



**CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS, FISIOLÓGICAS E  
NUTRICIONAIS DO *Panicum maximum* cv. Massai SOB  
DIFERENTES CORREÇÕES DE SOLO**

MATEUS PEREIRA SOUSA



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS, FISIOLÓGICAS E**  
**NUTRICIONAIS DO *Panicum maximum* cv. Massai SOB**  
**DIFERENTES CORREÇÕES DE SOLO**

Autor: Mateus Pereira Sousa  
Orientador: Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

ITAPETINGA  
BAHIA – BRASIL  
Fevereiro de 2025

**MATEUS PEREIRA SOUSA**

**CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS, FISIOLÓGICAS E  
NUTRICIONAIS DO *Panicum maximum* cv. Massai SOB DIFERENTES  
CORREÇÕES DE SOLO**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires  
Coorientadora: Prof. Dr. Daniela Deitos Fries

ITAPETINGA  
BAHIA – BRASIL  
Fevereiro de 2025

633.2      Sousa, Mateus Pereira.  
S697c      Características morfogênicas, fisiológicas e nutricionais do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo. / Mateus Pereira Sousa. – Itapetinga-BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, 2025.  
44p.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Área de concentração: Produção de Ruminantes. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Aureliano José Vieira Pires e coorientação da Prof.<sup>a</sup> D. Sc. Daniela Deitos Fries.

1. Capim - cultivo. 2. Solos - Acidez - Corretivos. 3. Solos - Adubação. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia -Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Pires, Aureliano José Vieira. III. Fries, Daniela Deitos. IV. Título.

**CDD(21): 633.2**

Catálogo na Fonte:

Carolina A. Oliveira e Silva – CRB 2145-5ª Região  
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Solos - Calagem
2. Forrageiras - Fisiologia vegetal

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB  
Recredenciada pelo Decreto Estadual  
Nº 16.825, de 04.07.2016

---

## DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

**Título:** “CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS, FISIOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DO *Panicum maximum* cv. Massai SOB DIFERENTES CORREÇÕES DE SOLO”

**Autor:** Mateus Pereira Sousa


**Orientador:** Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

**Coorientadora:** Profa. Dra. Daniela Deitos Fries

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:

  
Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires (UESB) – Orientador

  
Profa. Dra. Crislene Viana da Silva – UESB

  
Dra. Aracele Vieira Santos – Pós-doutoranda - UESB

Data de realização: 24 de Fevereiro de 2025.

## AGRADECIMENTOS

Quero iniciar agradecendo a Deus por tornar tudo isso possível, por todas as dificuldades e ensinamentos que tive durante essa fase tão importante do mestrado.

Aos meus pais, Maria Gloria Neves Pereira Sousa e Dielso Rozendo de Sousa, que fizeram tudo o que estava ao alcance para proporcionar que eu tivesse acesso à universidade, sempre me dando força e apoio em todos os momentos.

À minha namorada, Thais Santos Moraes Lima, por todo o apoio e incentivo durante essa jornada, além de todo o amor e carinho.

Ao Dr. Aureliano José Vieira Pires, pela orientação e pelo conhecimento transmitido.

À coorientadora Dr. Daniela Deitos Fries, pelo auxílio e pela paciência.

A todos os amigos e integrantes do grupo de pesquisa GEPEF.

Muito obrigado!

## **BIOGRAFIA**

MATEUS PEREIRA SOUSA, filho de Dielso Rozendo de Sousa e Maria Glória Neves Pereira Sousa, nasceu em Caculé, no dia 29 de maio de 1999.

Em dezembro de 2022, concluiu o curso de Zootecnia, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Em março de 2023, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção de Ruminantes, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, realizando estudos na área de forragicultura, pastagem e fisiologia e genética vegetal.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
I – REFERENCIAL TEÓRICO.....	1
1.1 Introdução .....	1
1.2 Calagem .....	2
1.3 Adubação .....	3
1.4 Capim Massai .....	7
1.5 Referências Bibliográficas.....	9
II – OBJETIVOS .....	13
2.1 Objetivo geral .....	13
2.2 Objetivos específicos .....	13
III – MATERIAL E MÉTODOS .....	13
3.1 Instalação do experimento .....	13
3.2 Produção de massa seca e volume de raiz .....	16
3.3 Características morfogênicas e estruturais .....	16
3.4 Área foliar e análises de crescimento .....	17
3.5 Eficiência de uso da água .....	17
3.6 Análises químicas .....	17
3.7 Análises estatísticas .....	18
IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
V - CONCLUSÃO .....	39
VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Variação da temperatura durante o período experimental .....	15
<b>Figura 2.</b> Taxa de aparecimento foliar (TApF) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	20
<b>Figura 3.</b> Taxa de alongamento foliar (TAIF) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	21
<b>Figura 4.</b> Taxa de alongamento de colmo (TAIC) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai.....	21
<b>Figura 5.</b> Comprimento final de lâmina foliar (CFF) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai.....	22
<b>Figura 6.</b> Número de perfilhos (N° Perf.) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	23
<b>Figura 7.</b> Comprimento total da planta (CTP) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	24
<b>Figura 8.</b> Índice de área foliar (IAF) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	25
<b>Figura 9.</b> Produção de matéria seca da parte aérea (g MS aérea) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	27
<b>Figura 10.</b> Produção de matéria seca do resíduo (g MS resíduo) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	27
<b>Figura 11.</b> Produção de matéria seca da raiz (g MS raiz) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	28
<b>Figura 12.</b> Volume da raiz em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	28
<b>Figura 13.</b> Produção de matéria seca por litro de água (g MS/Litro) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai.....	30
<b>Figura 14.</b> Quantidade de litros de água para a produção de uma grama de matéria seca (Litro/g MS) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	30
<b>Figura 15.</b> uso de água em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	31
<b>Figura 16.</b> Percentual de matéria seca (MS) em relação ao percentual da recomendação de	

adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	33
<b>Figura 17.</b> Percentual de fibra em detergente neutro (FDN) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	34
<b>Figura 18.</b> Percentual de fibra em detergente ácido (FDA) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	34
<b>Figura 19.</b> Percentual de lignina em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	35
<b>Figura 20.</b> Percentual de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	35
<b>Figura 21.</b> Produção de nutrientes digestíveis totais por vaso (g NDT/vaso) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	36
<b>Figura 22.</b> Produção de proteína bruta por vaso (g PB/vaso) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	37
<b>Figura 23.</b> Fração B2 dos carboidratos totais (B2) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai.....	39
<b>Figura 24.</b> Fração C dos carboidratos totais (C) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o <i>Panicum maximum</i> cv. Massai. ....	39

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Análise química do solo da fazenda Bela Vista.....	14
<b>Tabela 2.</b> Análise química do solo da fazenda Bela Vista pós-calagem. ....	14
<b>Tabela 3.</b> Características morfológicas do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.....	19
<b>Tabela 4.</b> Índice de área foliar (IAF) e SPAD do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.....	24
<b>Tabela 5.</b> Produção de matéria seca da parte aérea (g MS aérea), resíduo (g MS resíduo), raiz (g MS raiz) e volume da raiz do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.....	26
<b>Tabela 6.</b> Eficiência do uso da água do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK. ....	29
<b>Tabela 7.</b> Análises bromatológicas do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai submetido a diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.....	32
<b>Tabela 8.</b> Produção total de nutrientes digestíveis totais por vaso (g NDT/vaso) e proteína bruta por vaso (g PB/vaso) do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK. ....	36
<b>Tabela 9.</b> Fracionamento de proteína do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK. ....	37
<b>Tabela 10.</b> Fracionamento de carboidrato do <i>Panicum maximum</i> cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.....	38

## RESUMO

SOUSA, Mateus Pereira. **Características morfológicas, fisiológicas e nutricionais do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo.** Itapetinga, BA: UESB, 2025. 44p. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).\*

Objetivou-se avaliar as características produtivas, fisiológicas e químicas do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo. O experimento foi realizado em casa de vegetação, e o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em um esquema fatorial 2 x 5, sendo dois tipos de calagem (sem e com) e cinco adubações com NPK (sem adubo, 50%, 100%, 150% e 200% da dose recomendada), com 4 repetições. Foram utilizados baldes plásticos com capacidade de 12 litros, e em cada balde foram transplantados 4 perfilhos. O experimento teve duração de 56 dias. A calagem resultou em um aumento na taxa de aparecimento foliar (0,21 folhas/dia); melhorou o filocrono, reduzindo para 5,3 dias/folha; incrementou o número de folhas vivas (4,8); elevou a produção de matéria seca do resíduo em 2,02 g; aumentou os teores de proteína bruta (8,5%) e hemicelulose (26,1%); reduziu os teores de fibra em detergente neutro (77,6%) e fibra em detergente ácido (51,6%). A adubação apresentou efeito linear crescente para taxa de aparecimento foliar, taxa de alongamento de colmo e número de perfilhos; exibiu comportamento quadrático, atingindo pontos de máxima para a produção de matéria seca da parte aérea (249,6%), do resíduo (305,7%) e da raiz (192,7%), bem como para a eficiência do uso da água (198,4%); apresentou comportamento linear decrescente para teores de matéria seca, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. Recomenda-se o uso da calagem associada a 200% da dose de adubação com NPK recomendada pela 5ª aproximação em função do aumento na produção de matéria seca, nas características morfológicas e na qualidade nutricional do *Panicum maximum* cv. Massai.

Palavras-chave: fertilizantes, gramínea, produção.

---

\* Orientador: Aureliano José Vieira Pires, D.Sc. UESB e Coorientadora: Daniela Deitos Fries, D.Sc. UESB.

## ABSTRACT

SOUSA, Mateus Pereira. **Morphogenic, Physiological, and Nutritional Characteristics of *Panicum maximum* cv. Massai Under Different Soil Amendments.** Itapetinga, BA: UESB, 2025. 44p. Dissertation. (Master's in Animal Science, Concentration in Ruminant Production)\*.

This study aimed to assess the productive, physiological, and chemical characteristics of *Panicum maximum* cv. Massai under different soil amendments. The experiment was performed in a greenhouse using a completely randomized design in a  $2 \times 5$  factorial arrangement, with two liming treatments (without and with) and five NPK fertilization levels (no fertilization, 50%, 100%, 150%, and 200% of the recommended dose), with four replicates. Twelve-liter plastic buckets were used, and four tillers were transplanted into each bucket. The experiment lasted 56 days. Liming resulted in an increase in the leaf appearance rate (0.21 leaves/day); improved the phyllochron, reducing it to 5.3 days/leaf; increased the number of live leaves (4.8); elevated residual dry matter production by 2.02 g; increased crude protein (8.5%) and hemicellulose (26.1%) contents; and reduced neutral detergent fiber (77.6%) and acid detergent fiber (51.6%) levels. Fertilization exhibited a linear increasing effect on leaf appearance rate, stem elongation rate, and number of tillers; showed a quadratic response, reaching peak values for shoot dry matter production (249.6%), residual dry matter (305.7%), root dry matter (192.7%), and water use efficiency (198.4%); and demonstrated a linear decreasing trend for dry matter content, neutral detergent fiber, and acid detergent fiber. The use of liming is recommended in association with 200% of the fertilization dose with NPK (suggested by the 5th approximation), due to the increase in dry matter production, morphogenic characteristics, and nutritional quality of *Panicum maximum* cv. Massai.

Keywords: fertilizers, grass, production.

---

\* Advisor: Aureliano José Vieira Pires, D.Sc., UESB; and Co-advisor: Daniela Deitos Fries D.Sc., UESB

## I – REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 Introdução

A bovinocultura exerceu importante papel no desenvolvimento econômico do Brasil desde a sua colonização, sendo amplamente difundida em todo o território nacional devido às condições climáticas favoráveis à produção de forragem. Atualmente, a pecuária de corte nacional apresenta um importante papel mundial, dado que o país possui o maior rebanho comercial do mundo (ABIEC, 2023).

Um dos modos de criação mais utilizados nacionalmente é o extensivo, ele consiste em oferecer como principal alimento aos animais a pastagem. Segundo Barros *et al.* (2015), o desempenho produtivo dos animais criados a pasto está diretamente relacionado com a qualidade e a quantidade de forragem disponível para o pastejo, dessa forma, um pasto bem manejado é capaz de suprir grande parte das exigências nutricionais dos bovinos.

A qualidade da forragem é diretamente dependente dos fatores físico-químicos do solo, o fator que possui maior influência nesse ponto é o potencial hidrogeniônico (pH). Quando o pH do solo torna-se ácido devido ao acúmulo de alumínio e íons de hidrogênio, ocorre a redução da disponibilidade da maioria dos nutrientes para as plantas (Alvarez & Ribeiro, 1999).

Grande parte dos solos apresenta problemas com acidez, uma maneira para solucionar esse problema é realizar a calagem, essa técnica consiste na aplicação de calcário no solo, que por sua vez, proporciona a aumento do pH, reduzindo a concentração de alumínio, aumentando a disponibilidade dos nutrientes ali presentes e liberando cálcio e magnésio no solo (Fernandes *et al.*, 2003).

Como forma de aumentar a produtividade das pastagens, pode se fazer uso da adubação após o processo de calagem. O uso de adubos consiste em disponibilizar nutrientes para o solo, aumentando a sua concentração no substrato e possibilitando uma maior absorção por parte das plantas. Quando se associa um solo de boa qualidade com uma gramínea que apresenta boa resposta as condições ambientais, é possível tornar a pastagem mais eficiente (GOMIDE *et al.*, 2020).

Uma gramínea que apresenta características interessantes para regiões secas é o capim Massai, cultivar bastante difundido no Brasil por ser o *Panicum* que apresenta maior resistência a solos de baixa fertilidade, boa adaptação às condições edafoclimáticas em regiões de transição do semiárido para caatinga devido a sua resistência ao déficit hídrico e uma produção média de

matéria seca em torno de 15,6 toneladas por hectare/ano (EMBRAPA, 2001). Essas características associadas ao fato de apresentar uma resposta produtiva elevada em solos corrigidos e adubados torna-o uma opção forrageira atrativa como alternativa ao uso de *Brachiarias*, visando o diferimento das pastagens.

Desde 1999, a base utilizada para a recomendação de adubação é o livro de Alvarez e Ribeiro (1999), recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação. Tendo em mente a evolução no estudo e aperfeiçoamento de novos cultivares de gramíneas, é possível que a resposta de cultivares atuais possa ser superior com o uso de doses diferentes da recomendação de adubação tradicional.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a produção, as características fisiológicas e a composição bromatológica do *Panicum maximum* cv. Massai em diferentes calagens e diferentes doses da recomendação de adubação com NPK.

## 1.2 Calagem

A calagem consiste no processo de aplicar uma fonte de cálcio, usualmente calcário, no solo, visando reduzir a concentração de íons de hidrogênio e também os teores de alumínio e manganês. Segundo Li *et al.* (2019), a realização de correções do solo regularmente é indispensável quando se busca manter o sistema produtivo e sustentável. Essa técnica de manejo é crucial para a manutenção da qualidade e produtividade de solos voltados para a agricultura; sua associação com adubos potencializa a produtividade do solo e aumenta sua longevidade, além de reduzir o uso dos fertilizantes (Caires *et al.*, 2015; Bertol *et al.*, 2022).

Os principais tipos de calcário utilizados comercialmente são o calcítico, dolomítico e magnésiano (Almeida *et al.*, 2023). A diferença entre eles consiste no teor de magnésio (Mg) presente em sua composição, sendo o calcítico aquele que possui a menor concentração, até 5,0% de MgO (Parizotto *et al.*, 2018), seguido do dolomítico e magnésiano com 5-12% e 12% ou mais de MgO, respectivamente (Prado *et al.*, 2002). A fonte de cálcio utilizada no processo de calagem, juntamente com o método de aplicação, pode influenciar a produtividade da cultura (Li *et al.*, 2019).

O uso de calcário de maneira recorrente não apresenta nenhum impacto negativo nas características do solo, a aplicação recorrente resulta em uma maior concentração de carbono orgânico presente como biomassa microbiana no solo (Aye *et al.*, 2016). Além de influenciar na disponibilidade dos nutrientes básicos no solo, como nitrogênio, fósforo e potássio, a calagem também altera a disponibilidade de silício no solo. Haynes (2019) observou que a

presença de um pH acima de 6 pode aumentar a disponibilidade de silício, o aumento do pH resulta em uma troca das bases presentes no substrato, disponibilizando carga negativa no solo e tornando o silício disponível.

Segundo Rheinheimer *et al.* (2018), após a aplicação de calcário, o processo de acidificação ocorre de maneira lenta, sendo a aplicação parcelada a maneira mais eficiente de realizar o processo. Em seu trabalho, eles observaram que, após 24 anos sem reaplicação de calcário, o processo de acidificação resultou em apenas 20% da acidez potencial original observada na área sob pastagens naturais. Dessa forma, uma calagem realizada de maneira adequada resulta em benefícios duradouros para o solo.

### **1.3 Adubação**

As pastagens armazenam cerca de 34% do carbono terrestre global e são vitais para a prestação de vários serviços ecossistêmicos, como forragem e regulação do clima (Eze *et al.*, 2018). Uma forma de aumentar a eficiência produtiva das pastagens e seus efeitos benéficos é utilizando adubos.

As plantas apresentam como característica marcante a capacidade de produção de energia por meio de um processo orgânico, denominado fotossíntese. Um componente essencial para esse processo é o carbono (C), elemento muito presente na atmosfera na forma de dióxido de carbono e que está correlacionado com a poluição e impactos ambientais (Sousa *et al.*, 2022). Dessa forma, a fotossíntese das plantas é um mecanismo de sequestro de C da atmosfera, algo que é potencializado com o uso da adubação, proporcionando uma redução do impacto ambiental causado pelos sistemas produtivos.

Coonan *et al.* (2019), em seu trabalho, observaram que a adução fosfatada em pasto de clima temperado apresentou melhoras significativas para a capacidade de sequestro de C e acúmulo de matéria orgânica no solo. Kidd *et al.* (2017) avaliaram o efeito da aplicação de fertilizantes durante 120 anos em uma área, como resultado eles observaram que o uso de fertilizantes nitrogenados proporcionou um aumento do estoque de carbono orgânico no solo.

Warner *et al.* (2015), em seu trabalho, observaram que o aumento da adubação nitrogenada proporcionou um menor intervalo de rebrota no pasto, além de melhorar a qualidade do capim. Esses fatores resultaram em uma menor emissão de CH<sub>4</sub> de vacas leiteiras em sistema de pastoreio-zero.

Existem diversos tipos de adubo, eles são diferenciados principalmente por sua origem. Os adubos podem ser de origem orgânica, como esterco e compostagem, ou ser de origem

sintética, como os adubos químicos. Em larga escala os mais utilizados são os adubos químicos, devido a maior concentração de nutrientes na composição e solubilidade (Souza *et al.*, 2018). Dentre os nutrientes utilizados na adubação temos com principais o nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K).

O uso de adubos nitrogenados é muito comum e recorrente devido ao seu efeito rápido e expressivo. Moreira *et al.* (2014) observaram que, a adubação com N proporcionou um aumento na quantidade de biomassa forrageira e a densidade volumétrica, aumentando a taxa de lotação e o ganho de peso dos animais. Resultados semelhantes foram observados por Vasconcelos *et al.* (2020), onde a adubação nitrogenada apresentou efeito positivo sobre as características morfológicas, estruturais e produtivas do capim. Lopes *et al.* (2019) notaram uma resposta positiva da adubação nitrogenada sobre os componentes da biomassa e a estrutura do dossel do capim Massai.

Amorim *et al.* (2019) constataram que as crescentes doses de nitrogênio incrementaram a altura da planta estendida, a massa de forragem, a oferta de forragem e a eficiência de conversão do nitrogênio em forragem. Além disso, também foi constatado que houve uma redução nas perdas, que pode ter sido resultado da redução de seleção por parte dos animais.

Lopes *et al.* (2020) observaram que a adubação nitrogenada, além de aumentar a produção de biomassa, também pode influenciar positivamente a composição química de uma planta forrageira. Em seu trabalho avaliaram a produtividade e a composição química do capim Massai sob cinco níveis de adubação. Nos tratamentos que receberam adubo ocorreu um aumento na biomassa total de forragem, juntamente com um aumento no teor de proteína bruta e uma redução nos teores de FDN, FDA e hemicelulose.

O N apresenta um efeito rápido no metabolismo das plantas e, devido à sua presença no processo fotossintético, ele proporciona um aumento no crescimento da planta. Isso foi observado por Cabral *et al.* (2016), em seu trabalho ocorreu um efeito linear na produção do capim de acordo com o aumento da dose de N, sendo o valor máximo relacionado a eficiência da planta de  $100\text{g dm}^{-3}$ .

Martuscello *et al.* (2015) constataram em seu trabalho, que o capim Massai apresentou uma resposta linear para a adubação com N, tendo um aumento nas taxas de alongamento, aparecimento e senescência de folhas, alongamento de colmo, número de folhas vivas por perfilhos e comprimento final da lâmina. Também foi observado um aumento na massa seca total das folhas e do colmo.

Costa *et al.* (2017) também observaram esse efeito positivo do nitrogênio na produtividade do capim em sua pesquisa, eles avaliaram as características agrônômicas e valor

nutricional do capim Massai submetido a diferentes doses de N (0, 100; 200; 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup>). Foi constatado um aumento nos teores de MS e de proteína nas doses mais baixas, acima de 300 kg ha<sup>-1</sup> ocorreu uma redução na produção, acompanhado de um aumento no teor de fibra e uma redução da degradabilidade da MS. Cardoso *et al.* (2016) também observaram efeitos positivos da calagem em associação com a adubação nitrogenada sob a produção do capim Massai, sendo eles o aumento do acúmulo de massa verde e melhora das características do solo.

A aplicação de N após o período de saída dos animais auxilia na redução do intervalo de descanso do pasto para receber novamente os animais, Camargo *et al.* (2022), trabalhando com duas doses anuais de N (100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>), observou que os pastos que receberam 200 kg ha<sup>-1</sup> apresentaram um período de descanso menor, 10 dias a menos, quando comparados aos que receberam 100 kg ha<sup>-1</sup>.

O fósforo, por sua vez, também desempenha um papel importante para as plantas, sendo componente essencial nos mecanismos energéticos necessários para as atividades fisiológicas. Neto *et al.* (2020) observou a importância do P no crescimento da vegetação e na formação de folhas, sendo essa característica, de extrema importância para a produção de forragem.

Pacheco *et al.* (2021) também observaram a influência do fosforo no desenvolvimento da planta, eles obtiveram um aumento na taxa de crescimento cultural, aparecimento foliar, bem como alongamento de folhas e colmo. Dias *et al.* (2015), trabalhando com o capim Piatã submetido a diferentes doses de P, observaram que a adubação fosfatada proporciona um incremento na produção de matéria seca das folhas, pseudocolmo e parte aérea do capim.

Costa *et al.* (2022) avaliaram o efeito da fertilização fosfatada sobre a produção e características morfogênicas e estruturas do *Megathyrsus maximus* x *M. infestum* cv. Massai, para isso, utilizaram diferentes doses de P na forma de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha). A adubação proporcionou um aumento na produção de matéria seca, teores de fósforo, densidade populacional de perfilhos, número de folhas perfilho, tamanho médio de folhas, índice de área foliar, taxas de aparecimento, expansão e senescência das folhas.

Diferente do N, que possui adubos de alta solubilidade na maioria dos casos, o P possui diferentes solubilidades a depender do adubo utilizado, podendo ser lenta, rápida e mista. Essa variedade proporciona uma maior elasticidade para adequar a adubação ao plano de manejo selecionado.

Duarte *et al.* (2019) observaram que as plantas que receberam P prontamente disponível apresentaram um maior alongamento de folhas e colmo, bem como maior número e aparecimento de folhas. Isso evidencia a importância da disponibilidade de fósforo e nitrogênio no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Duarte *et al.* (2019), trabalhando com capim Piatã submetido a diferentes fontes de fósforo com diferentes solubilidades (lenta, rápida e mista) associado ou não com a adubação nitrogenada, observou que o uso de fontes com solubilidade mista é o ideal, pois, a pronta disponibilidade do P proporciona um maior alongamento das folhas e colmo, juntamente com um maior número e aparecimento de folhas, fatores que impactam no período de recuperação do capim e em seu desenvolvimento.

O P também auxilia na redução dos impactos ambientais, como observado Coonan *et al.* (2019), eles investigaram o impacto da adubação fosfatada em pastagem de pH ácido ocupada de maneira intermitente sobre a capacidade de sequestro de C da atmosfera, o solo da região era naturalmente deficiente de P. Ao fim do período de 20 anos foi observado que a adubação auxiliou na melhoria da produtividade, na capacidade de sequestro de C e no acúmulo de matéria orgânica do solo.

Assim como o N e o P, o potássio (K) também apresenta uma participação importante dentro dos parâmetros produtivos das plantas. Segundo Mota *et al.* (2021), o potássio participa de processos cruciais, como o transporte de nutrientes, ativação de enzimas fotossintetizantes e também na atividade dos estômatos.

Reis *et al.* (2024) avaliaram a influência da adubação potássica no desempenho de diferentes cultivares de *Megathyrus maximus*. Como resultado, foi observado que o aumento da dose de K alterou a produção das gramíneas, proporcionando valores superiores de MS produzida. Isso deve-se ao fato de o K ser o segundo nutriente mais absorvido pelas plantas, ficando atrás apenas do N. Segundo o trabalho, a dose máxima de K recomendada para o capim Massai é de 82 kg/ha<sup>-1</sup>.

Mota *et al.* (2021), trabalhando com adubação de diferentes combinações de enxofre (S) e K, notaram que o tratamento que recebeu apenas K apresentou melhores parâmetros de massa de forragem e maior número de folhas quando comparado ao tratamento controle. Eles também destacaram que a supressão de potássio na fertilização é um fator mais limitante para o desenvolvimento da gramínea do que o S.

Mesmo com todos os benefícios é necessário cuidado quando se faz uso de adubos químicos, doses acima do recomendado podem causar problemas ambientais. Tian *et al.* (2017) observaram que aplicações de fósforo acima do indicado pela recomendação agrônômica pode penetrar além da camada superficial do solo, abaixo da área das raízes, podendo contaminar os lençóis freáticos. Silva *et al.* (2017) recomendaram as doses de adubação para que o capim Massai apresente os melhores parâmetros como sendo a nitrogenada 100 kg N (kg/ha<sup>-1</sup>) e fosfatada até 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha<sup>-1</sup>).

Como observado, o uso de adubos como fonte de N, P e K para as plantas proporciona uma melhora significativa nas características produtivas, tanto químicas quanto fisiológicas. Também beneficiam o meio ambiente por meio do processo de sequestro de C da atmosfera, ajudando assim a mitigar os efeitos da poluição.

#### 1.4 Capim Massai

O capim Massai é um híbrido espontâneo entre *P. maximum* e *P. Infestum*, segundo a Embrapa (2001), a seleção de gramíneas forrageiras da espécie *Panicum maximum* teve início no ano de 1982 por meio de um convênio-cooperação entre a Embrapa (Brasil) e o Institut de Recherche pour le Développement (IRD) (França), no qual foi realizada a transferência da coleção contendo 426 acessos apomíticos e 417 plantas sexuais de *Panicum maximum* para a Embrapa gado de corte em Campo Grande, MS. As gramíneas eram originárias do leste da África e possuíam uma variabilidade natural da espécie, cada exemplar passou por uma série de estudos visando observar suas capacidades produtivas, adaptação as condições edafoclimáticas e resistência a pragas e doenças. Como resultado de toda essa pesquisa, foram lançados os cultivares Tanzânia em 1990, Mombaça em 1993 e Massai em 2001.

Esse capim apresenta como características uma altura média de 60 cm e folhas quebradiças, sem cerosidade, e largura média de 9 mm, sua inflorescência é um intermediário entre panícula e racemo. Sua produção da matéria seca pode chegar em torno de 16 toneladas por hectare (Cabral *et al.*, 2016).

Do ponto de vista bromatológico, esse capim apresenta valores nutricionais dentro da média das demais gramíneas utilizadas nacionalmente. Anjos *et al.* (2022) avaliaram a qualidade nutricional do *Panicum maximum* cv. Massai, os valores médios obtidos foram 34,54% de matéria seca, 7,43% de proteína bruta, 1,6% de extrato etéreo, 72,96% de fibra em detergente neutro, 44,60% de fibra em detergente ácido, 6,22% de carboidratos não-fibrosos e 46,03% de nutrientes digestíveis totais.

Esse capim apresenta uma concentração de amido acima de 9% durante o período de rebrota, algo muito interessante para ruminantes, uma vez que o amido é uma fonte energética altamente solúvel e prontamente fermentável no rúmen. Entretanto, para equinos, esse teor elevado de amido durante a rebrota pode acarretar problemas fisiológicos, como cólicas. Souza *et al.* (2017) avaliaram surtos de cólica em equinos no estado de Rondônia e constataram esse alto teor de amido no capim Massai da região (9,2%). Esse alto teor de carboidratos de fermentação rápida também foi observado por Dias *et al.* (2014) em seu trabalho, no qual

avaliaram um surto de cólica por consumo de *Panicum maximum* cv. massai em equinos no município de Poconé, Mato Grosso.

O Massai possui uma adaptação ao clima nacional, sendo resistente a períodos de estiagem e possibilitando o uso em regiões semiáridas sem perdas na sua capacidade produtiva, entretanto, Coutinho *et al.* (2020), em seu trabalho, analisando o efeito de diferentes intervalos de rega (a cada 2, 4, 6, 8 e 10 dias), no crescimento e produção do capim Massai, observou que acima de quatro dias de intervalo entre a irrigação ocorre uma redução no desempenho do capim, portanto, na fase de desenvolvimento inicial deve existir uma disponibilidade hídrica constante. Veras *et al.* (2019) avaliaram as características de cultivares de *Panicum maximum* no nordeste brasileiro, os tratamentos foram Aruana, Massai, Mombaça, Tamani, Tanzânia e Zuri. Durante o período experimental ocorreram dois períodos de chuva e um de estiagem. Foram avaliadas a massa de forragem (MF), relação vivo/morto e as massas dos componentes morfológicos (folha, colmo e material morto). Como resultado, os cultivares Massai e Mombaça apresentaram produtividade superior aos demais cultivares avaliados, sendo considerados os mais produtivos.

O período de pastejo e altura de saída são fatores fundamentais no manejo de pastagens. O capim Massai, por ser um *Panicum*, necessita de um manejo eficiente, uma vez que ele cresce muito e perde parte de seu valor nutricional devido à lignificação causada por esse crescimento acima do ideal preconizado para o consumo animal. Silveira (2020) observou que o capim-Massai apresenta o período de colheita ideal quando a planta apresenta  $3,5 \pm 0,5$  folhas expandidas.

Sousa *et al.* (2019) avaliaram diferentes frequências de desfolhação (24; 32; 48 e 96 dias de intervalo de corte), sobre o crescimento e produção do capim Massai durante o período chuvoso. Como resultado, foi observado que o período de 24 dias proporcionou os melhores valores de produtividade durante o período chuvoso. Neste trabalho, após o corte, as plantas também receberam uma adubação de nitrogênio e fósforo, isso impactou positivamente na resposta de rebrota estimulando o crescimento.

A altura de saída dos animais em pastos de Massai está entre 25 e 30 cm, como constatado por Costa *et al.* (2017), resíduos dentro dessa faixa de tamanho asseguram maior produtividade e eficiência de utilização da forragem, maior renovação de tecidos e estrutura do dossel mais favorável ao pastejo.

O capim Massai também se apresenta como uma alternativa de forrageira para sistemas de integração, que apresentam ruminantes como componentes. Vieira *et al.* (2013) avaliaram o efeito de diferentes níveis de sombreamento artificial (0, 25, 50 e 75%) sobre o desenvolvimento

do *Panicum maximum* cv. Massai. Como resultado, foi constatado que os maiores valores obtidos nas variáveis analisadas estavam presentes no tratamento com 75% de sombreamento, dessa forma, o Massai se mostra como uma alternativa viável de capim para sistemas de integração.

Outra característica interessante do capim Massai é sua tolerância a defensivos agrícolas. Silva *et al.* (2022) testaram o efeito de diferentes concentrações de 2,4-D no crescimento vegetativo e tolerância do capim Massai. As doses foram dose 0 (testemunha), dose 1 L ha<sup>-1</sup> de 2,4-D; dose 1,5 l ha<sup>-1</sup> de 2,4-D e dose 2 l ha<sup>-1</sup> de 2,4-D. Como resultado, as diferentes dosagens utilizadas não tiveram efeito no desenvolvimento vegetativo na cultura do *Megathyrus maximus x M. infestum* cv. Massai, apresentando tolerância ao 2,4-D Nortox. A recomendação da dosagem mínima de 2,4-D Nortox para o controle de plantas daninhas faz com que ocorra a diminuição do custo de produção. O capim Massai apresenta uma tolerância suficiente para aguentar doses mais altas de defensivo sem apresentar limitação a curto prazo.

Dessa forma, por apresentar diversas características de interesse agrônomo, como adaptação as condições edafoclimáticas regionais e um bom índice produtivo, o Massai se torna uma alternativa de gramínea para compor as pastagens.

## 1.5 Referências Bibliográficas

- AYE, N. S.; SALE, P. W. G.; TANG, C. The impact of long-term liming on soil organic carbon and aggregate stability in low-input acid soils. **Biology and Fertility of Soils**, v.52, n.5, p.697–709, 2016.
- ALMEIDA, E. M.; ARCANJO, A. H. M.; DE FARIA THEODORO, G.; GURGEL, A. L. C.; SANTANA, J. C. S.; COSTA, C. M.; COSTA, A. B. G.; DIAS-SILVA, T. P.; DE ARAUJO, M. J. Uso de escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo. **Revista Científica Rural**, v.25, n.1, p.43-60, 2023.
- ANJOS, A. N. A. D.; ALMEIDA, J. C. D. C.; VIEGAS, C. R.; SILVA, P. H. F. D.; MORAIS, L. F. D.; NEPOMUCENO, D. D. D.; CARVALHO, C. A. B. SOARES, F. A. Protein and carbohydrate profiles of Massai grass silage with pelleted citrus pulp and microbial inoculant. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.57, n.1, p.1-9, 2022.
- BERTOL, F. D.; MARTINS, A. P.; DENARDIN, L. G. O.; KUNRATH, T. R.; FILHO, W. S.; GOULART, M. W.; CARVALHO, P. C. F. ANGHINONI, I. Liming and grazing intensities effects on soil mineral nitrogen throughout the pasture cycle in a subtropical integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.1, p.1-15, 2022.
- CABRAL, L. S.; PEREIRA, G. A. C.; LIMA, L. R.; SILVA, J. A.; GALATI, R. L.; ZERVOUDAKIS, J. T.; ABREU, J. G.; JESUS, L. P.; SANTOS, V. A. C.; DE CENI, I. Dry matter production and chemical composition of Massai grass submitted to nitrogen rates and cutting heights. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, n.4, p.2487-2498, 2016.

- CAIRES, E. F.; HALISKI, A.; BINI, A. R.; SCHARR, D. A. Surface liming and nitrogen fertilization for crop grain production under no-till management in Brazil. **European Journal of Agronomy**, v.66, p.41–53, 2015.
- CAMARGO, F. C.; DIFANTE, G. D. S.; MONTAGNER, D. B.; EUCLIDES, V. P. B.; TAIRA, C. D. A. Q.; GURGEL, A. L. C.; SOUZA, D. L. D. Morphogenetic and structural traits of Ipyporã grass subjected to nitrogen fertilization rates under intermittent grazing. **Ciência Rural**, v.52, n.5, p.1-9, 2022.
- 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, n.1, p.19-27, 2016.
- COONAN, E. C.; RICHARDSON, A. E.; KIRKBY, C. A.; KIRKEGAARD, J. A.; AMIDY, M. R.; SIMPSON, R. J.; STRONG, C. L. Soil carbon sequestration to depth in response to long-term phosphorus fertilization of grazed pasture. **Geoderma**, v.338, p.226–235, 2019.
- COSTA, C. S.; RODRIGUES, R. C.; DE ARAÚJO, R. A.; CÂNDIDO, M. J. D.; DE SOUSA SANTOS, F. N.; RODRIGUES, M. M.; COSTA, F. O.; SILVA, I. R.; ALVES, A. A.; LIMA, N. M. Agronomic and nutritional characteristics of Massai grass subjected to deferred grazing and nitrogen fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p.1617-1624, 2017.
- COSTA, N. D. L.; JANK, L.; MAGALHÃES, J. A.; BENDAHAN, A. B.; GIANLUPPI, V.; RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. D. S. Forage productivity and morphogenesis of *Megathyrsus maximus* x *M. infestum* cv. Massai under phosphate fertilization. **PUBVET**, v.16, n.6, p.1-5, 2022.
- COSTA, N. D. L.; JANK, L.; GIANLUPPI, V.; RODRIGUES, A. N. A. Acúmulo de forragem e morfogênese de *Megathyrsus maximus* x *M. infestum* cv. Massai sob níveis de desfolhação. In: **CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL**, v.12, 2017.
- COUTINHO, M. J. F.; DE SOUZA CARNEIRO, M. S.; EDVAN, R. L.; BEZERRA, L. R.; FERREIRA, R. R.; DE ARAÚJO, M. J.; BIAGIOTTI, D. NETO, A. F. L. Crescimento e produção do capim massai sob déficit hídrico. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.6, p.35690-35700, 2020.
- DIAS, D. G.; PEGORARO, R. F.; ALVES, D. D.; PORTO, E.; SANTOS NETO, J. A. D.; ASPIAZÚ, I. Produção do capim Piatã submetido a diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.330-335, 2015.
- DIAS, G. B. G.; FALCÃO, C. M.; ARRUDA, F. P.; DUCATTI, K. R.; CARDOSO, K. G. M.; COLODEL, E. M.; SANTOS C. E. P. ANTONIASSI, N. A. B. Surto de cólica por consumo de *Panicum maximum* (cv. Massai) em equinos no município de Poconé, Mato Grosso, Brasil. **Anais do VII Encontro Nacional de Diagnóstico Veterinário**, Porto Alegre, RS.(Resumo), 2014.
- DUARTE, C. F. D.; PAIVA, L. M.; FERNANDES, H. J.; BISERRA, T. T.; FLEITAS, A. C. Capim tropical manejado sob lotação intermitente, submetido a fontes de fósforo com diferentes solubilidades, associados ou não à adubação com nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v.20, p.1-15, 2019.
- EMBRAPA. Capim-massai(*Panicum maximum* CV. Massai): Alternativa para diversificação de Pastagens. **Embrapa gado de corte**, Comunicado técnico 69, 2001.
- EZE, S.; PALMER, S. M.; CHAPMAN, P. J. Soil organic carbon stock in grasslands: Effects of inorganic fertilizers, liming and grazing in different climate settings. **Journal of Environmental Management**, v.223, p.74–84, 2018.

- KIDD, J.; MANNING, P.; SIMKIN, J.; PEACOCK, S.; STOCKDALE, E. Impacts of 120 years of fertilizer addition on a temperate grassland ecosystem. **Plos One**, v.12, n.3, p.1-26, 2017.
- LI, G. D.; CONYERS, M. K.; HELYAR, K. R.; LISLE, C. J.; POILE, G. J.; CULLIS, B. R. Long-term surface application of lime ameliorates subsurface soil acidity in the mixed farming zone of south-eastern Australia. **Geoderma**, v.338, p.236–246, 2019.
- LI, Y.; CUI, S.; CHANG, S.X.; ZHANG, Q. Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. **Journal of Soils and Sediments**, v.19, p.1393-1406, 2019.
- LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; DA SILVA, R. G.; DE LACERDA, C. F.; BEZERRA, F. M. L. Yield and chemical composition of massai grass fertilized with nitrogen. **Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura**, v.47, n.2, p.69-78, 2020.
- LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G.; CARNEIRO, M. S. S.; MORAIS, L. B.; PEIXOTO, M. J. A.; CARVALHO, T. C. F. Biomass components and structure of massai grass fertilized with nitrogen and grazed by sheep. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.71, p.1411-1420, 2019.
- MARTUSCELLO, J. A.; SILVA, L. P. D.; CUNHA, D. D. N. F. V. D.; BATISTA, A. C. D. S.; BRAZ, T. G. D. S.; FERREIRA, P. S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Ciência Animal Brasileira**, v.16, n.1, p.1-13, 2015.
- MOREIRA, A. L.; FAGUNDES, J. L.; YOSHIHARA, E.; BACKES, A. A.; BARBOSA, L. T.; HEINRICH, R. Production of sheep grazing on nitrogen-fertilized tifton 85 grass in continuous stocking. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.36, n.1, p.63-69, 2014.
- MOTA, L. G.; LOURENÇO, P. E. D. C.; MOTTA, L. J. M.; MOTTA, A. M.; MATTOS, J. S. D.; CABRAL, C. H. A.; CABRAL, C. E. A. Morphological characteristics and production of Xaraes and Zuri grass fertilized with combinations of sulfur and potassium. **Boletim de Indústria Animal**, v.78, p.1-14, 2021.
- NETO, S. S. O.; GONÇALVES, A. S. F.; PIETRAMALE, R. T. R.; BELLÍSSIMO, M. J. Nitrogen and Phosphate Fertilization Maximize Grass BRS Zuri Performance. **Journal of Agricultural Studies**, v.8, n.1, p.64-78, 2020.
- PACHECO, T. V. S. S.; SOUSA, L. F.; SANTOS, A. C. D.; SANTOS, J. G. D. D.; DIM, V. P.; SILVA, H. M. S. D.; PACHECO, W. F. Phosphorus fertilization in the implantation of a silvopastoral system: morphogenic and structural characteristics of Mombaça grass. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.22, n.1, p.1-16, 2021.
- PARIZOTTO, C.; PANDOLFO, C. M.; DA VEIGA, M. Calcário de conchas, calcário calcítico e gesso na linha de semeadura e seu efeito sobre o rendimento de grãos das culturas. **Unoesc Ciência-ACET**, v.9, n.2, p.115-120, 2018.
- PRADO, R. D. M.; COUTINHO, E. L. M.; ROQUE, C. G.; PEREZ VILLAR, M. L. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alfaca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.539-546, 2002.
- REIS, L. T. S.; ALENCAR, N. M.; DE OLIVEIRA, H. M. R.; CARNEIRO, R. S.; ANDRÉ, T. B.; DOS SANTOS, A. C. Adubação potássica de cultivares de *Megathyrus maximus*. **Nativa**, v.12, n.1, p.97-101, 2024.
- RHEINHEIMER, D. S.; TIECHER, T.; GONZATTO, R.; ZAFAR, M.; BRUNETTO, G.

Residual effect of surface-applied lime on soil acidity properties in a long-term experiment under no-till in a Southern Brazilian sandy Ultisol. **Geoderma**, v.313, p.7–16, 2018.

SILVA, T. V. S.; SOUSA, L. F.; SANTOS, A. C.; FERREIRA, A. C. H.; CARDOSO, R. R.; SOUSA, J. T. L.; JARDIM, W. C.; RICARDO, A. S.; ALMEIDA, J. S.; CARVALHO, J. B. Nutritional quality of massai grass fertilized with phosphorus and nitrogen and its influence on intake and weight gain of sheep under rotational grazing on quartzipsamment soil. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p.1427-1438, 2017.

SILVA, G. F.; MIGUEL, G. Z.; VIEIRA, C. L.; DE OLIVEIRA, T. C.; DE OLIVEIRA FIGUEIREDO, E.; DA SILVA, G. V. B. Desenvolvimento e tolerância *Megathyrus maximus* x *M. infestus* cv. Massai submetido a diferentes doses de 2, 4-D nortox. **Scientific Electronic Archives**, v.15, n.11, p.38-42, 2022.

SILVEIRA, R. K. Manejo ecofisiológico das gramíneas *Megathyrus maximus* (*Panicum maximum*) cv. Tanzânia, Mombaça e Massai. **Veterinária e Zootecnia**, v.27, p.1-13, 2020.

SOUSA, M. P.; PIRES, A. J. V.; SILVEIRA, R. B.; PUBLIO, P. P. P.; FIGUEIREDO, G. C.; CRUZ, N. T. Sistemas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta. **Brazilian Journal of Science**, v.1, n.10, p.53-63, 2022.

SOUSA, G. J.; ALEXANDRINO, E.; DOS SANTOS, A. C.; FREITAS, M. V. L. *Megathyrus Maximus* cv. Massai submetido a frequências de corte. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.5, p.1913-1924, 2019.

SOUZA, R.; NAILIM, J.; MIRANDA, D.; ROCHA, L.; SILVA, L.; CASTRO, I. Utilização de adubos químicos e adubos orgânicos. **Anuário Acadêmico-científico da UniAraguaia**, v.1, p.34-40, 2018.

SOUZA, T. M.; LOPES, T. V.; WAJNSZTEJN, H.; PAZDIORA, R. D.; RIET-CORREA, F.; FUJIHARA, R. I.; MANSUR, I. M.; SCHONS, S. V. Timpanismo gastrointestinal em equídeos alimentados com *Panicum maximum* com alto conteúdo de amido. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.37, p.1079-1084, 2017.

TIAN, J.; BOITT, G.; BLACK, A.; WAKELIN, S.; CONDRON, L. M.; CHEN, L. Accumulation and distribution of phosphorus in the soil profile under fertilized grazed pasture. **Agriculture, Ecosystems Environment**, v.239, p.228–235, 2017.

VASCONCELOS, E. C. G.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; CAVALCANTE, A. C. R.; LOPES, M. N. Morphogenesis and biomass production of 'BRS Tamani' guinea grass under increasing nitrogen doses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.55, p.1-11, 2020.

VERAS, E. L. L.; DOS SANTOS DIFANTE, G.; RODRIGUES, J. G.; GRACIANO, A. B.; DA COSTA, M. D. G. P.; GURGEL, A. L. C.; MONTEIRO, G. O. A.; MONTAGNER, D. B.; CAMPUS, N. R. F. Avaliação agronômica de diferentes cultivares de *panicum maximum* no nordeste brasileiro. **71ª Reunião Anual da SBPC**, v.1, n.1, p.1-4, 2019.

VIEIRA, M. S.; SOUTO, S. M.; DIAS, P. F.; COLOMBARI, A. A.; AZEVEDO, B. C.; MATTA, P. M. Efeito de sombreamento no crescimento inicial de *Panicum maximum* cv. Massai. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.21, n.1, p.49-54, 2013.

WARNER, D.; PODESTA, S. C.; HATEW, B.; KLOP, G.; VAN LAAR, H.; BANNINK, A.; DIJKSTRA, J. Effect of nitrogen fertilization rate and regrowth interval of grass herbage on methane emission of zero-grazing lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.98, n.5, p.3383–3393, 2015.

## II – OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar a produção, as características fisiológicas e a composição bromatológica do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo.

### 2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a produção de massa seca da parte aérea, resíduo e raiz do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo.
- Avaliar as características morfogênicas e estruturais do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo.
- Avaliar a qualidade nutricional do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo.

## III – MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Instalação do experimento

O experimento foi realizado em casa de vegetação localizada na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus Juvino Oliveira, no município de Itapetinga, BA, situada nas seguintes coordenadas: 15°38'46,00" sul e 40°15'24,00" oeste e altitude média de 280 m. O clima do município, de acordo com a classificação Köppen, é do tipo "Cw", mesotérmico úmido e sub-úmido quente. O experimento teve início no dia 17 de outubro de 2023.

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5, sendo duas calagens (sem ou com calagem) e cinco adubações de NPK (sem adubo, 50%, 100%, 150% e 200% da dose recomendada) com 4 repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Foram utilizados 40 vasos de polietileno com capacidade de 12 litros para receber o solo.

O solo foi coletado na profundidade de 0 a 20 cm, na fazenda Bela Vista, no município de Encruzilhada – BA, sendo classificado como latossolo vermelho escuro com textura Franco Argila Arenosa. Foi realizada a coleta de amostras de pontos variados do solo, em seguida,

ocorreu uma homogeneização das amostras para obtenção de uma amostra composta que foi posteriormente encaminhada para o Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UESB para a realização de análise química, descritas na Tabela 1. Após o processo de amostragem foi realizado o enchimento dos 40 vasos com 12 kg de solo seco.

**Tabela 1.** Análise química do solo da fazenda Bela Vista

pH	* mg/dm <sup>3</sup>			* cmolc/dm <sup>3</sup> de solo					%		
H <sub>2</sub> O	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	S. B. <sup>1</sup>	t <sup>2</sup>	T <sup>3</sup>	V <sup>4</sup>	m <sup>5</sup>
4,8	2	0,1	1,0	0,8	1,1	6,1	1,9	3,0	9,1	21	37

<sup>1</sup> Soma de bases, <sup>2</sup> CTC efetiva, <sup>3</sup> CTC pH, <sup>4</sup> Saturação por bases, <sup>5</sup> Saturação por Al<sup>3+</sup>.

A metodologia utilizada para o cálculo da calagem e da adubação seguiu as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais 5<sup>a</sup> Aproximação (Alvarez & Ribeiro, 1999), considerando um nível tecnológico alto para ambos. Por meio do cálculo, seguindo o método de saturação por base, foi observado a necessidade de realizar calagem com uso de 3,22 ton/ha de calcário dolomítico. Considerando o volume de solo presente no balde e suas dimensões foram utilizados aproximadamente 20 g de calcário para os tratamentos com calagem. A calagem aumentou o pH, reduziu os teores de alumínio e hidrogênio, além de aumentar a disponibilidade de cálcio e magnésio (Tabela 2).

**Tabela 2.** Análise química do solo da fazenda Bela Vista pós-calagem.

pH	* mg/dm <sup>3</sup>			* cmolc/dm <sup>3</sup> de solo					%		
H <sub>2</sub> O	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	S. B. <sup>1</sup>	t <sup>2</sup>	T <sup>3</sup>	V <sup>4</sup>	m <sup>5</sup>
6,5	2	0,07	2,3	2,0	0,0	2,0	4,5	4,5	6,5	69	0

<sup>1</sup> Soma de bases, <sup>2</sup> CTC efetiva, <sup>3</sup> CTC pH, <sup>4</sup> Saturação por bases, <sup>5</sup> Saturação por Al<sup>3+</sup>.

Seguindo as recomendações de adubação, as quantidades de adubo utilizadas foram: 150 kg/ha de Nitrogênio (N), 110 kg/ha de Fósforo (P) e 60 kg/ha de Potássio (K). A adubação nitrogenada foi parcelada em duas aplicações, visando reduzir o risco de perdas resultantes da alta volatilidade da ureia, utilizada como fonte de N. Considerando o volume de solo presente nos baldes, a dose referente a 100% de adubo utilizou 0,9 g de N, 0,66 g de P e 0,36 g de K por vaso.

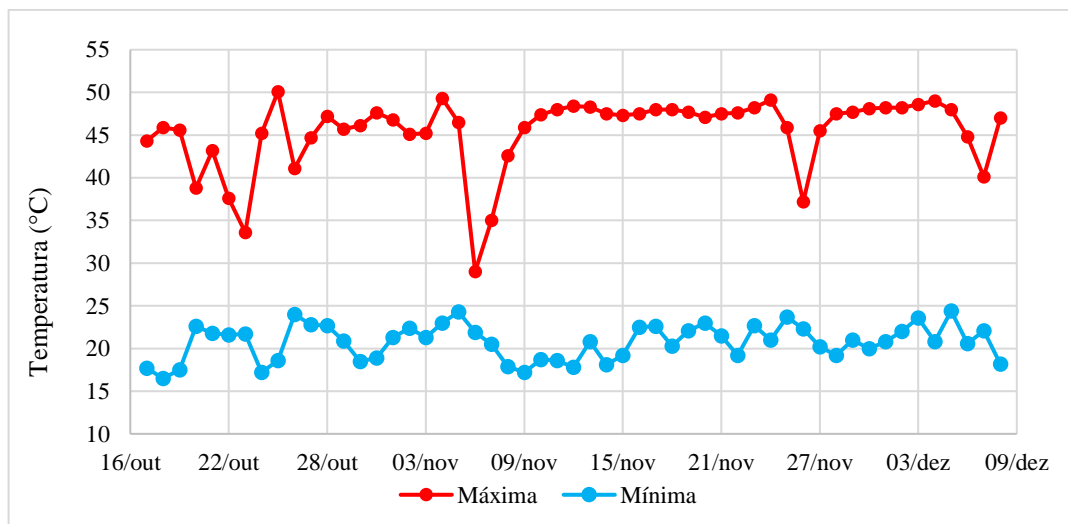
A calagem foi realizada 40 dias antes do transplântio das mudas, a partir desse ponto, os vasos contendo solo foram mantidos úmidos com aproximadamente 70% da capacidade de campo. Para definir a capacidade de campo foi utilizado a metodologia descrita por Dutra

(2025), três vasos com 12 kg de solo seco foram pesados e na sequência enxarcados até o ponto em que ocorreu a saturação total do solo, após três dias realizando esse processo, os vasos foram pesados novamente, e com esses valores de peso foi definida a máxima capacidade de retenção de água. Diariamente foi realizada a pesagem dos baldes para reposição da água visando manter a capacidade de campo em 70%.

O plantio do *Panicum maximum* cv. Massai foi realizado a partir de sementes comerciais, plantadas em canteiro no mesmo dia em que foi realizada a calagem. Após 40 dias, as mudas foram transplantadas nos vasos, sendo utilizadas 4 plantas por vaso, selecionando aquelas com características semelhantes. Passados 21 dias do transplântio, foi realizado o corte de uniformização a 10 cm do solo em todos os vasos para o início do experimento.

A adubação com a primeira dose de N e as doses de P e K foram realizadas no dia do corte de uniformização. A segunda dose de N foi realizada juntamente com o 1º corte das parcelas.

O experimento foi dividido em 2 períodos de 28 dias. Ao fim de cada período, foi realizado um corte em todas as parcelas a 10 cm do solo e as amostras foram armazenadas para posteriores análises. Durante todo período experimental, as temperaturas máximas e mínima foram registradas por meio de um termo-higrômetro digital (Figura 1). Foram avaliadas as características morfogênicas e estruturais, bem como características fisiológicas e bioquímicas, além da eficiência do uso água pela gramínea.



**Figura 1.** Variação da temperatura durante o período experimental

### 3.2 Produção de massa seca e volume de raiz

No primeiro corte foi coletado somente a parte aérea das plantas, sendo separadas em folha e colmo. Ao final do período experimental, os vasos foram desmontados para retirada da planta inteira. foi utilizada água corrente para a retirada da terra. Logo após, as plantas foram separadas em folha, colmo, resíduo e raiz. Na sequência, foram pesados para a determinação de massa fresca e, em seguida, secas em estufa e pesados novamente para obtenção da matéria seca (MS).

De posse dos dados, foi calculado a produção de massa seca da parte aérea (soma do primeiro e segundo corte), produção de massa seca do resíduo e raiz. Foi determinado, também, o volume de raiz, utilizando uma proveta graduada com 1000 ml, onde a raiz fresca foi introduzida e, por meio da diferença de volume, foi obtido o volume de raiz.

### 3.3 Características morfogênicas e estruturais

Durante todo o experimento foram acompanhados dois perfilhos por período (marcados com fitas vermelhas e azuis), onde a cada três dias foram avaliados: aparecimento do ápice foliar, comprimento do colmo, número de folhas, comprimento e largura da folha. A partir desses dados, foram calculadas as características morfogênicas e estruturais:

-Taxa de aparecimento foliar (TApF, folhas/dia): calculado pela divisão do número de folhas surgidas no perfilho marcado pelo período de rebrota;

-Filocrono: obtido pelo inverso da TApF (dia/folha);

-Taxa de alongamento de foliar (TAIF, cm/perfilho/dia): obtida pela diferença entre o comprimento foliar final e inicial, dividido pelo intervalo das medidas;

-Taxa de alongamento de colmo (TAIC, mm/perfilho/dia): calculado pela diferença entre o comprimento final e inicial do colmo, sendo medido do nível do solo até a altura da lígula e dividido pelo intervalo de medidas;

-Comprimento final de folha (CFF, cm);

-Comprimento total da planta (CTP, cm).

### 3.4 Área foliar e análises de crescimento

Para quantificar a área foliar, as folhas das quatro plantas presentes em cada vaso foram escaneadas com o auxílio de impressoras. As imagens digitalizadas foram utilizadas para a determinação das áreas foliares pelo programa computacional ImageJ. Esse programa determina a área da imagem ocupada pelas folhas por meio do contraste com a área não ocupada. O cálculo do índice de área foliar (IAF) foi realizado conforme equações definidas por Cairo *et al.* (2008).

### 3.5 Eficiência de uso da água

Durante todo período experimental, os vasos foram pesados para manutenção da capacidade de campo, sendo registrada a quantidade de água repostada e, ao final de cada período, calculada a quantidade de água utilizada. Com esses dados, foi possível calcular a quantidade de água necessária para produzir uma grama de matéria seca (L/MS) e a matéria seca produzida com um litro de água (MS/L), além do uso total de água durante o experimento.

### 3.6 Análises químicas

As amostras do *Panicum maximum* cv. Massai foram identificadas, pesadas e colocadas em estufa com ventilação forçada a (55°C/72h) para a realização da pré-secagem. Após a pré-secagem, as amostras foram moídas em moinho de faca em peneira de 1 milímetro para posteriores análises.

Foram realizadas as seguintes análises químico-bromatológicas de acordo com a metodologia descrita por Detmann *et al.* (2021): Matéria seca (MS) (Método G-003/1); Matéria mineral (MM) (Método M-001/2); Proteína bruta (PB) (Método N-001/2); Extrato etéreo (EE) (Método G-004/1); Fibra em detergente neutro (FDN) (Método F-002/2); Fibra em detergente ácido (FDA) (Método F-004/2); Lignina (Método F-005/2); Cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN) (Método M-002/2); Cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA) (Método M-003/2); Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) (Método N-004/2); Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) (Método N-005/2); Nitrogênio não-proteico (NNP) (Método N-002/2)

Para o fracionamento de proteína, os componentes foram obtidos através das metodologias descritas Licitra *et al.* (1996) e Fox *et al.* (2003).

A metodologia para determinar os carboidratos totais (CT) seguiu a metodologia descrita por Sniffen *et al.* (1992), conforme a fórmula:  $CHT = 100 - (PB + EE + MM)$ ; os carboidratos não fibrosos (CNF) que correspondem às frações “A + B1”, foram estimadas pela fórmula:  $CNF = 100 - (PB + FDN_{cp} + EE + MM)$ , no qual  $FDN_{cp}$  corresponde ao FDN corrigido o seu conteúdo para cinzas e proteína, a fração B2, foi resultante da diferença entre  $FDN_{cp}$  e a fração de fibra indigestível (C), a fração C, que representa a fibra indigerível foi estimada por meio da multiplicação do valor percentual da fração de lignina pelo fator 2,4.

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi obtido a partir da equação somativa segundo NRC (2001):  $NDT (\%) = CNF_{dv} + PB_{dv} + (AG_{dv} * 2,25) + FDN_{dv} - 7$ , em que as variáveis:  $CNF_{dv}$  = carboidratos não-fibrosos verdadeiramente digestíveis;  $PB_{dv}$  = proteína bruta verdadeiramente digestível;  $AG_{dv}$  = ácidos graxos verdadeiramente digestíveis e  $FDN_{dv}$  = fibra em detergente neutro verdadeiramente digestível foram calculadas seguindo as equações descritas por Weiss *et al.* (1992).

### 3.7 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância considerando como fonte de variação, calagem (Cal), adubação (Ad) e a interação Cal X Ad. As médias referentes a calagem foram comparadas pelo teste Tukey e as médias referentes a adubação foram comparadas por meio de regressão. Todas as análises foram realizadas com o software SAEG® utilizando 1% de significância.

## IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreu uma interação significativa para calagem ( $P < 0,01$ ) nas variáveis taxa de aparecimento foliar (TApF), filocrono e número de folhas vivas (NFV) (Tabela 3). A presença de calagem foi benéfica para todas essas variáveis observadas, a TApF apresentou um aumento de 0,02 folhas/dia nos tratamentos com calagem, representando que a taxa de aparecimento de novas folhas por dia foi maior com a inclusão da calagem.

O filocrono, por sua vez, apresentou valores inferiores no tratamento que recebeu a calagem, sendo uma diferença de 0,5 dias/folha. Essa variável é inversamente proporcional a TApF, ela avalia a quantidade de dias até o aparecimento de uma nova folha, dessa maneira, quanto menor o intervalo, mais rápido é a emissão de folhas pela planta (Oliveira *et al.*, 2020).

O número de folhas vivas também foi superior com a presença da calagem. A presença do calcário no solo resultou em um total de 0,5 folhas adicionais quando comparado com os tratamentos que não receberam o calcário.

Diante desses resultados, pode-se relacionar o desenvolvimento foliar da planta com a melhoria na disponibilidade de nutrientes e do pH do solo proporcionados pela calagem. Esses benefícios relacionados ao desenvolvimento das plantas também foram constatados por Bossolani *et al.* (2021) e Bossolani *et al.* (2022), eles observaram que a prática da calagem resultou em uma melhoria no crescimento e distribuição das raízes, juntamente com o aumento da atividade fotossintética, no uso da água e no teor de clorofila.

Abdalla *et al.* (2022) realizaram uma compilação de dados sobre os efeitos da calagem em diferentes tipos de solo, gramíneas e regiões geográficas. Como resultado, foi observado que o uso da calagem possibilita um ambiente adequado para que as pastagens atinjam seu potencial de crescimento, tendo uma maior produção de matéria seca.

**Tabela 3.** Características morfológicas do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.

Variável	Calagem		Adubação <sup>1</sup>					EPM	Valor de P		
	Sem	Com	0	50	100	150	200		Cal.	Adu.	Cal.*Adu.
TApF <sup>2</sup>	0,19	0,21	0,19	0,20	0,20	0,21	0,22	0,0071	0,0002	0,0024	NS
Filocrono <sup>3</sup>	5,8	5,3	5,8	5,8	5,6	5,3	5,4	0,2814	0,0088	NS	NS
TAIF <sup>4</sup>	4,7	4,8	3,1	4,5	4,7	5,5	5,7	0,1893	NS	<0,0001	NS
TAIC <sup>4</sup>	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,0263	NS	<0,0001	NS
DFV <sup>5</sup>	23,0	22,9	22,8	23,0	23,0	23,0	23,0	0,1581	NS	NS	NS
CFF <sup>6</sup>	39,7	39,2	30,9	38,9	40,7	43,6	43,0	1,6359	NS	<0,0001	NS
NFV	4,3	4,8	4,2	4,4	4,5	4,8	4,8	0,1593	0,0003	NS	NS
Nº Perf.	49,3	50,4	23,1	41,8	53,3	63,1	67,9	4,2734	NS	<0,0001	NS
Lfex <sup>6</sup>	1,2	1,1	1,0	1,2	1,4	1,2	1,2	0,1305	NS	NS	NS
CTP <sup>6</sup>	65,9	64,0	50,6	62,3	66,2	72,6	73,2	1,8308	NS	<0,0001	NS

TApF (Taxa de aparecimento foliar); TAIF (Taxa de alongamento foliar); TAIC (Taxa de alongamento de colmo); DFV (Duração de vida das folhas); CFF (Comprimento final de lâmina foliar); NFV (número de folhas vivas); Nº Perf. (Número de perfilhos); Lfex (Largura de folha expandida); CTP (Comprimento total da planta). EPM: erro padrão da média; Cal.: calagem; Adu.: adubação; Cal.\*Adu.: interação entre calagem e adubação; NS: não significativo.

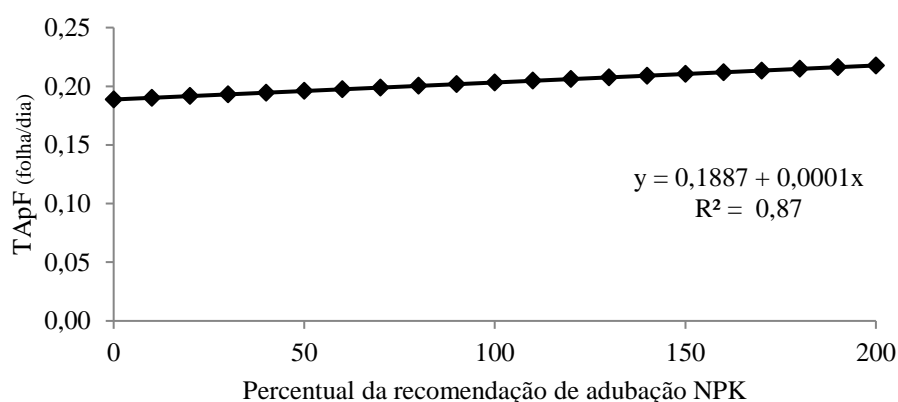
<sup>1</sup> Adubação correspondente ao percentual da recomendação da 5ª aproximação; <sup>2</sup> Folhas/dias; <sup>3</sup> Dias/folhas; <sup>4</sup> cm/dia; <sup>5</sup> Dias; <sup>6</sup> cm

Houve uma interação significativa para adubação ( $P < 0,01$ ) nas variáveis taxa de aparecimento foliar (TApF), taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento de colmo (TAIC), comprimento final de lâmina foliar (CFF), número de perfilhos (Nº Perf.) e comprimento total da planta (CTP) (Tabela 3).

A equação de regressão da TApF apresentou comportamento linear crescente, sendo que a cada inclusão de uma unidade percentual da recomendação de adubação ocorreu um aumento

de 0,0001 folhas/dia na TApF (Figura 2). A variação total observada foi de 0,3 folhas/dia. O aumento na disponibilidade de nutrientes torna o metabolismo da planta mais ativo, acelerando o processo de crescimento e aumentando a quantidade de novas folhas emitidas por dia.

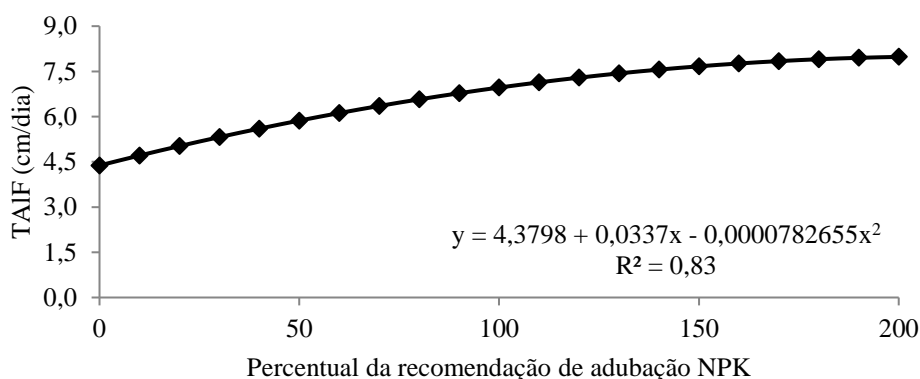
Esse aumento na TApF resultante da adubação foi observado por diversos autores (Lage Filho *et al.*, 2024; Vasconcelos *et al.*, 2020; Vêras *et al.*, 2024) e está relacionado ao aumento da disponibilidade de nutrientes no substrato que a adubação proporciona. O N é um dos nutrientes que mais influenciam no desenvolvimento da planta, o meristema apical possui uma alta demanda por compostos nitrogenados (Lage Filho *et al.*, 2024). Isso se deve ao fato dele participar dos processos de síntese de novos tecidos, aumentando as trocas gasosas, e, conseqüentemente, impactando na atividade enzimática que estimula o alongamento dos componentes vegetais da planta (Lopes *et al.*, 2024).



**Figura 2.** Taxa de aparecimento foliar (TApF) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

A equação de regressão da TApF apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima para o percentual de adubação na dose de 215%, que correspondeu a 8 cm por dia (Figura 3). Como observado, até o limite avaliado de 200% da recomendação de adubação a planta apresenta uma TApF crescente, sendo a variação total observada de 2,6 cm/dia.

Os valores da TApF também sofrem grande influência da adubação, doses crescentes de adubo aumentam o crescimento das folhas. Oliveira *et al.* (2020), trabalhando com diferentes doses de nitrogênio (0, 10, 20, 30, 40, e 50 kg de N ha<sup>-1</sup>) na adubação do *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça, observaram que a taxa de alongamento foliar apresentou uma resposta linear de crescimento conforme o incremento nas doses de N. Esse alongamento foliar acelerado também é responsável por reduzir o intervalo entre o aparecimento de novas folhas, tendo relação direta com TApF.

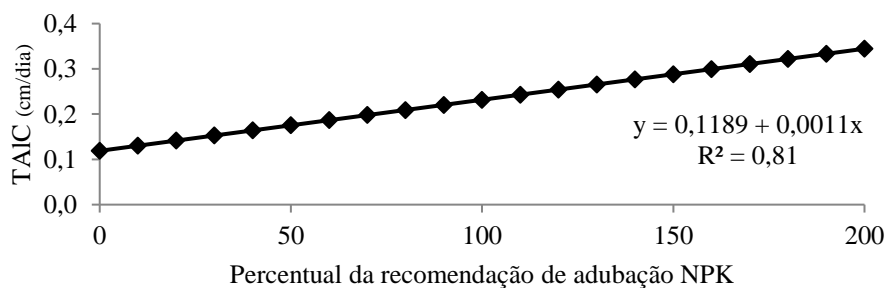


**Figura 3.** Taxa de alongamento foliar (TAIF) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

A equação de regressão da TAIC apresentou comportamento linear crescente, sendo que a cada inclusão de uma unidade percentual da recomendação de adubação ocorreu um aumento de 0,0011 cm por dia da TAIC (Figura 4).

Seguindo o efeito observado na TApF e TAIF, o colmo também tende a crescer com a disponibilidade nutricional que o adubo proporciona. A variação total observada de 0,2 cm/dia, essa taxa foi semelhante ao observado por diversos autores (Oliveira *et al.*, 2020; Lopes *et al.*, 2024; Camargo *et al.*, 2021) e está relacionado com o crescimento do meristema apical induzido pela adubação.

O crescimento do colmo pode levar a alterações na proporção folha:colmo. Esse parâmetro é utilizado para mensurar produção de matéria seca e qualidade nutricional da planta. Existe a chance de o colmo apresentar uma resposta de crescimento superior às folhas com a adubação. Lima *et al.* (2019) observaram esse fato em seu trabalho, no qual o alongamento de colmo da *Urochloa ruziziensis* foi mais responsivo à adubação do que as folhas. Esse desequilíbrio pode aumentar o teor de fibra da parte aérea, devido à maior proporção de colmo, e, conseqüentemente, reduzir a qualidade nutricional da gramínea.

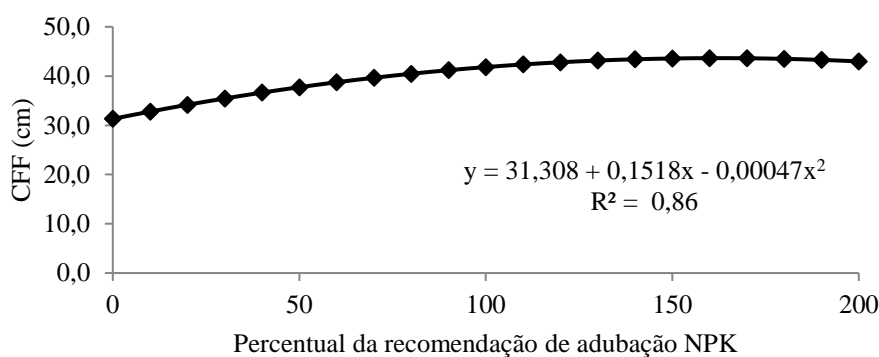


**Figura 4.** Taxa de alongamento de colmo (TAIC) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

A equação de regressão do CFF apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima para o percentual de adubação na dose de 162,3%, que correspondeu a 43,6 cm de CFF (Figura 5). A diferença de comprimento entre o tratamento sem adubo e a dose correspondente ao ponto de máxima foi de 12,7 cm.

O aumento no CFF com a inclusão da adubação também foi observado por Yiberkew *et al.* (2020) em seu trabalho, esse crescimento foi associado com o aumento da disponibilidade de nutrientes que a adubação proporciona para a planta.

A redução no CFF a partir da adubação referente a 162,3% pode ter relação com o aumento no número de perfilhos (Figura 6). Possivelmente, com a emissão de muitos perfilhos, as folhas tendem reduzir o seu comprimento devido à sua maior quantidade na planta, dessa forma, o CFF começou a reduzir após atingir o ponto de máxima devido a tendência do aumento no número de perfilhos, fator que também resultou em uma redução na altura das plantas.

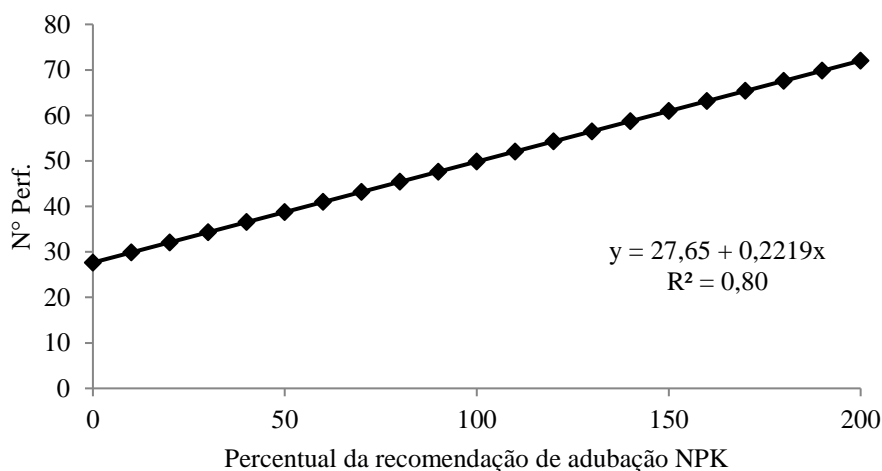


**Figura 5.** Comprimento final de lâmina foliar (CFF) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

A equação de regressão do número de perfilhos apresentou comportamento linear crescente, sendo que a cada inclusão de uma unidade percentual da recomendação de adubação ocorreu um aumento de 0,2219 unidades no número de perfilhos (Figura 6). A variação total observada foi de 44,8 perfilhos.

Esse efeito de crescimento linear no número de perfilhos, devido à adubação, também foi constatado por Filho *et al.* (2024) em seu trabalho, eles avaliaram estratégias de adubação de estabelecimento sobre as características morfogênicas, estruturais e produtividade do capim *Urochloa brizantha* cv. Xaraés. Foram testadas três estratégias de adubação de estabelecimento, estratégia 1: sem calcário/NPK; estratégia 2: calcário + NPK; estratégia 3: fosfato reativo natural. O resultado obtido indicou que o uso de calcário em associação ao NPK proporcionou um perfilhamento superior as demais estratégias.

A influência da adubação sobre o perfilhamento das gramíneas também foi observada por Melo *et al.* (2023), eles avaliaram o impacto da deficiência e do excesso de P sobre os parâmetros morfogênicos e químicos, bem como a digestibilidade, no *Megathyrus maximus* cv. Zuri. Os resultados revelaram que a deficiência de P levou a uma redução no número de perfilhos e no teor de proteína do capim, juntamente com um aumento no teor de lignina.



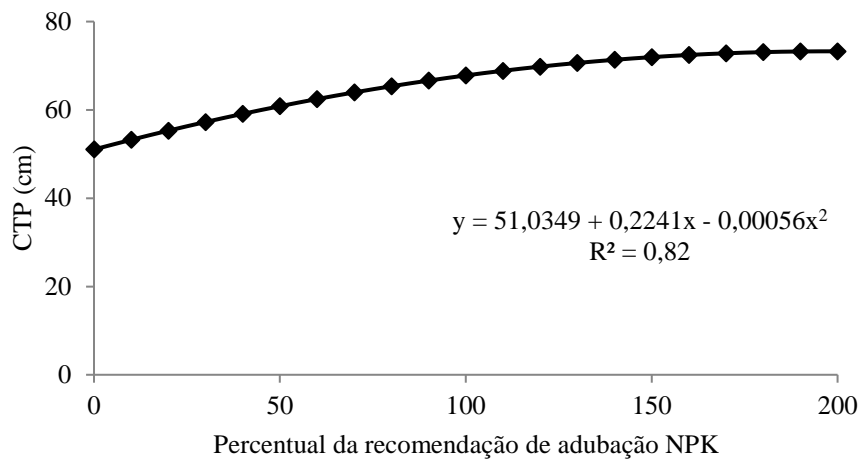
**Figura 6.** Número de perfilhos (Nº Perf.) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

A equação de regressão do CTP apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima para o percentual de adubação na dose de 198,4%, que correspondeu a 73,3 cm de comprimento (Figura 7). A diferença de comprimento entre o tratamento sem adubo e a dose correspondente ao ponto de máxima foi de 22,7 cm.

A altura da planta tem um papel importante em sistemas nos quais existe competição com invasoras, o alongamento do colmo permite que a gramínea fique com suas folhas mais altas, visando aumentar a captação de luz (Costa *et al.*, 2022). Em contrapartida, o alongamento do colmo reduz a relação folha:colmo, o que influencia na digestibilidade da gramínea.

A presença de adubação no sistema impacta diretamente no crescimento das gramíneas, níveis crescentes de adubo resultam em uma altura final da planta superior em comparação a tratamentos sem adubação. Carvalho *et al.* (2019), trabalhando com *Urochloa decumbens* cv. Basilisk submetido à diferentes doses de adubação nitrogenada em um sistema de silvipastoril, observaram que doses crescentes de N resultaram em um aumento linear na altura. Esse crescimento foi influenciado em parte pela disponibilidade de N no solo. Na planta, esse nutriente atua na multiplicação dos fitômeros celulares e processos mitóticos, o que acelera a maturidade fisiológica.

Resultado semelhante foi observado por Vêras *et al.* (2024) em seu trabalho, onde avaliaram o efeito da adubação potássica sobre as características morfológicas, estruturais e produtivas de diversos cultivares de *Panicum maximum*. Os dados referentes ao alongamento de colmo indicaram que o capim Massai, juntamente com os demais cultivares, apresentaram um efeito linear crescente para a taxa de alongamento de colmo em relação ao aumento das doses de K.



**Figura 7.** Comprimento total da planta (CTP) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

Ocorreu uma interação significativa para calagem ( $P < 0,01$ ) na variável SPAD (Tabela 4). O SPAD apresentou valores superiores no tratamento com calagem, sendo 2,0 unidades superior. A presença de calagem no sistema estimula o desenvolvimento da planta e o perfilhamento, isso potencializa a atividade fotossintética da planta, o que aumento os teores de clorofila e os valores de SPAD, uma vez que ele serve como indicador dos teores de clorofila presentes na planta (Bazame *et al.*, 2020).

**Tabela 4.** Índice de área foliar (IAF) e SPAD do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.

Variável	Calagem		Adubação <sup>1</sup>					EPM	Valor de P		
	Sem	Com	0	50	100	150	200		Cal.	Adu.	Cal.*Adu.
IAF <sup>2</sup>	4,4	3,9	1,4	3,3	4,4	5,3	6,2	0,3291	NS	<0,0001	NS
SPAD <sup>3</sup>	29,0	31,0	30,3	27,7	27,5	31,2	33,3	0,9882	0,0042	NS	NS

EPM: erro padrão da média; Cal.: calagem; Adu.: adubação; Cal.\*Adu.: interação entre calagem e adubação; NS: não significativo.

<sup>1</sup> Adubação correspondente ao percentual da recomendação da 5ª aproximação

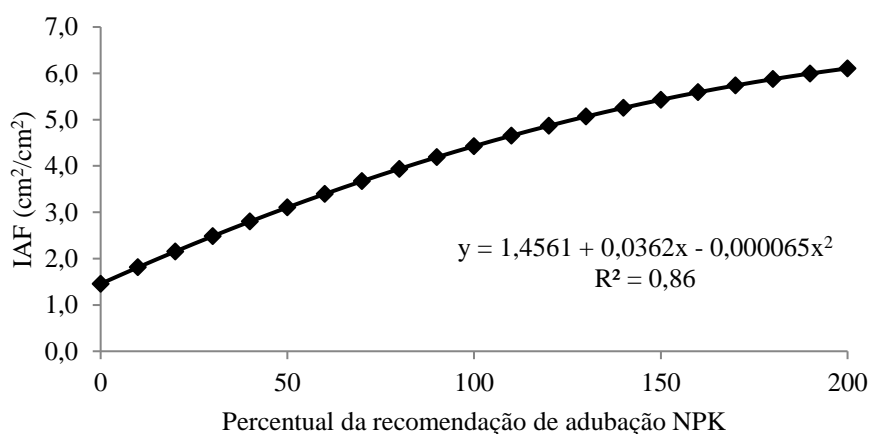
<sup>2</sup> cm<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>

<sup>3</sup> Unidades SPAD.

Houve uma interação significativa para adubação ( $P < 0,01$ ) na variável IAF (Tabela 4). A equação de regressão do IAF apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima para o percentual de adubação na dose de 279,7%, que correspondeu a 6,5 unidades de IAF (Figura 8). Dentro do intervalo de adubação avaliado, houve uma diferença de 4,8 entre o tratamento sem adubo (1,4) em comparação ao que recebeu a dose máxima (6,2).

O IAF possibilita contabilizar a capacidade de captação luminosa da planta, uma vez que considera a área foliar apta a realizar fotossíntese, quanto maiores os valores, melhor é a capacidade fotossintética da planta (Dokbual *et al.*, 2021).

A adubação tende a elevar os valores do IAF devido ao aumento na TApF, TAIF e no número de perfilhos, fatores que estão diretamente ligados com o aumento da área foliar. Zanine *et al.* (2020) observaram esse aumento do IAF em seu trabalho, no qual avaliaram a eficiência no uso do N pelo capim Piatã submetido à adubação nitrogenada ao longo do ano. Como resultado, o IAF apresentou um crescimento linear com o aumento das doses de N.



**Figura 8.** Índice de área foliar (IAF) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

Para os dados referentes à produção de matéria seca dos componentes estruturais da gramínea, ocorreu uma interação significativa para calagem ( $P < 0,01$ ) apenas para a matéria seca do resíduo (g MS resíduo) (Tabela 5).

A quantidade de MS do resíduo foi superior no tratamento que recebeu a calagem (21,90 g). Isso pode ser relacionado com o aumento no número de perfilhos resultante das melhores condições de pH do solo, além da maior atividade fotossintética que resulta em uma maior TApF e TAIF, o que reduz o tempo de vida das folhas e produz maior quantidade de resíduo.

**Tabela 5.** Produção de matéria seca da parte aérea (g MS aérea), resíduo (g MS resíduo), raiz (g MS raiz) e volume da raiz do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.

Variável	Calagem		Adubação <sup>1</sup>					EPM	Valor de P		
	Sem	Com	0	50	100	150	200		Cal.	Adu.	Cal.*Adu.
g MS aérea	38,53	38,05	9,92	31,04	38,71	54,22	57,57	1,5485	NS	<0,0001	NS
g MS resíduo	19,88	21,90	6,19	17,72	20,43	28,18	31,92	1,0859	0,0062	<0,0001	NS
g MS raiz	20,26	18,03	7,51	18,28	20,31	23,77	25,86	1,6118	NS	<0,0001	NS
Volume raiz <sup>2</sup>	140,50	141,00	72,50	141,25	152,50	155,00	182,50	13,6550	NS	<0,0001	NS

EPM: erro padrão da média; Cal.: calagem; Adu.: adubação; Cal.\*Adu.: interação entre calagem e adubação; NS: não significativo.

<sup>1</sup> Adubação correspondente ao percentual da recomendação da 5ª aproximação; <sup>2</sup> Mililitros (ml).

Houve uma interação significativa para adubação ( $P < 0,01$ ) nas variáveis matéria seca da parte aérea (g MS aérea), matéria seca do resíduo (g MS resíduo), matéria seca da raiz (g MS raiz) e Volume da raiz (Tabela 5).

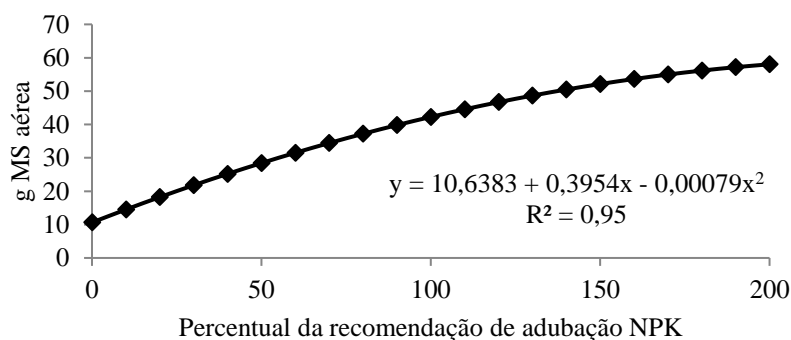
A equação de regressão da produção de MS aérea apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima para o percentual de adubação na dose de 249,6%, que correspondeu a 60 g de MS (Figura 9). Dentro do intervalo de adubação avaliado até 200% da recomendação de adubação a planta apresenta uma quantidade de MS crescente, sendo a variação total observada de 47,65 gramas.

Uma situação semelhante ocorreu com a equação de regressão da produção de MS resíduo, ela apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima para o percentual de adubação na dose de 305,7%, que correspondeu a 35,1 g de MS (Figura 10). Portanto, até a porcentagem de recomendação máxima utilizada (200%) a tendência foi de aumento na quantidade de matéria seca da parte aérea, com uma variação total de 25,73 gramas.

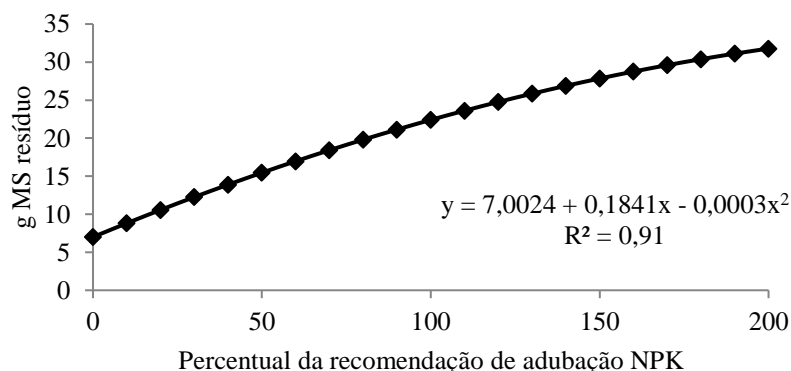
Com isso, é possível relacionar a produção de MS da parte aérea com a quantidade de MS do resíduo, uma vez que o resíduo está contido na parte aérea, então, se ocorre um aumento na quantidade de folhas e colmo também ocorre uma maior produção de resíduos, tudo isso sendo reflexo do efeito da adubação no desenvolvimento da gramínea.

Diversos trabalhos indicam o efeito positivo da adubação no aumento de produção da matéria seca pela gramínea, como é o caso de Costa *et al.* (2021), eles trabalharam com cinco diferentes doses de N (0, 75, 125, 175 e 225mg dm<sup>-3</sup>) e buscaram avaliar o efeito da adubação com N nas características morfogênicas, estruturais e produtivas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. As variáveis relacionadas a produção indicaram que o aumento da dose de adubo proporcionou um crescimento linear na produção de MS da parte aérea, sendo um aumento de 0,188 g de matéria seca para cada unidade de N adicionado.

Sacramento *et al.* (2019), trabalhando com *Panicum maximum* cv. Aruana sob diferentes doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup>), teve como resultado na produção de matéria seca um efeito positivo, com aumento devido as maiores doses de N utilizadas. Possivelmente, o N mostra-se como um fator controlador dos diversos processo de crescimento e desenvolvimento das plantas, resultando no aumento da biomassa pela fixação de carbono.



**Figura 9.** Produção de matéria seca da parte aérea (g MS aérea) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.



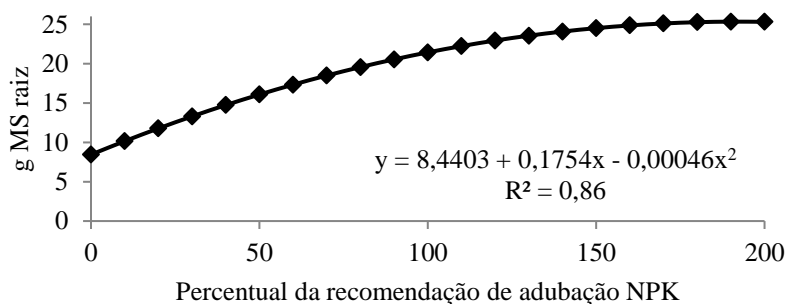
**Figura 10.** Produção de matéria seca do resíduo (g MS resíduo) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

Seguindo a tendência da parte aérea, as raízes também tiveram um aumento de produção com a inclusão da adubação. A equação de regressão da produção de MS raiz apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima para o percentual de adubação na dose de 192,7%, que correspondeu a 25,3 g de MS (Figura 11). A diferença de produção de MS entre o tratamento sem adubo e a dose correspondente ao ponto de máxima foi de 17,79 gramas.

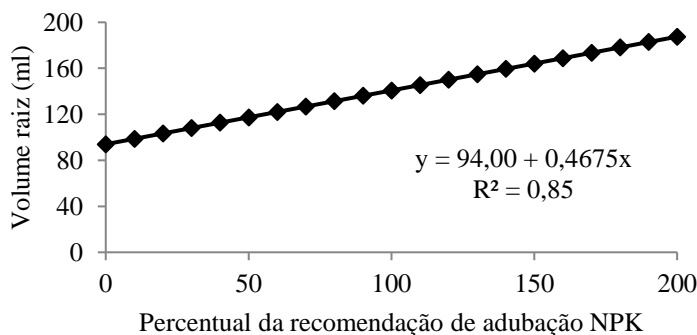
A equação de regressão do volume da raiz, por sua vez, apresentou comportamento linear crescente, sendo que a cada inclusão de uma unidade percentual da recomendação de adubação ocorreu um aumento de 0,4675 ml no volume da raiz (Figura 12). A variação total observada foi de 110 mililitros.

Esse efeito de crescimento radicular foi observado por Costa *et al.* (2021), trabalhando com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob diferentes doses de nitrogênio (0, 75, 125, 175, 225 mg dm<sup>-3</sup>), eles também obtiveram uma equação de regressão com comportamento quadrático para a MS da raiz, segundo o autor, esse fenômeno pode ser explicado pelo crescimento na quantidade de massa da parte aérea, resultando em um efeito compensatório onde o aumento na massa da parte aérea leva a um crescimento na massa das raízes para dar suporte ao crescimento aéreo da planta.

O crescimento rápido inicial das raízes pode ser um reflexo da planta para aumentar a absorção dos nutrientes presentes no solo, esse fato justifica o crescimento linear do volume de raiz conforme o aumento da adubação (Figura 12). Lage Filho *et al.* (2024) trabalhando com diferentes estratégias de adubação do capim Xaraés constataram que o capim apresentou um alongamento de raiz superior quando recebeu uma adubação com NPK associado a calagem. Isso demonstra que a disponibilidade de nutrientes no solo também impulsiona o desenvolvimento radicular, visando aumentar a superfície de contato para uma maior absorção de nutrientes por parte da planta.



**Figura 11.** Produção de matéria seca da raiz (g MS raiz) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.



**Figura 12.** Volume da raiz em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

Analisando o consumo hídrico das plantas, foi possível observar que não ocorreu interação significativa para calagem ( $P>0,01$ ) em nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 6). Em contrapartida, para a adubação, ocorreu interação significativa ( $P<0,01$ ) em todas as variáveis presentes na Tabela 6.

**Tabela 6.** Eficiência do uso da água do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.

Variável	Calagem		Adubação <sup>1</sup>					EPM	Valor de P		
	Sem	Com	0	50	100	150	200		Cal.	Adu.	Cal.*Adu.
g MS/litro	1,11	1,11	0,48	1,01	1,16	1,42	1,47	0,0315	NS	<0,0001	NS
litro/g MS	1,09	1,04	2,11	0,98	0,86	0,70	0,67	0,0667	NS	<0,0001	NS
Uso de água <sup>2</sup>	32,48	32,06	20,56	30,55	33,33	37,91	38,80	0,6856	NS	<0,0001	NS

EPM: erro padrão da média; Cal.: calagem; Adu.: adubação; Cal.\*Adu.: interação entre calagem e adubação; NS: não significativo.

<sup>1</sup> Adubação correspondente ao percentual da recomendação da 5ª aproximação; <sup>2</sup> Total de litros utilizados durante todo o período experimental.

A equação de regressão da g MS/litro apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima para o percentual de adubação na dose de 198,4%, que correspondeu a 1,5 g/L (Figura 13). A diferença de produção entre o tratamento sem adubo e a dose correspondente ao ponto de máxima foi de 1,02 gramas de MS por litro de água, um aumento de 212,5%.

De maneira inversamente proporcional, a equação de regressão de litro/g MS apresentou comportamento quadrático com ponto de mínima para o percentual de adubação na dose de 151%, que correspondeu a 0,6 L/g (Figura 14). A diferença de consumo de água entre o tratamento sem adubo e a dose correspondente ao ponto de mínima foi de 1,51 litros de água por gramas de MS, uma redução de 71,5%.

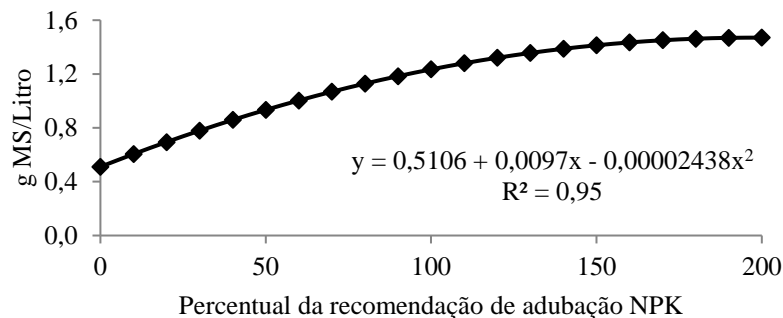
Essas tendências indicam que a adubação melhora a eficiência da planta referente ao uso da água. A produção de matéria seca por litro de água aumentou rapidamente conforme as doses de adubo cresceram (Figura 13), em contrapartida, analisando o gráfico de litros de água por grama de MS produzida (Figura 14), ele segue sendo inversamente proporcional, conforme aumenta a adubação menos água é necessária para produzir 1 grama de MS. Os fertilizantes são uma importante ferramenta que contribui significativamente para a gestão eficiente da irrigação e a otimização dos recursos hídricos (de Oliveira *et al.*, 2023).

Ao avaliar o consumo hídrico total, é possível observar que a equação de regressão do uso da água apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima para o percentual de adubação na dose de 196,9%, que correspondeu a 38,8 litros de água (Figura 15). A diferença de consumo entre o tratamento sem adubo e a dose correspondente ao ponto de máxima foi de 18,24 litros de água, um aumento de 88,7%.

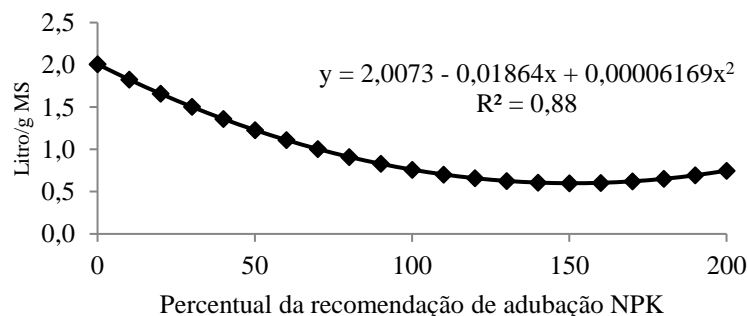
Ocorreu um aumento na exigência hídrica da planta conforme o aumento das doses de adubo, possivelmente, esse efeito está relacionado com o aumento no número de perfilhos e da quantidade de folhas, isso resulta em um aumento na capacidade fotossintética da planta. Como a água é um componente essencial para o processo fotossintético, a demanda hídrica da planta tende a crescer (Habermann *et al.*, 2019).

Da Silva *et al.* (2020) tiveram um resultado semelhante em seu trabalho, eles avaliaram a produção de fitomassa, altura de planta e perfilhamento de *Brachiaria decumbens*, na presença de adubação mineral com quantidades crescentes de nitrogênio. Ao avaliarem o consumo de água dos tratamentos eles constataram que o maior consumo foi das plantas que receberam o tratamento com maior dose de N, esse tratamento também foi o que produziu a maior quantidade de fitomassa.

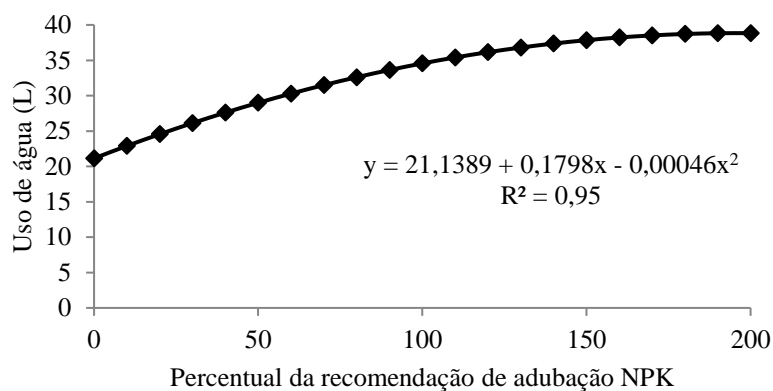
Esse resultado corrobora com os dados de produção de MS por litro de água abordados anteriormente, indicando que a adubação tem influência sobre a produção de matéria seca e o uso de água.



**Figura 13.** Produção de matéria seca por litro de água (g MS/Litro) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.



**Figura 14.** Quantidade de litros de água para a produção de uma grama de matéria seca (Litro/g MS) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.



**Figura 15.** uso de água em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

Para as análises bromatológicas, a calagem apresentou efeitos significativos ( $P < 0,01$ ) sobre os teores de PB, FDN, FDA, NNP e Hemicelulose (Tabela 7). Tratamentos que receberam a calagem apresentaram um teor médio de PB e NNP superior aos tratamentos sem calagem ( $P < 0,01$ ), sendo 8,5% para PB e 17,1% para NNP. Esse resultado pode ser relacionado ao fato de a calagem proporcionar uma melhor absorção dos nutrientes do solo pela planta, proporcionando uma maior absorção de N e aumento no teor proteico.

Esse efeito também foi observado por Cardoso *et al.* (2016), eles avaliaram diferentes doses de calcário e nitrogênio no acúmulo de forragem, atributos químicos do solo e teor de macronutrientes, em lâminas foliares de capim-Massai (*Panicum maximum* cv. Massai), como resultados observaram que o capim-Massai respondeu positivamente a doses de nitrogênio e calcário, com efeitos significativos no acúmulo de massa seca verde e nas características de solo avaliadas.

As frações fibrosas que englobam o FDN e FDA também apresentaram efeito significativo para a calagem ( $P < 0,01$ ). Os tratamentos que receberam a calagem apresentaram menores teores de FDN (77,6%) e FDA (51,6%). Essa redução nas frações fibrosas é desejável, uma vez que a redução do teor de fibra de um alimento proporciona um maior consumo de MS por parte dos animais.

Pinho *et al.* (2018) avaliaram o efeito de diferentes níveis de FDN da forragem no consumo voluntário de MS de cabras alimentadas com palma forrageira, como resultado foi constatado que as dietas com maiores teores de FDN apresentam menor consumo de MS. Esse efeito pode estar relacionado com a redução da taxa de passagem, que resulta no enchimento do rúmen, acarretando uma limitação física do consumo de MS.

A hemicelulose apresentou diferença significativa para a calagem ( $P < 0,01$ ), sendo a médias dos tratamentos que receberam a calagem superior (26,1%). Essa fibra apresenta uma decomposição rápida e superior quando comparada à celulose, ela é constituída por diversos polissacarídeos estruturais e compreende mais de 30% da MS das plantas (Carvalho *et al.*, 2010). Maiores teores de hemicelulose são desejáveis pois ocorre uma redução na concentração dos demais componentes da parede celular que apresentam menor solubilidade (celulose e lignina).

A adubação apresentou efeitos significativos ( $P < 0,01$ ) sobre os teores de MS, FDN, FDA, lignina e FDNi (Tabela 7).

**Tabela 7.** Análises bromatológicas do *Panicum maximum* cv. Massai submetido a diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.

Variável	Calagem		Adubação <sup>1</sup>					EPM	Valor de P		
	Sem	Com	0	50	100	150	200		Cal.	Adu.	Cal.*Adu.
MS (%)	23,7	23,9	24,9	24,5	23,6	23,2	22,9	0,5391	NS	0,0028	NS
PB <sup>2</sup>	8,0	8,5	8,1	7,6	7,0	8,9	9,6	0,2921	0,0088	NS	NS
Cinza <sup>2</sup>	6,7	6,6	8,0	6,2	6,2	6,2	6,6	0,2434	NS	NS	NS
FDN <sup>2</sup>	79,4	77,6	80,7	78,5	77,9	78,1	77,3	0,3868	<0,0001	<0,0001	NS
FDA <sup>2</sup>	54,2	51,6	55,0	52,7	52,9	51,5	51,4	0,4104	<0,0001	<0,0001	NS
Lignina <sup>2</sup>	5,2	4,7	7,0	4,9	4,2	3,6	5,0	0,3397	NS	<0,0001	NS
EE <sup>2</sup>	3,5	3,0	3,1	3,4	3,5	3,1	3,3	0,1843	NS	NS	NS
NNP <sup>2</sup>	15,9	17,1	16,9	16,2	17,0	16,0	16,3	0,6816	0,0082	NS	NS
CNFcp <sup>2</sup>	39,6	40,7	39,6	41,4	42,5	38,9	38,4	1,1745	NS	NS	NS
FDNcp <sup>2</sup>	42,2	41,2	41,2	41,3	40,9	42,9	42,1	1,1872	NS	NS	NS
FDACP <sup>2</sup>	31,2	28,1	29,0	29,5	30,2	30,8	28,7	0,9396	NS	NS	NS
NDT <sup>2</sup>	66,0	65,8	62,9	67,1	67,4	66,6	65,8	1,1534	NS	NS	NS
FDNi <sup>2</sup>	12,5	11,3	16,8	11,7	10,2	8,6	12,1	0,8153	NS	<0,0001	NS
Hemicelulose <sup>2</sup>	25,1	26,1	25,7	25,8	25,1	25,6	25,9	0,4312	0,0022	NS	NS

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; EE: extrato etéreo; NNP: nitrogênio não proteico; CT: carboidratos totais; CNFcp: carboidratos não fibrosos corrigidos para cinza e proteína; NDT: nutrientes digestíveis totais; FDNi: fibra em detergente neutro indigestível.

EPM: erro padrão da média; Cal.: calagem; Adu.: adubação; Cal.\*Adu.: interação entre calagem e adubação; NS: não significativo.

<sup>1</sup> Adubação correspondente ao percentual da recomendação da 5ª aproximação; <sup>2</sup> % da matéria seca.

A equação de regressão da MS apresentou comportamento linear decrescente, sendo que a cada inclusão de uma unidade percentual da recomendação de adubação ocorreu uma redução de 0,01076 unidades percentuais de MS (Figura 16). A variação total observada foi de 2,0 unidades percentuais.

Oliveira *et al.* (2020) observaram uma tendência semelhante em seu trabalho, ao avaliarem a composição química do *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa sob diferentes doses de N constataram que o teor de MS reduziu conforme aumentaram as doses de N. Os autores

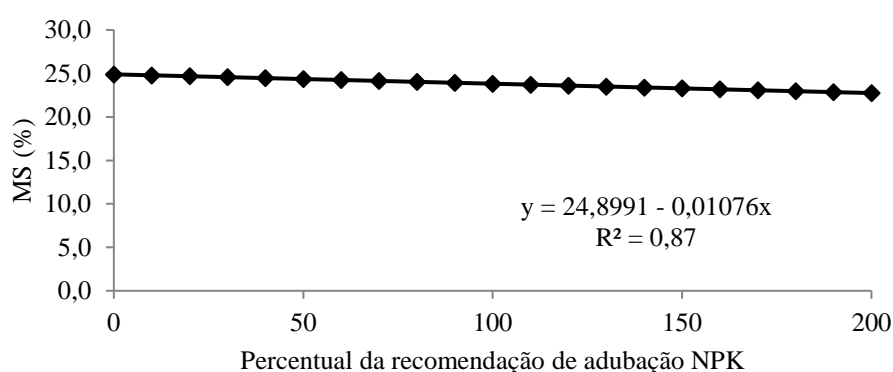
associaram esse resultado à idade da planta, indicando que a forragem experimentou um período de rebrota mais longo até o momento do corte após o tratamento com as menores doses de N, contribuindo assim para o aumento dos teores de MS nas doses menores de N.

Possivelmente, essa redução nos teores de MS observada neste trabalho tem correlação com a maior produção de folhas, o que reduziu a proporção de colmo e impactou positivamente na qualidade da forragem, uma vez que as folhas possuem um teor de MS inferior ao colmo (Sikora *et al.*, 2019).

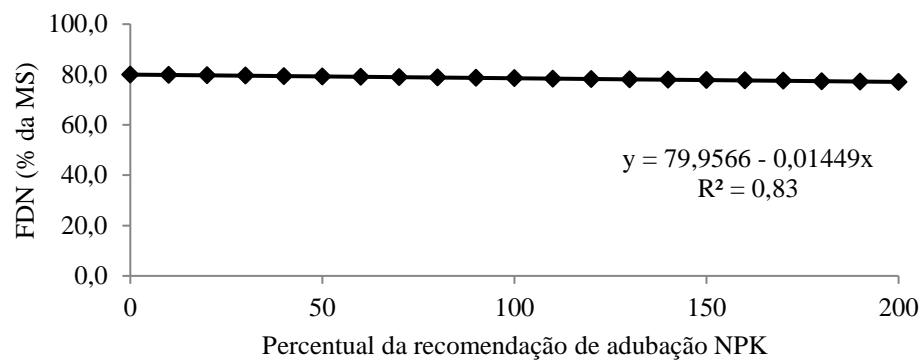
Essa hipótese corrobora com os dados de FDN e FDA, ambos apresentaram um efeito linear de redução. A equação de regressão do FDN apresentou comportamento linear decrescente, sendo que a cada inclusão de uma unidade percentual da recomendação de adubação ocorreu uma redução de 0,01449 unidades percentuais de FDN (Figura 17). A variação total observada foi de 3,4 unidades percentuais.

De maneira semelhante, a equação de regressão do FDA também apresentou comportamento linear decrescente, sendo que a cada inclusão de uma unidade percentual da recomendação de adubação ocorreu uma redução de 0,01479 unidades percentuais de FDA (Figura 18). A variação total observada foi de 3,6 unidades percentuais.

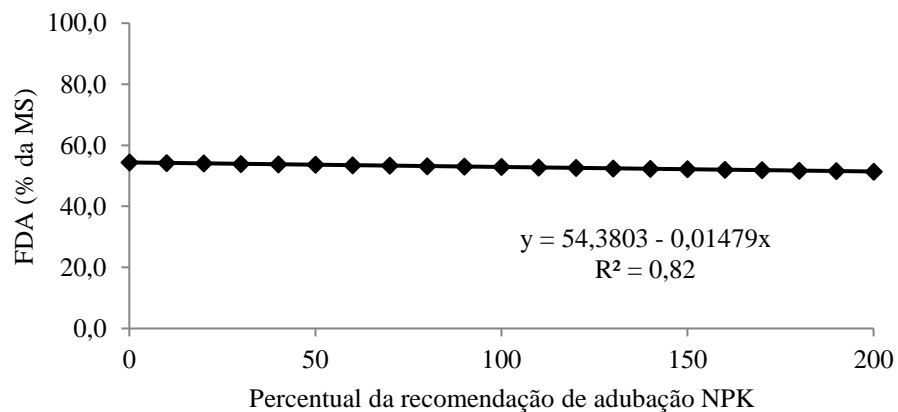
Esses resultados indicam que houve uma redução no conteúdo fibroso da parte aérea, diversos autores observaram esse mesmo efeito em seus trabalhos (Carvalho *et al.*, 2019; Oliveira da Silva *et al.*, 2020; Delevatti *et al.*, 2019). De maneira geral, essa redução é relacionada com a maior produção de folhas, isso aumenta o teor dos demais nutrientes presentes na planta e reduz proporcionalmente os teores referentes a fração da parede celular. Isso aumenta a digestibilidade potencial da forragem e o aproveitamento dos nutrientes pelos animais.



**Figura 16.** Percentual de matéria seca (MS) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.



**Figura 17.** Percentual de fibra em detergente neutro (FDN) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.



**Figura 18.** Percentual de fibra em detergente ácido (FDA) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

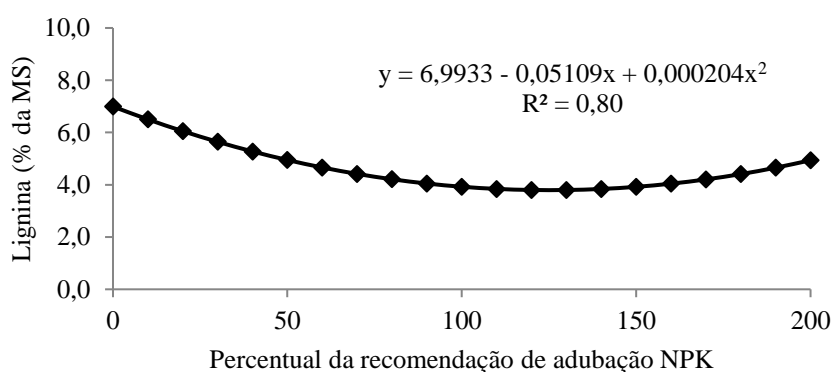
Os teores de FDNi e lignina tiveram um efeito semelhante com a adubação. Essas variáveis são correlatas, uma vez que a lignina é um composto indigestível que compõem a parede celular vegetal e restringe a digestão microbiana pelos ruminantes (Sacramento *et al.*, 2019). O FDNi, por sua vez, é formado por componentes do FDN que estão ligados a moléculas de lignina, o que também os torna indigestíveis pelos animais (Bettero *et al.*, 2021).

A equação de regressão da lignina apresentou comportamento quadrático com ponto de mínima para o percentual de adubação na dose de 125,2%, que correspondeu a 3,8% de lignina (Figura 19). A diferença entre o tratamento sem adubo e a dose correspondente ao ponto de mínima foi de 3,2 unidades percentuais.

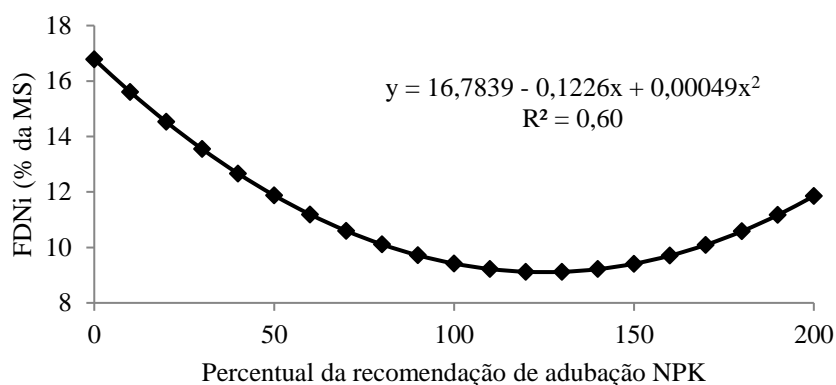
Enquanto isso, a equação de regressão do FDNi apresentou comportamento quadrático com ponto de mínima para o percentual de adubação na dose de 125,2%, que correspondeu a 9,1% de FDNi (Figura 20). A diferença entre o tratamento sem adubo e a dose correspondente ao ponto de mínima foi de 7,7 unidades percentuais.

A redução inicial nos teores de lignina e FDNi com as menores doses de adubo pode ser associado ao aumento no número de novos perfilhos, resultando em uma quantidade maior de folhas jovens que possuem baixo teor de lignina, juntamente com colmos jovens que ainda não estão com níveis de lignina elevados.

Posteriormente, ocorre o aumento no teor de lignina na maior dose de adubação, isso pode estar relacionado à maior velocidade de crescimento das plantas e as mudanças na estrutura da forragem, como altura maior do dossel. Conseqüentemente, a planta sintetiza mais lignina para fornecer suporte mecânico (Oliveira da Silva *et al.*, 2020).



**Figura 19.** Percentual de lignina em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.



**Figura 20.** Percentual de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

A produção de nutrientes digestíveis totais (NDT) e proteína bruta (PB) por vaso não apresentou nenhuma interação significativa para calagem ( $P > 0,01$ ) (Tabela 8). Para a adubação, ocorreu interação significativa ( $P < 0,01$ ) nas duas variáveis (Tabela 8).

**Tabela 8.** Produção total de nutrientes digestíveis totais por vaso (g NDT/vaso) e proteína bruta por vaso (g PB/vaso) do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.

Variável	Calagem		Adubação <sup>1</sup>					EPM	Valor de P		
	Sem	Com	0	50	100	150	200		Cal.	Adu.	Cal.*Adu.
g NDT/vaso	25,99	24,90	6,27	20,82	26,12	36,15	37,86	1,2216	NS	<0,0001	NS
g PB/vaso	3,13	3,36	0,80	2,37	2,70	4,83	5,54	0,1812	NS	<0,0001	NS

EPM: erro padrão da média; Cal.: calagem; Adu.: adubação; Cal.\*Adu.: interação entre calagem e adubação; NS: não significativo.

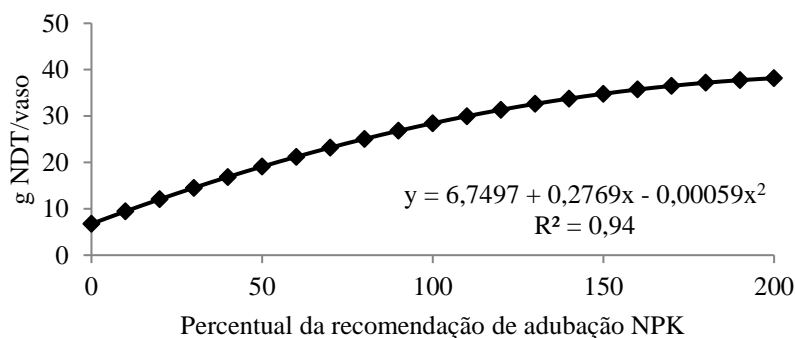
<sup>1</sup> Adubação correspondente ao percentual da recomendação da 5ª aproximação

A equação de regressão da produção de NDT/vaso apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima para o percentual de adubação na dose de 231,1%, que correspondeu a 38,7 g de NDT por vaso (Figura 21). Portanto, até a porcentagem de recomendação máxima utilizada (200%) a tendência foi de aumento na quantidade de NDT por vaso, com uma variação total de 31,59 gramas.

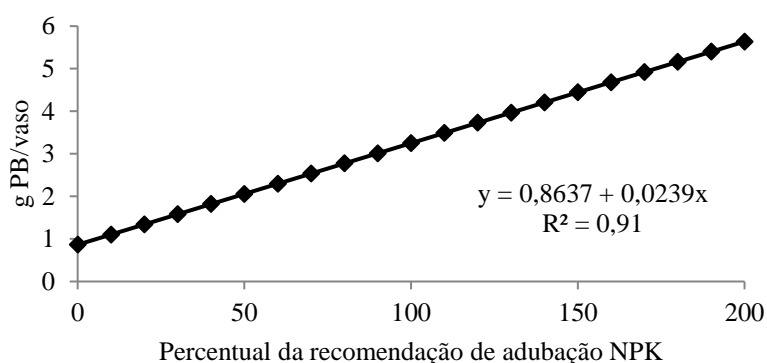
O aumento da quantidade de NDT por vaso se deu pelo fato de a adubação proporcionar uma maior disponibilidade nutricional no solo, isso estimula o desenvolvimento da gramínea, aumentando a sua produtividade por meio do perfilhamento e produção de folhas (Cunha *et al.*, 2022).

O teor de PB por vaso sofreu o mesmo efeito acarretado pela melhora das condições químicas do solo. A equação de regressão da produção de PB/vaso apresentou comportamento linear crescente, sendo que a cada inclusão de uma unidade percentual da recomendação de adubação ocorreu um aumento de 0,0239 g de PB por vaso (Figura 22). A variação total observada foi de 4,74 gramas.

Efeito semelhante ao observado por Sales *et al.* (2020), que obtiveram um efeito linear positivo para a quantidade de g de proteína por kg de matéria seca conforme ocorreu o aumento das doses de N, o que resulta em um aumento no ganho por área.



**Figura 21.** Produção de nutrientes digestíveis totais por vaso (g NDT/vaso) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.



**Figura 22.** Produção de proteína bruta por vaso (g PB/vaso) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

O fracionamento de proteínas apresentou uma interação significativa para calagem ( $P < 0,01$ ) apenas para a fração A da proteína (Tabela 9). As proteínas são divididas em cinco frações: A, constituída de compostos nitrogenados não-proteicos; B1, por proteínas solúveis, rapidamente degradadas no rúmen; proteínas insolúveis, com taxa de degradação intermediária (B2) e lenta (B3) no rúmen; e fração C, constituída de proteínas insolúveis, indigeríveis no rúmen e nos intestinos (Ribeiro *et al.*, 2001).

A fração A apresentou um valor de 17,1% para os tratamentos com calagem, sendo superior aos tratamentos sem calagem (15,9%). Possivelmente, isso foi resultado da maior disponibilidade de nutrientes que proporcionou uma melhora no desenvolvimento da planta. Uma maior concentração dessa fração resulta em uma proteína mais digestível para os microrganismos dos ruminantes, facilitando o processo de produção da proteína microbiana (Berça *et al.*, 2021).

Para a adubação, não ocorreu nenhuma interação significativa nas diferentes frações da proteína ( $P > 0,01$ ) (Tabela 9).

**Tabela 9.** Fracionamento de proteína do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.

Variável	Calagem		Adubação <sup>1</sup>					EPM	Valor de P		
	Sem	Com	0	50	100	150	200		Cal.	Adu.	Cal.*Adu.
A <sup>2</sup>	15,9	17,1	16,9	16,2	17,0	16,0	16,3	0,6816	0,0082	NS	NS
B1+B2 <sup>2</sup>	51,1	50,0	49,0	50,4	49,5	52,1	51,7	1,0986	NS	NS	NS
B3 <sup>2</sup>	13,2	12,1	12,5	13,2	13,5	12,7	11,5	1,3599	NS	NS	NS
C <sup>2</sup>	19,9	20,8	21,6	20,2	20,1	19,3	20,5	0,8143	NS	NS	NS

EPM: erro padrão da média; Cal.: calagem; Adu.: adubação; Cal.\*Adu.: interação entre calagem e adubação; NS: não significativo.

<sup>1</sup> Adubação correspondente ao percentual da recomendação da 5ª aproximação; <sup>2</sup> % da Proteína Bruta.

Para o fracionamento de carboidratos, não houve interação significativa para a calagem ( $P > 0,01$ ) em nenhuma das variáveis referentes ao fracionamento dos carboidratos totais (Tabela 10). Os carboidratos são compostos por 4 frações: fração A corresponde à fração solúvel, constituída de açúcares de rápida degradação no rúmen. A fração B1 é composta basicamente por amido e pectina; a fração B2, com taxa de degradação ruminal mais lenta, à porção digerível da parede celular; e a fração C, à porção indigerível da parede celular (Ribeiro *et al.*, 2001).

Para adubação, ocorreu interação significativa ( $P < 0,01$ ) nas frações B2 e C (Tabela 10).

**Tabela 10.** Fracionamento de carboidrato do *Panicum maximum* cv. Massai sob diferentes correções de solo e percentuais da recomendação de adubação com NPK.

Variável	Calagem		Adubação <sup>1</sup>				EPM	Valor de P			
	Sem	Com	0	50	100	150		200	Cal.	Adu.	Cal.*Adu.
Carboidratos totais <sup>2</sup>	81,8	81,8	80,7	82,7	83,3	81,8	80,5	0,3707	NS	NS	NS
A+B1 <sup>3</sup>	48,4	49,7	49,0	50,1	51,0	47,6	47,7	1,4288	NS	NS	NS
B2 <sup>3</sup>	36,3	36,5	30,2	35,9	36,8	41,9	37,2	2,1010	NS	0,0002	NS
C <sup>3</sup>	15,3	13,8	20,8	14,1	12,2	10,5	15,1	1,0112	NS	<0,0001	NS

EPM: erro padrão da média; Cal.: calagem; Adu.: adubação; Cal.\*Adu.: interação entre calagem e adubação; NS: não significativo.

<sup>1</sup> Adubação correspondente ao percentual da recomendação da 5ª aproximação; <sup>2</sup> Percentagem da matéria seca; <sup>3</sup> % dos carboidratos totais.

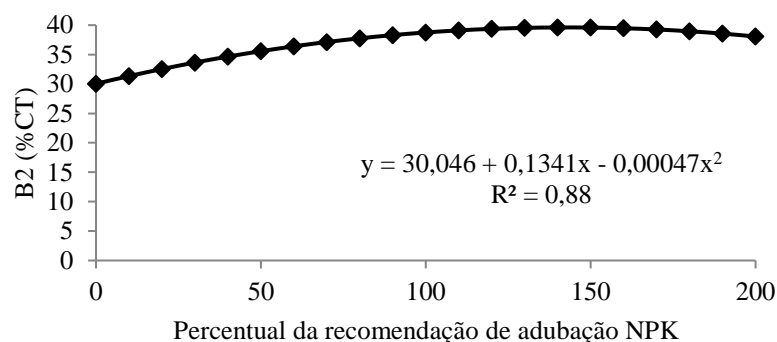
A equação de regressão da fração B2 dos CT apresentou comportamento quadrático com ponto de máxima para o percentual de adubação na dose de 142,7%, que correspondeu a 39,6 unidades percentuais da fração B2 nos CT (Figura 23). A diferença entre o tratamento sem adubo e a dose correspondente ao ponto de máxima foi de 9,4 unidades percentuais.

A equação de regressão da fração C dos CT, por sua vez, apresentou comportamento quadrático com ponto de mínima para o percentual de adubação na dose de 123,2%, que correspondeu a 11 unidades percentuais da fração C (Figura 24). A diferença entre o tratamento sem adubo e a dose correspondente ao ponto de mínima foi de 9,8 unidades percentuais.

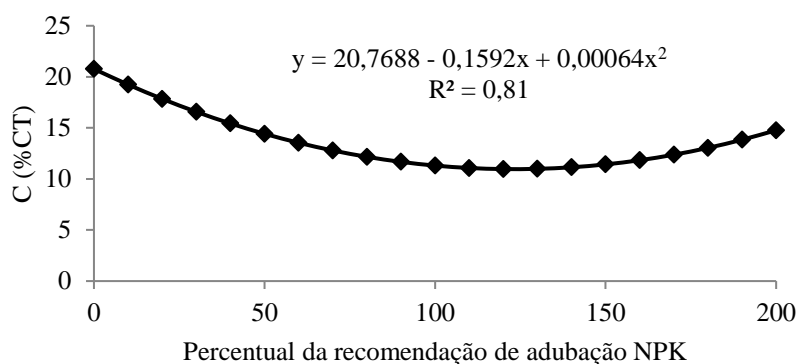
É possível associar esses resultados com os dados observados no FDNi e na lignina. Possivelmente, as menores doses de adubo proporcionaram um maior perfilhamento e produção de novas folhas, essas estruturas jovens apresentam uma parede celular pouco lignificada e isso fez com que a proporção da fração B2 aumentasse em detrimento da fração C, uma vez que ela é composta pela porção digestível da parede celular e a fração C é composta majoritariamente por lignina (Leite *et al.*, 2021).

De acordo com Silva e Silva (2014), volumosos com altos teores de FDN apresentam uma maior proporção da fração B2, isso beneficia o crescimento de microrganismos ruminais que utilizam carboidratos fibrosos, auxiliando na manutenção da saúde do rúmen.

A redução da fração B2 e aumento da fração C nas maiores doses de adubo pode ser relacionada a maior velocidade de crescimento que altas doses de adubo proporcionam às plantas, levando a mudanças na estrutura da forragem, como altura maior do dossel e aumento nos teores de lignina para garantir o suporte da planta (Oliveira da Silva *et al.*, 2020).



**Figura 23.** Fração B2 dos carboidratos totais (B2) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.



**Figura 24.** Fração C dos carboidratos totais (C) em relação ao percentual da recomendação de adubação NPK para o *Panicum maximum* cv. Massai.

## V - CONCLUSÃO

Recomenda-se o uso da calagem associada a 200% da dose de adubação com NPK recomendada pela 5ª aproximação em função do aumento na produção de matéria seca, nas características morfogênicas e na qualidade nutricional do *Panicum maximum* cv. Massai.

## VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, M.; ESPENBERG, M.; ZAVATTARO, L.; LELLEI-KOVACS, E.; MANDER, U.; SMITH, K.; THORMAN, R.; DAMATIRCA, C.; SCHILS, R.; TEN-BERGE, H.; NEWELL-PRICE, P.; SMITH, P. Does liming grasslands increase biomass productivity without causing detrimental impacts on net greenhouse gas emissions?. **Environmental Pollution**, v.300, n.1, p.1-15, 2022.

ABIEC. Beef Report: Perfil da Pecuária no Brasil. 2023. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023-capitulo-02/>. Acesso em: setembro de 2023.

ALVAREZ V., V.H. e RIBEIRO, A.C. Calagem. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais (CFSMG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação, Viçosa, 1999.

BARROS, L. V. DE; FONSECA PAULINO, M.; BEVITORI KLING DE MORAES, E. H.; DE CAMPOS VALADARES FILHO, S.; SOARES MARTINS, L.; MAGESTE DE ALMEIDA, D.; LISBOA VALENTE, E. E.; AVELINO CABRAL, C. H.; LOPES, S. A.; GOMES DA SILVA, A. Níveis crescentes de proteína bruta em suplementos múltiplos para novilhas de corte sob pastejo no período das águas. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.3, p. 1583-1598, 2015.

BAZAME, H. C.; PINTO, F. A.; QUEIROZ, D. S.; DE QUEIROZ, D. M.; ALTHOFF, D. Spectral sensors prove beneficial in determining nitrogen fertilizer needs of Urochloa brizantha cv. Xaraés grass in Brazil. **Tropical Grasslands-Forrajões Tropicales**, v.8, n.2, p.60-71, 2020.

BERÇA, A. S.; CARDOSO, A. D. S.; LONGHINI, V. Z.; TEDESCHI, L. O.; BODDEY, R. M.; REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C. Protein and Carbohydrate Fractions in Warm-Season Pastures: Effects of Nitrogen Management Strategies. **Agronomy**, v.11, n.5, p.1-15, 2021.

BETTERO, V. P.; CAMPOS, A. F.; DIB, V.; DEL VALLE, T. A.; ZILIO, E. M. C.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; SIQUEIRA, G. R.; RENNÓ, F. P. Evaluación de fibra detergente neutra indigestible con incubación en diferentes especies. **Archivos de zootecnia**, v.70, n.269, p.14-19, 2021.

BOSSOLANI, J. W., CRUSCIOL, C. A. C., PORTUGAL, J. R., MORETTI, L. G., GARCIA, A., RODRIGUES, V. A., FONSECA, M. C., BERNART, L., VILELA, R. G., MENDONÇA, L. P.; DOS REIS, A. R. Long-term liming improves soil fertility and soybean root growth, reflecting improvements in leaf gas exchange and grain yield. **European Journal of Agronomy**, v.128, n.1, p.1-13, 2021.

BOSSOLANI, J.W., CRUSCIOL, C.A.C., MOMESSO, L., PORTUGAL, J. R., MORETTI, L. G., GARCIA, A., FONSECA, M. C., RODRIGUES, V. A.; CALONEGO, J. C., REIS, A. R. Surface liming triggers improvements in subsoil fertility and root distribution to boost maize crop physiology, yield and revenue. **Plant Soil**, v.477, n.1, p.319–341, 2022.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA L. E. M. DE; MESQUITA A. C. Análise de Crescimento de Plantas. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2008.

CAMARGO, F. C.; DIFANTE, G. D. S.; MONTAGNER, D. B.; EUCLIDES, V. P. B.; TAIRA, C. D. A. Q.; GURGEL, A. L. C.; SOUZA, D. L. D. Morphogenetic and structural traits of Ipyporã grass subjected to nitrogen fertilization rates under intermittent grazing. **Ciência Rural**, v.52, n.5, p.1-9, 2021.

CARVALHO, Z. G.; SALES, E. C. J. D.; MONÇÃO, F. P.; VIANNA, M. C. M.; SILVA, E. A.; QUEIROZ, D. S. Morphogenic, structural, productive and bromatological characteristics of

Braquiária in silvopastoral system under nitrogen doses. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.41, n.1, p.1-8, 2019.

CARVALHO, A. M.; DANTAS, R. D. A.; COELHO, M. C.; LIMA, W. M.; SOUSA, J.; FONSECA, O. P.; JÚNIOR, R. G. Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no Cerrado. **Embrapa Cerrados**, p.1-15, 2010.

COSTA, A. B. G.; DIFANTE, G. S.; CAMPELO, B. A. M.; GURGEL, A. L. C.; COSTA, C. M.; THEODORO, G. F.; SILVA, A. T. A.; NETO, E.; DIAS, A. M. FERNANDES, P. B. Morphogenetic, structural and production traits of marandu grass under nitrogen rates in Neo soil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.73, n.1, p.658-664, 2021.

COSTA, J. E.; SOARES, L. E.; SOUSA, V. F. D. O.; COSTA, A. B. G. D.; EMERENCIANO, J. V.; OLIVEIRA, E. M. M.; DIFANTE, G. S.; SILVA, G. G. C. D. Sward structure, morphological components and forage yield of massai grass in response to residual effect of swine biofertilizer. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.44, p.1-8, 2022.

CUNHA, A. M. Q.; MACEDO, V. H. M.; DE OLIVEIRA, J. K. S.; MELO, D. D. M.; DOMINGUES, F. N.; CÂNDIDO, E. P.; FATURI, C.; DO RÊGO, A. C. Nitrogen fertilisation as a strategy for intensifying production and improving the quality of Massai grass grown in a humid tropical climate. **Journal of Plant Nutrition**, v.45, n.14, p.2213-2227, 2022.

DA SILVA, R. F.; DA SILVA, I. D. F.; DE OLIVEIRA DIAS, B.; DA SILVA, R. F.; CARNEIRO, K. D. A. A.; DO REGO, E. R. Nitrogen fertilization in Brachiaria decumbens Stapf grass under degraded soil condition. **Research, Society and Development**, v.9, n.10, p.1-17, 2020.

DE OLIVEIRA, N. P. R.; BONFIM-SILVA, E. M.; DA SILVA, T. J. A.; DA SILVA, P. F.; DA SILVA ROCHA, R. A.; MENEGHETTI, L. A. M.; CUSTÓDIO, A. S. C.; GUIMARÃES, S. L.; DUARTE, T. F.; KOETZ, M. Effects of fertilization types and base saturation on the growth and water productivity in Panicum maximum cv. BRS Zuri. **Agriculture**, v.13, n.10, p.1-18, 2023.

DELEVATTI, L. M.; CARDOSO, A. S.; BARBERO, R. P.; LEITE, R. G.; ROMANZINI, E. P.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. **Scientific reports**, v.9, n.1, p.1-9, 2019.

DETMANN, E.; SILVA, L. F. C. E.; ROCHA, G. C.; PALMA, M. N. N.; RODRIGUES, J. P. P. Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2021.

DISCHE, Z. General color reactions. In: Whistler, R. L.; Wolfram, M. L. Carbohydrate chemistry. **New York: Academic**, v.1, p.477-520, 1962.

DOKBUA, B.; WARAMIT, N.; CHAUGOOL, J.; THONGJOO, C. Biomass productivity, developmental morphology, and nutrient removal rate of hybrid napier grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*) in response to potassium and nitrogen fertilization in a multiple-harvest system. **Bioenergy Research**, v.14, p.1106-1117, 2021.

DUTRA, I.C.; PIRES, A.J.V.; JARDIM, R.R.; SILVA, H.S.; SANTOS, B.E.F.; SILVA, N.V.; RIBEIRO, A.S.; DUTRA, G.C.; FILHO, C.A.A.O.; PUBLIO, P.P.P.; SILVA, A.P.G.; NOGUEIRA, M.S. Productive and biochemical responses of Marandu grass under fertilization protocols. **Agronomy Research**, v.23, n.1, p.1-10, 2025.

EMBRAPA. Capim-massai(*Panicum maximum* CV. Massai): Alternativa para Diversificação de Pastagens. Embrapa gado de corte, Comunicado técnico 69, 2001.

- FERNANDES, A. R.; LINHARES, L. C. F.; MORAIS, F. I. O.; SILVA, G. R. DA. Características químicas do solo, matéria seca e acumulação de minerais nas raízes de adubos verdes, em resposta ao calcário e ao fósforo. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, p.45-54, 2003.
- FILHO, N. M. L.; DA ROSA LOPES, A.; ARAÚJO, D. F.; MACEDO, V. H. M.; FATURI, C.; DA SILVA, T. C.; RÊGO, A. C.; SILVA, W. L.; DOMINGUES, F. N. Morphogenic and structural characteristics of xaraés grass subjected to different fertilization strategies. **Boletim de Industria Animal**, v.81, n.1, p.1-14, 2024.
- FOX, D.G. 2003. Sistema de carboidratos e proteínas “líquidos” para avaliação da nutrição de rebanhos e excreção de nutrientes (CNCPS versão 5.0): documentação do modelo CNCPS / DANNY GENE FOX ...[*et al.*]; tradução de Fernando César Ferraz Lopes...[*et al.*] – Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p. -202, 2003.
- GOMIDE, C. A. M.; PACIULLO, D. S. C.; MARTINS, C. E. Momento da adubação nitrogenada em pastagens intensivamente manejadas. **Embrapa Circular Técnica**, n.125, 2020.
- HABERMANN, E.; DIAS DE OLIVEIRA, E. A.; CONTIN, D. R.; DELVECCHIO, G.; VICIEDO, D. O.; DE MORAES, M. A.; PRADO, R. M.; COSTA, K. A. P.; BRAGA, M. R.; MARTINEZ, C. A. Warming and water deficit impact leaf photosynthesis and decrease forage quality and digestibility of a C4 tropical grass. **Physiologia Plantarum**, v.165, n.2, p.383-402, 2019.
- LAGE FILHO, N.M.; SANTOS, A.D.C.D.; SILVA, S.L.D.S.E.; OLIVEIRA, J.V.C.D.; MACEDO, V.H.M.; CUNHA, A.M.Q.; DO RÊGO, A.C.; CÂNDIDO, E.P. Morphogenesis, Structure, and Tillering Dynamics of Tanzania Grass under Nitrogen Fertilization in the Amazon Region. **Grasses**, v.3, n.3, p.154–162, 2024.
- LEITE, R. G.; CARDOSO, A. D. S.; FONSECA, N. V. B.; SILVA, M. L. C.; TEDESCHI, L. O.; DELEVATTI, L. M.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. Effects of nitrogen fertilization on protein and carbohydrate fractions of Marandu palisadegrass. **Scientific Reports**, v.11, n.1, p.1-8, 2021.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347–358, 1996.
- LIMA, K. R.; DE CARVALHO, C. A. B.; AZEVEDO, F. H. V.; DE CAMPOS, F. P.; DA SILVA, A. B.; DIAS, A. C. C. Morphogenesis and forage accumulation of *Urochloa ruziziensis* under nitrogen and potassium fertilization management. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.4, p.1605-1618, 2019.
- LOPES, A. D. R.; LAGE FILHO, N. M.; DO RÊGO, A. C.; DOMINGUES, F. N.; SILVA, T. C. D.; FATURI, C.; SILVA, N. C.; DA SILVA, W. L. Effect of nitrogen fertilization and shading on morphogenesis, structure and leaf anatomy of *Megathyrsus maximus* genotypes. **Frontiers in Plant Science**, v.15, p.1-13, 2024.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.rev.ed. Washinton, D.C. p.1-381, 2001.
- MELO, C. C. F.; AMARAL, D. S.; ZANINE, A. M.; FERREIRA, D. J.; PRADO, R. M.; DE CÁSSIA PICCOLO, M. Nanosilica enhances morphogenic and chemical parameters of *Megathyrsus maximus* grass under conditions of phosphorus deficiency and excess stress in different soils. **BMC Plant Biology**, v.23, n.1, p.497, 2023.

OLIVEIRA, J. K. D.; CORRÊA, D. C. D. C.; CUNHA, A. M.; RÊGO, A. C. D.; FATURI, C.; SILVA, W. L. D.; DOMINGUES, F. N. Effect of nitrogen fertilization on production, chemical composition and morphogenesis of guinea grass in the humid tropics. **Agronomy**, v.10, n.11, p.1-14, 2020.

OLIVEIRA DA SILVA, R.; MIOTTO, F. R. C.; NEIVA, J. N. M.; DA SILVA, L. F. F. M.; DE FREITAS, I. B.; ARAÚJO, V. L.; RESTLE, J. Effects of increasing nitrogen levels in Mombasa grass on pasture characteristics, chemical composition, and beef cattle performance in the humid tropics of the Amazon. **Tropical Animal Health and Production**, v.52, n.1, p.3293-3300, 2020.

PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; DE OLIVEIRA, J. S.; DE CARVALHO, G. G. P.; DA SILVA, T. C.; MACÊDO, A. J. D. S.; CORRÊA, Y. R.; ZANINE, A. D. M. Does the level of forage neutral detergent fiber affect the ruminal fermentation, digestibility and feeding behavior of goats fed cactus pear?. **Animal Science Journal**, v.89, n.10, p.1424-1431, 2018.

RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. D. C.; GARCIA, R.; CABRAL, L. D. S. Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos, e respectivas taxas de digestão, do feno de capim-Tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.589-595, 2001.

SACRAMENTO, A. M. H.; DE MENEZES, O. C.; BARROS, T. M.; PINHEIRO, D. N.; JAEGER, S. M. P. L.; RIBEIRO, O. L.; RAMOS, C. E. C. O.; DE OLIVEIRA, G. A. Características morfogênicas, estruturais e composição química de capim-aruana, submetido à adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, p.3167-3180, 2019.

SALES, K. C.; CABRAL, C. E.; ABREU, J. G.; BARROS, L. V.; SILVA, F. G.; CABRAL, C. H.; SANTOS, A. R. M.; JUNIOR, C. A. S.; CAMPOS FILHO, J. B. What is the maximum nitrogen in marandu palisadegrass fertilization?. **Grassland Science**, v.66, n.3, p.153-160, 2020.

SIKORA, M. C.; HATFIELD, R. D.; KALSCHEUR, K. F. Fermentation and chemical composition of high-moisture lucerne leaf and stem silages harvested at different stages of development using a leaf stripper. **Grass and Forage Science**, v.74, n.2, p.254-263, 2019.

SILVA, S. P. D.; SILVA, M. M. C. D. Fracionamento de carboidrato e proteína segundo o sistema CNCPS. **Veterinária Notícias**, v.19, n.2, p.95-108, 2014.

SNIFFEN, C.J.; CONNOR, J.D.O.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.10, p.3562-3577, 1992.

VASCONCELOS, E. C. G.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; CAVALCANTE, A. C. R.; LOPES, M. N. Morphogenesis and biomass production of BRS Tamani'guinea grass under increasing nitrogen doses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.55, p.1-11, 2020.

VÉRAS, E. L. D. L.; DIFANTE, G. D. S.; ARAÚJO, A. R. D.; MONTAGNER, D. B.; MONTEIRO, G. O. D. A.; ARAÚJO, C. M. C.; GURGEL, A. L. C.; MACEDO, M. C. M.; RODRIGUES, J. G.; SANTANA, J. C. S. Potassium Fertilization Alters the Morphogenetic, Structural, and Productive Characteristics of Panicum maximum Cultivars. **Grasses**, v.3, n.4, p.287-296, 2024.

YIBERKEW, N.; MEKURIAW, Y.; ASMARE, B. Effects of fertilizer types and plant spacings on plant morphology, biomass yield and chemical composition of brachiaria hybrid mulato ii grass grown in lowlands of Northwest Ethiopia. **Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies**, v.53, n.1, p.20-35, 2020.

ZANINE, A.; FARIAS, L.; FERREIRA, D.; FARIAS, L.; RIBEIRO, M.; SOUZA, A.; RODRIGUES, R.; SANTOS, E.; OLIVEIRA, J.; SOUSA, L.; NEGRÃO, F.; PINHO, R.; NASCIMENTO, T. Effect of season and nitrogen fertilization on the agronomic traits and efficiency of Piatã grass in Brazilian savanna. **Agriculture**, v.10, n.8, p.1-13, 2020.