,25m ⁻²)	MVF (g.2,25m ⁻²)	TRC (SPAD)
TESTEMUNHA	3,78	17,06	21,32
90% SB + 100 N	1,13	6,73	15,96
90% SB + 200 N	0	2,85	14,35
50% SB + 200 N	0,47	10,96	22,34
50% SB + 100 N	1,02	10,12	22,64
F	ns	ns	ns
Média geral	3,26	12,3	19,32
CV (%)	254,69	128,88	37,49

Nível de significância: **: 1%; *: 5%; CV: coeficiente de variação; ns: não significativo.

Fonte: autor, 2024.

Na quarta coleta (tabela 4), os valores de F indicaram ausência de significância estatística para MSF e MVF. Apesar de a média de MSF ter variado entre os tratamentos (de 10,37 a 123,02) e a MVF entre 31,51 e 347,61, essas diferenças não foram estatisticamente relevantes.

Gomide *et al.*, (2020) destaca que em períodos de transição da seca para as águas é necessário ter sincronismo entre aplicação de nitrogênio e o retorno da chuva, representando uma boa oportunidade para retomar ou intensificar a adubação nitrogenada, favorecendo a rebrota da pastagem.

A tabela 4, referente à coleta realizada em fevereiro de 2025, revelou efeito significativo dos tratamentos sobre o TRC. Apesar da significância estatística, o coeficiente de variação foi elevado (43,83%), mostrando dispersão dos dados. O tratamento 50% SB + 200 N obteve o maior valor (28,47 SPAD), seguido por 50% SB + 100 N (26,26 SPAD), sendo ambos estatisticamente superiores ao tratamento 90% SB + 200 N (6,19 SPAD), que apresentou o pior desempenho. O comportamento dos tratamentos com maior saturação por bases e doses de nitrogênio pode indicar algum fator limitante específico durante o ciclo.

Oliveira (2023) observou que os tratamentos com elevação da saturação por bases não influenciaram diretamente os teores relativos de clorofila. Apesar disso, foi registrado um aumento no TRC aos 84 dias após o plantio do capim Massai, atribuído à adubação nitrogenada realizada após a primeira coleta. Esse incremento não esteve

relacionado à saturação por bases, mas sim ao maior aporte de nitrogênio. Após esse aumento, os teores de clorofila diminuíram gradativamente, o que foi atribuído à redução da disponibilidade de nitrogênio no solo e ao fim do período chuvoso.

Theago *et al.*, (2014) analisando teor de TRC sobre diferentes doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg/ha), viu que o tratamento com 150 kg/ha de N aplicado em cobertura resultou em maior valor TRC (47,2 SPAD) (tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância da massa seca da folha (MSF), teor relativo de clorofila (TRC) e massa verde da folha (MVF) do capim massai diferido, antes da adubação, em função de diferentes níveis de saturação de base (SB), quarta coleta no mês 02/25, antes da adubação.

Tratamentos (kg/há ⁻¹ de Nitrogênio)	MSF (g.2,25m ⁻²)	MVF (g.2,25m ⁻²)	TRC (SPAD)
TESTEMUNHA	123,02	347,61	20,13 ab
90% SB + 100 N	72,81	211,58	20,29 ab
90% SB + 200 N	10,37	31,51	6,19 b
50% SB + 200 N	78,99	275,71	28,47 a
50% SB + 100 N	76,42	241,74	26,26 a
F	ns	ns	3,82
Média geral	72,32	221,63	20,27
CV (%)	108,85	96,76	43,83

Nível de significância: **: 1%; *: 5%; CV: Coeficiente de variação; ns: Não significativo.

Fonte: autor, 2025.

De forma geral, os resultados obtidos ao longo das quatro coletas revelam uma evolução no efeito dos tratamentos sobre o TRC. Antes da adubação (tabela 1), não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Após a primeira adubação Tabela (2), houve efeito significativo com clara superioridade do tratamento 90% SB + 200 N. Contudo nas coletas seguintes (tabela 3 e 4) foi possível observar alta variabilidade e perda de consistência dos tratamentos, com desempenho inferior do tratamento que anteriormente se destacava.

Ao longo das coletas, algumas parcelas foram perdidas e outras degradadas (Figura 6 e 7). Na terceira coleta, duas parcelas não apresentaram crescimento (tratamentos SB 90% + 100 N e SB 50% + 100 N), e, por isso, não foi possível coletar material dessas parcelas. Na quarta coleta, o número de parcelas degradadas aumentou, totalizando quatro parcelas sem coleta: SB 90% + 100 N, duas parcelas do tratamento SB 50% + 100 N e uma parcela da testemunha.

A degradação dessas parcelas ao longo do experimento afetou diretamente a coleta de dados nas últimas avaliações. A perda total de plantas em algumas unidades experimentais, causada provavelmente pela baixa fertilidade do solo (P e K) e pela escassez hídrica, comprometeu a amostragem e contribuiu para o aumento da variabilidade nos resultados. Essa limitação compromete parcialmente a consistência dos efeitos observados, especialmente em tratamentos que haviam se destacado inicialmente.

Figura 6. Vista geral da área experimental composta por 40 parcelas no total, sendo utilizadas 20 parcelas para condução do experimento em 03/10/2024.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 7. Vista da área experimental de uma parcela degradada.



Fonte: Autor, 2024.

Pereira (2025) analisou o efeito da adubação e da correção do solo nos atributos químicos e físicos da área experimental de forragicultura do IFTO-*Campus Palmas* e constatou a baixa disponibilidade de P e K, sendo necessária a reposição desses nutrientes.

Cecato (2008) afirma que o crescimento estrutural depende do nível de cada nutriente essencial. A baixa disponibilidade de P e K diminui o perfilhamento, afetando o desenvolvimento da forragem, conforme Langer (1972). De acordo com Cecato (2008) relata que o fósforo é considerado um nutriente limitante para a produção, pois participa de forma ativa dos processos metabólicos da planta, e que a correção desse nutriente é de fundamental importância para o estabelecimento e a manutenção das pastagens.

De acordo com o Cunha (2022) em experimento com capim Mombaça, verificou que doses de 100 e 150 kg/há⁻¹ de P possibilita maior acúmulo de biomassa aérea e maior índice de área foliar, e promove maior eficiência da adubação nitrogenada subsequente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que a adubação nitrogenada aliada à alta saturação por bases favoreceu a produtividade e o teor de clorofila do capim massai após a primeira adubação. Nas coletas seguintes, o desempenho dos tratamentos foi afetado por estresse hídrico, degradação de parcelas e baixa fertilidade do solo. Isso reforça a importância do manejo adequado do solo e da água. Recomenda-se a continuidade do estudo, avaliando a adubação de forma parcelada e em momentos distintos do período de transição entre estações, visando maior eficiência e estabilidade de produção.

REFERENCIAS

ANDA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. Disponível em:

<http://anda.org.br/index.php?mpg=03.00.00>. Acesso em: 28 abr. 2025.

ABIEC. (2022). Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes.

Exportações Brasileiras de Carne Bovina (Ministério da Agricultura (ed.). Governo brasileiro.

ALBUQUERQUE, J. A., *et al.* Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 799-806, 2003.

BARBERO, R. P. *et al.* **Potencial de produção de bovinos de corte em pastagens tropicais: revisão de literatura**. *Ciência Animal Brasileira*, v. 22, p. e69609, 2021.

BATISTA, I. M. P. **Recomendação de calagem para alguns solos do Estado do Amazonas**. 2014.

BATISTA, M. A. *et al.* **Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral**. 2018.

BAO, Y. *et al.* **Estimating wheat shoot nitrogen content at vegetative stage from in situ hyperspectral measurements**. *Crop Science*, v. 53, n. 5, p. 2063-2071, 2013. DOI: 10.2135/cropsci2013.01.0012.

BENTO, L. R.; MARTIN NETO, L. **Intensificação sustentável de pastagens degradadas no Brasil: um estudo sobre sequestro de carbono no solo, compartimentos da matéria orgânica e transformações químicas**. 2024.

BUENO, J. I. *et al.* **Produção sazonal de duas espécies forrageiras irrigadas**. *Irriga*, v. 24, n. 2, p. 289-302, 2019. DOI: 10.15809/irriga.2019v24n2p289-302.

CARDOSO, S.; VOLPE, E.; MACEDO, M. C. M. Effect of nitrogen and lime on Massai grass subjected to intensive cutting. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, p. 19-27, 2016.

CASSIMIRO, J. B. *et al.* **Volatilização da amônia e avaliação do capim-marandu sob doses e fontes de fertilizantes nitrogenados**. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. e526985823, 2020.

CECATO, U. *et al.* **Perfilhamento e características estruturais do capim-Mombaça, adubado com fontes de fósforo, em pastejo**. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 30, n. 1, p. 1-7, 2008.

CUNHA, M. K. *et al.* **Manejo da adubação fosfatada e nitrogenada em pastagens de capim Mombaça**. 2022.

DANTAS, C. C. O.; NEGRÃO, F. de M.; ZANINE, A. de M. **Produção de silagem de capim *Brachiaria decumbens*. Pubvet**, v. 4, p. 956-961, 2010.

DE LUCENA COSTA, N. *et al.* **Produtividade de forragem e morfogênese de *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri sob adubação nitrogenada. Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 18, n. 2, p. 28, 2025.

DOS SANTOS BORGES, L. de F. *et al.* **MASSA DE FORRAGEM DE CAPIM-BRAÚNA SUBMETIDO A DIFERENTES PRÁTICAS DE CALAGEM, GESSAGEM E ADUBAÇÃO. Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 4, n. 1, 2020.

DURU, M.; DUCROCQ, H. **Growth and senescence of the successive leaves of a tiller: ontogenic development and effect of temperature. Annals of Botany**, v. 85, p. 635-643, 2000.

FERRAZ, J. B. S.; DE FELÍCIO, P. E. **Sistemas de produção – Um exemplo do Brasil. Ciência da carne**, v. 84, n. 2, pág. 238-243, 2010.

FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.; SANTOS, M. E. R. **Adubação de pastagens: inovações e perspectivas. In: ANAIS DO XXI SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM**, 2011.

GALINDO, F. S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA-FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; CARVALHO, F. C. **Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 900-913, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA18131>.

GOMES JÚNIOR, R. S. **Efeito da adubação orgânica em simulação de pastejo na produção do capim massai (*Megathyrsus maximus* cv. Massai)**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, 2025.

GOMIDE, CA de M.; PACIULLO, DSC; MARTINS, C. E. **Momento da adubação nitrogenada em pastagens intensivamente manejadas**. 2020.

GRISE, M. M. *et al.* **TT ILPF–CONSTRUINDO CAPACIDADES E INOVANDO NO SETOR PRODUTIVO DO TOCANTINS E SUL DO PARÁ. Ciência, Desenvolvimento e Inovação na Engenharia e Agronomia Brasileira**, p. 101, 2020.

HEINRICHS, R. *et al.* **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. DOI: 10.1080/00103624.2016.1141923.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017: resultados do censo agropecuário**. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html. Acesso em: 19 abr. 2025.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Balanço climático de Palmas – TO: abril de 2024, fevereiro de 2025 e meses do período seco.** Brasília, DF: INMET, 2024-2025. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 20 maio 2025.

JANK, L. *et al.* Melhoramento genético de *Panicum maximum*. **Melhoramento de forrageiras tropicais**, v. 1, p. 55-87, 2008.

LANGER, R.H.M. Tillering. In: LANGER, R.H.M.(Ed.). **How grasses grow**. London: Edward Arnold, 1972. p. 19-25.

LIMA, J. da S. **Fontes de fertilizantes fosfatados para adubação de pastagem**. 2021.

LOPES, M. N. *et al.* Fluxo de biomassa em capim-massai durante o estabelecimento e rebrotação com e sem adubação nitrogenada. *Revista Ceres*, v. 60, n. 3, p. 363-371, 2013.

LOPES, M. N. *et al.* Índice de clorofila e produção de forragem em capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos. 2011.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – **Coleção 2022 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil 2021**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-dametodologia>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

MARTUSCELLO, J. A. *et al.* Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. *Ciência Animal Brasileira*, v. 16, p. 1-13, 2015.

MARTUSCELLO, J. A. *et al.* Características produtivas e fisiológicas de capim-elefante submetido à adubação nitrogenada. *Archivos de Zootecnia*, v. 65, n. 252, p. 565-570, 2016.

OLIVEIRA, G. de O. **Estudo de caso: análise dos custos de produção em uma propriedade leiteira no município de Dom Pedrito-RS**. 2017.

OLIVEIRA, L. B. de. **Efeitos da saturação de base na forrageira *Megathyrsus maximus* cv. Massai em solo do Cerrado**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, 2023.

OLIVEIRA, I. *et al.* Doses de calcário avaliadas em capim capiaçu BRS cultivado em solo de Cerrado. *Revista UniAraguaia*, p. 214-227, 2024.

OLIVEIRA, I. P. *et al.* Acidez e correção do solo para implantação e manutenção. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2021. p. 362-418.

OLIVEIRA, N. de S. **Características morfogênicas, produtivas e bromatológicas do capim-buffel cv. Áridus submetido a fontes de nitrogênio**. [S.l.]: [s.n.]. Dissertação (Mestrado), 2018.

OMOTE, H. *et al.* **Monitoramento tecnológico de cultivares de forrageiras no Brasil.** 2021.

PEREIRA, E. B. S. ***Efeito da adubação e da correção do solo de cerrado nos atributos químicos e físicos em área experimental de forragicultura do IFTO-Campus Palmas.*** 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, 2025.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** Digitaliza Conteúdo, 2023.

RIBEIRO, E. G. *et al.* **Influência da irrigação, nas épocas seca e chuvosa, na produção e composição química dos capins napier e mombaça em sistema de lotação intermitente.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, p. 1432-1442, 2009.

SÁNCHEZ, M. A. R. **Resposta hiperespectral de folha na diferenciação de adubação nitrogenada e predição do teor de clorofila na cultura de capim Mombaça.** 2019.

SANT'ANA, E. V. P.; OLIVEIRA, L. B. de. **Massai: a influência da saturação de bases, adubação nitrogenada, irrigação e estacionalidade de produção do capim.** 2023.

SANTOS, J. B. dos. **Diferimento de pastagem em regiões de clima tropical.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Agropecuária Sustentável) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Colinas do Tocantins, Colinas do Tocantins, 2019.

SANTOS, J. D. dos. **Produção de forragem e estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* diferidas.** 2023.

SANTOS, M. E. **Adubação de pastagens: possibilidades de utilização.** Enciclopédia biosfera, v. 6, n. 11, 2010.

SANTOS, P. M.; BERNARDI, A. C. C. **Teoria e prática da produção animal em pastagens: diferimento do uso de pastagens.** In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM**, 22., 2005, Piracicaba. Anais [...]. Piracicaba: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.

SOUSA, D. M. G., VILELA, L., LOBATO, E. & SOARES, W. V. (2001). **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado.** Embrapa Cerrados, Brasília.

SILVA, M. A. S. *et al.* **Correção da acidez do solo.** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. s.p.

THEAGO, E. Q. *et al.* **Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 38, p. 1826-1835, 2014.

TONATO, F. *et al.* **Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, p. 522-529, 2010.

VIEIRA, B. *et al.* **Produtividade de pastagem natural submetida a calagem e adubação.** 2023.

VOLPE, E. *et al.* **Acúmulo de forragem e características do solo e da planta no estabelecimento de capim-massai com diferentes níveis de saturação por bases, fósforo e nitrogênio.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, p. 228-237, 2008.