**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Produtividade de forragem e distribuição do sistema radicular do
capim Mombaça em resposta a doses de gesso agrícola**

David de Almeida Pereira

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2021**

David de Almeida Pereira
Engenheiro Agrônomo

**Produtividade de forragem e distribuição do sistema radicular do capim
Mombaça em resposta a doses de gesso agrícola**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **FERNANDO CAMPOS MENDONÇA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Pereira, David de Almeida

Produtividade de forragem e distribuição do sistema radicular do capim Mombaça em resposta a doses de gesso agrícola / David de Almeida Pereira. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2021.

70p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Gesso 2. Mombaça 3. Capim-mombaça 4. Pastagem I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa, pelo apoio e companheirismo, e para minha família por nunca terem deixado de acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais à minha esposa Mariana, pela paciência, companheirismo e ajuda na finalização deste trabalho.

Agradeço aos meus pais pela ajuda na execução de todo o trabalho, essa conquista também é de vocês.

Ao professor e orientador Fernando Mendonça, pela paciência e orientação na condução desta dissertação.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE ABREVIATURAS	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. GERAL	13
2.2. ESPECÍFICOS.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1. MEGATHYRSUS MAXIMUS (SYN. PANICUM MAXIMUM JACQ.) CV. MOMBAÇA	15
3.2. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E PRODUTIVIDADE DE FORRAGEM	18
3.3. PRODUTIVIDADE	20
3.4. GESSO AGRÍCOLA EM PASTAGENS	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
4.1. LOCAL E ÉPOCA	31
4.2. CLIMA	31
4.3. ESPÉCIE FORRAGEIRA E ÁREA EXPERIMENTAL	32
4.4. SOLO	32
4.4.1. Classificação.....	32
4.4.2. Adubação.....	32
4.5. TRATAMENTOS	34
4.6. MANEJO DA PASTAGEM	35
4.7. AVALIAÇÕES REALIZADAS	35
4.7.1. Avaliação de raízes	35
4.7.2. Avaliação da parte aérea.....	38
4.8. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
5.1. RAÍZES.....	43
5.2. PRODUTIVIDADE DE FORRAGEM.....	48
5.2.1. Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA)	49
5.2.2. Percentagem de Matéria Seca (MS%).....	51
5.2.3. Massa Seca da Parte Aérea (MSPA).....	53
5.2.4. Proteína Bruta (PB)	55
5.2.5. Fibra em Detergente Ácido.....	56
5.2.6. Fibra em Detergente Neutro.....	56
5.3. COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS AVALIADOS.....	57
6. CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS	61

RESUMO

Produtividade de forragem e distribuição do sistema radicular do capim

Mombaça em resposta a doses de gesso agrícola

Este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da aplicação de diferentes doses de gesso agrícola sobre a produção de forragem e a distribuição do sistema radicular de capim Mombaça, bem como identificar relações entre a produtividade de forragem e a densidade de raízes da forrageira, e verificar se o gesso agrícola colabora para possíveis diferenças de qualidade e produtividade de forragem. O estudo foi realizado em área de pastejo rotacionado para gado de leite na fazenda experimental da Faculdade Doutor Francisco Maeda – FAFRAM, no município de Ituverava, SP. Os tratamentos referiram-se à aplicação de diferentes doses de gesso agrícola, a saber: (T1) Testemunha (sem gesso); (T2) 2,75 Mg há⁻¹; (T3) 5,5 Mg ha⁻¹; (T4) 8,25 Mg ha⁻¹; (T5) 11 Mg ha⁻¹. Os parâmetros utilizados nas avaliações foram: (a) massa seca de raízes (MSR); (b) massa fresca da parte aérea (MFPA); (c) massa seca da parte aérea (MSPA); (d) teor de proteína bruta (PB); (e) teor de fibra em detergente ácido (FDA); (f) teor de fibra em detergente neutro (FDN). As doses de gesso tiveram efeito significativo e aumentaram os valores de MSR, MFPA e MSPA. Os resultados obtidos mostram que doses de gesso agrícola superiores à recomendação padrão (T2) resultaram em aumento de MSPA, de MSR e da profundidade do sistema radicular, indicando que houve redução do estresse por deficiência hídrica.

Palavras-chave: Gesso agrícola; Capim-mombaça; Déficit hídrico; Pastagem

ABSTRACT

Forage yield and root system distribution of Mombaça grass in response to doses of agricultural gypsum

This work aimed to evaluate the effects of applying different doses of agricultural gypsum on forage production and root system distribution of Mombaça grass and identify relationships between forage yield and forage root density to verify whether agricultural gypsum contributes to possible differences in forage quality and productivity. The study was carried out in a rotational grazing area for dairy cattle on the experimental farm of College 'Doctor Francisco Maeda' – FAFRAM, in the county of Ituverava, SP. The treatments referred to the application of different doses of agricultural gypsum, namely: (T1) Control (without gypsum); (T2) 2.75 Mg ha⁻¹; (T3) 5.5 Mg ha⁻¹; (T4) 8.25 Mg ha⁻¹; (T5) 11 Mg ha⁻¹. The parameters used in the evaluations were: (a) root dry mass (MSR); (b) fresh aerial part mass (MFPA); (c) aerial part dry mass (MSPA); (d) crude protein (CP) content; (e) acid detergent fiber (FDA) content; (f) neutral detergent fiber (FDN) content. Gypsum doses had a significant effect and increased MSR, MFPA, and MSPA values. The results show that doses of agricultural gypsum higher than the standard recommendation (T2) increased MSPA, MSR, and root system depth, indicating a reduction in stress for water deficit.

Keywords: Gypsum; Mombasa guineagrass; Water deficit; Pasture

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PRECIPITAÇÃO PLUVIAL (MM) E TEMPERATURAS MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA (°C) NO PERÍODO DE NOVEMBRO DE 2017 A ABRIL DE 2021.....	31
FIGURA 2. CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	32
FIGURA 3. ABERTURA DAS TRINCHEIRAS – FONTE: AUTOR.....	36
FIGURA 4. TRADO MODIFICADO, DE FORMATO CÚBICO COM ARESTA DE 10 CM (VOL. = 1000 CM ³) – FONTE: AUTOR	37
FIGURA 5. COLETAS REALIZADAS A CADA 10 CENTÍMETROS DE PROFUNDIDADE – FONTE: AUTOR	37
FIGURA 6. AMOSTRAS SENDO LAVADAS E SECAS PARA SEPARAR SOLO DE RAÍZES – FONTE: AUTOR	37
FIGURA 7. RÉGUA PARA MANEJO DE PASTAGEM EMBRAPA - DESMONTÁVEL	39
FIGURA 8. ESQUEMA DO GABARITO E FORMA DE COLETA DAS AMOSTRAS DA PARTE AÉREA – FONTE: AUTOR	39
FIGURA 9. PESAGEM DA MATÉRIA VERDE COLETADA NA ÁREA DO GABARITO – FONTE: AUTOR	40
FIGURA 10. MÉDIA DO PESO (G/DM ³) DE MASSA SECA DE RAÍZES (MSR) NAS COLETAS DE 0-100 CM, REALIZADAS NO PERÍODO DE JANEIRO DE 2018 A MARÇO DE 2021.....	46
FIGURA 11. VERIFICAÇÃO DO APROFUNDAMENTO RADICULAR DO CAPIM-MOMBAÇA NA CAMADA 60-100 POR MEIO DA PERCENTAGEM DE RAÍZES ENCONTRADAS NESSA CAMADA, DE ACORDO COM OS TRATAMENTOS, DURANTE O PERÍODO DE JANEIRO DE 2018 A MARÇO DE 2021	46
FIGURA 12. MÉDIAS DE MASSA SECA DE RAÍZES (MSR, G DM ⁻³ DE SOLO) DURANTE O EXPERIMENTO.....	47
FIGURA 13. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO MFPA NAS 8 COLETAS.....	51
FIGURA 14. DADOS METEOROLÓGICOS REGISTRADOS NOS PERÍODOS DE 01/05/2020 A 01/10/2020.....	52
FIGURA 15. SOMA DE MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSPA, MG HA ⁻¹ ANO ⁻¹) OBTIDA EM CADA TRATAMENTO DURANTE O EXPERIMENTO	54
FIGURA 16. RELAÇÃO ENTRE DISTRIBUIÇÃO DE RAÍZES E MSPA	58

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ANÁLISE DO SOLO, PARA ADUBAÇÃO DE CORREÇÃO DOS PIQUETES.....	33
TABELA 2. RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO (KG HA ⁻¹) PARA APLICAÇÃO DE 2 DE FEVEREIRO DE 2018.....	33
TABELA 3. RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO (KG HA ⁻¹) PARA APLICAÇÃO EM 4 DE SETEMBRO DE 2019.....	34
TABELA 4. COMPOSIÇÃO DE CADA TRATAMENTO.....	34
TABELA 5. CALENDÁRIO DE COLETAS	36
TABELA 6. PROGRAMAÇÃO DE COLETAS DA PARTE AÉREA	38
TABELA 7. MÉDIAS DO PESO (G) DE MATÉRIA SECA DE RAÍZES NAS COLETAS NAS CAMADAS DE 0 A 100CM, REALIZADAS NO PERÍODO DE JANEIRO DE 2018 A MARÇO DE 2021	43
TABELA 8. ANÁLISE DE SOLO INICIAL E FINAL DO EXPERIMENTO (CAMADA 0-20 CM)	44
TABELA 9. PRODUÇÃO DE FORRAGEM DO CAPIM-MOMBAÇA DE ACORDO COM OS TRATAMENTOS	48
TABELA 10. RESULTADOS DA MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA	50
TABELA 11. PERCENTAGEM DE MATÉRIA SECA DA FORRAGEM COLHIDA NO EXPERIMENTO.	51
TABELA 12. RESULTADOS DA MASSA SECA DA PARTE AÉREA	53
TABELA 13. RESULTADOS DO TEOR DE PROTEÍNA BRUTA.....	55
TABELA 14. RESULTADOS DO TEOR DE FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO	56
TABELA 15. RESULTADO DO TEOR E FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO	57
TABELA 16. COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA (MFPA), PERCENTAGEM DE MATÉRIA SECA (MS%), MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSPA) E TEORES DE PROTEÍNA BRUTA (PB), FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO (FDN) E FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO (FDA) NAS COLETAS REALIZADAS NO EXPERIMENTO	57

LISTA DE ABREVIATURAS

Al	Alumínio
AP	Altura da Planta
Ca	Cálcio
CNPGC	Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte
DMS	Digestibilidade da Matéria Seca
FAFRAM	Faculdade Doutor Francisco Maeda
FDA	Fibra em detergente neutro
FDN	Fibra em detergente neutro
ha	Hectare
IAF	Índice de Área Foliar
INDC	Contribuição Nacionalmente Determinada Presumida
K	Potássio
MFPA	Massa fresca da parte aérea
Mg	Megagramas
MS	Matéria Seca
MS%	Porcentagem de matéria seca
MSB	Matéria Seca da Biomassa
MSMM	Massa Seca de Material Morto
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca da raiz
N	Nitrogênio
NP	Número de Perfilhos por Planta
P	Fósforo
PB	Proteína bruta
PC	Proteína Bruta
RLL	Resíduo Líquido de Laticínio
S	Enxofre

INTRODUÇÃO

Os dados dos Censos Agropecuários de 1975 a 2017 mostram que as áreas de pastagens no Brasil (naturais e plantadas) passaram por grandes modificações (IBGE, 2020). A área total aumentou até o censo de 1985 e vem diminuindo a partir desse momento. Observa-se que as pastagens naturais vêm dando lugar às plantadas, que passaram de 24% a 67,5% do total entre 1975 e 2017. Entre 2006 e 2017, a área total de pastagens passou de 160 a 158,6 milhões de hectares (-1,4%), com redução de 10,4% das pastagens naturais e aumento de 9,4% das pastagens plantadas.

A evolução do rebanho bovino de 1975 a 2017 (IBGE, 2020) mostra o aumento de 70,2 milhões de cabeças (+ 69%). Apesar de uma redução de 4,29 milhões de cabeças de 2006 a 2017 (-2,4%), a tendência foi de aumento da lotação animal, mostrando que a substituição das pastagens naturais pelas plantadas tem aumentado a produtividade nos sistemas de produção de bovinos, e uma das causas é o uso de forrageiras mais produtivas.

A extração de nutrientes sem adubação de reposição tem levado à degradação das pastagens (COMAS et al., 2015). Segundo o levantamento apresentado no Atlas Digital das Pastagens Brasileiras, no ano de 2018, 97,7 milhões de hectares de pastagens brasileiras (58,9% do total) apresentaram algum grau de degradação (LAPIG, 2021). Na Contribuição Nacionalmente Determinada Presumida (INDC) do acordo de Paris, o Brasil se propôs a recuperar 15 milhões de hectares de pastagens degradadas até o ano de 2030 (AGRAER, 2015).

A abertura de novas áreas para pastagens está cada vez mais restrita, por isso é crescente a sua implantação em áreas marginais, com solos pouco férteis, com elevada acidez, com altos teores de alumínio (Al^{3+}) e outros elementos tóxicos (MACEDO, 1999)

Portanto, é necessário um esforço contínuo para recuperação das pastagens, o que inclui a correção da fertilidade e adubação adequada ao sistema de produção de cada propriedade. Em muitos casos, são necessárias aplicações de calcário, gesso, macronutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) e micronutrientes (zinco, cobre, boro, molibdênio e manganês) (SOUSA et al., 2001).

A estratégia mais comum para corrigir o pH, reduzir ou eliminar a deficiência de cálcio e magnésio, e reduzir o teor de alumínio no solo é a aplicação de calcário.

Apesar de a calagem ser eficaz para isso, a baixa mobilidade do calcário no solo faz com que a correção leve alguns anos para chegar às camadas mais profundas do solo. Assim, a calagem pode não sanar os problemas de toxidez por alumínio em tempo razoável para evitar a perda de produtividade das culturas.

A aplicação de gesso agrícola pode ser utilizada na melhoria do ambiente radicular em profundidade. Após a sua aplicação e dissolução, apresenta rápida mobilidade na camada arável e leva cálcio e enxofre às camadas subsuperficiais, reduzindo ou eliminando a toxidez por alumínio. Assim, o gesso agrícola favorece o aprofundamento das raízes e permite às plantas superar veranicos e usar com mais eficiência os nutrientes aplicados ao solo (SOUSA; LOBATO; REIN, 1995).

O crescimento radicular de grande parte das plantas é prejudicado quando o solo apresenta saturação por alumínio acima de 10% (COMAS et al., 2015). O capim-mombaça (*Megathyrsus maximus* cv. Mombaça) é classificado como uma forrageira de tolerância moderada a teores de alumínio no solo, apresentando elevada produtividade em condições de alta fertilidade e na ausência desse elemento (ALMEIDA; MONTEIRO; JANK, 2000).

A aplicação de gesso agrícola tem sido usada como uma alternativa para a redução da concentração de alumínio no solo, além de ser uma fonte de cálcio e enxofre. O gesso pode ser utilizado em áreas de pastagens para melhorar o ambiente da superfície do solo. Funciona como condicionador de solo (mais recomendado para espécies exigentes e muito exigentes), como fonte de enxofre (recomendado para todas as espécies) e de cálcio (COMAS et al., 2015).

O gesso agrícola também induz o aprofundamento das raízes, o que pode reduzir o estresse por déficit hídrico em pastagens, colaborando para aumentar a produção de forragem em períodos de seca ou durante veranicos. Entretanto, também provoca o carreamento de alguns nutrientes (Ex.: potássio) para camadas mais profundas do solo, o que pode prejudicar a produtividade das culturas.

Apesar de haver estudos sobre o tema, ainda há dúvidas sobre as doses recomendadas de gesso agrícola para promover o aprofundamento do sistema radicular, aumentando o acesso da cultura à umidade do solo em camadas profundas.

O presente trabalho visa avaliar o desenvolvimento radicular e da parte aérea do capim Mombaça sob diferentes dosagens de gesso agrícola.

1. OBJETIVOS

1.1. Geral

Avaliar os efeitos da aplicação de doses de gesso agrícola sobre a produção de forragem e a distribuição do sistema radicular de capim-mombaça.

1.2. Específicos

- a. De acordo com as doses de gesso agrícola aplicadas, pretende-se:
- b. Determinar a distribuição do sistema radicular da cultura estudada nas camadas do solo;
- c. Determinar a produtividade de matéria seca da parte aérea da forrageira;
- d. Identificar relações entre a produtividade de matéria seca da parte aérea e a densidade de raízes da forrageira;
- e. Avaliar possíveis diferenças de qualidade e produtividade da forrageira.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum* Jacq.) cv. Mombaça

O gênero *Megathyrsus* (Syn. *Panicum*), pertence à família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae* e Tribo *Panicea*, e abriga várias plantas perenes ou anuais de diferentes hábitos de crescimento. As forrageiras desse gênero são originárias da África e nele estão incluídas cerca de 500 espécies presentes em países de clima quente, principalmente nas regiões tropicais, com inúmeras variedades para pastejo. Dentre elas, destaca-se a *Panicum maximum* (Jacq.) (Syn. *Megathyrsus maximus*) (JANK, 1995).

Várias espécies forrageiras do gênero *Megathyrsus* (Syn. *Panicum*) sofreram seleção (natural ou antrópica) para tolerar os hábitos de pastoreio de grandes animais. Por isso, tornaram-se mais produtivas, vigorosas e robustas (JANK; VALLE; RESENDE, 2011). Por terem origem tropical, pouco ou nenhum crescimento vegetativo é esperado quando as temperaturas estão abaixo de 15°C (MORENO et al., 2014).

Martuscello (2007) elucida que o primeiro cultivo de *M. maximus* (cv. Colonião) no Brasil foi introduzido pelos navios negreiros, que vieram da África. A espécie era utilizada como cama para os escravos. Todavia, Parsons (1972), atribui a Tomé de Souza a introdução desse tipo de capim no país, ainda no século XVI.

O capim-mombaça (*Megathyrsus maximus* cv. Mombaça) foi lançado em 1993 pela Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC), em Campo Grande, MS (JANK et al., 2009). Sua altura pode variar de acordo com o manejo empregado, e normalmente trabalha-se com altura de corte ou pastejo entre 80 e 120 cm (ALEXANDRINO; GOMIDE; GOMIDE, 2005; DIM et al., 2015; GOMIDE; GOMIDE; ALEXANDRINO, 2007; MORENO et al., 2014; SILVA et al., 2009; SIMONETTI; MARQUES; COSTA, 2016) e altura pós-corte (resíduo) de 20 a 50 cm (DIM et al., 2015; MORENO et al., 2014; SILVA et al., 2009; SIMONETTI; MARQUES; COSTA, 2016). Entretanto, pode atingir alturas superiores a 1,6 m quando há o estiolamento do colmo e dá-se início a produção de panículas.

Segundo Carnevalli (2003), o capim-mombaça é uma planta ereta e de crescimento cespitoso. Apresenta folhas quebradiças com largura média de três centímetros e sem cerosidade. As lâminas possuem poucos pelos. As bainhas são

glabras e os colmos levemente arroxeados. Ainda apresenta uma alta produtividade de forragem de $165,3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de matéria verde e $32,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de matéria foliar seca.

Quando o objetivo é a obtenção de sementes, normalmente cada planta produz de 5 a 10 panículas, com colheita predefinida em 38 dias após o início do florescimento (ALMEIDA et al., 2015).

A altura de corte influencia a produção e as características morfogênicas de genótipos de *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*) (BEDESCHI, 2016).

O capim Mombaça tem crescimento rápido, com taxa média de alongamento foliar de 1 a 2 cm perfilho⁻¹ dia⁻¹ (LUNA et al., 2012; SILVA et al., 2016), o que o qualifica para sistemas intensivos de produção de carne ou leite a pasto.

Segundo Herling (2006), a longevidade da pastagem depende da intensidade de pastejo e do período de ocupação da pastagem. O autor realizou um experimento sobre o tema e verificou que, na menor oferta de forragem testada, a longevidade dependeu da renovação da população de perfilhos, e as maiores ofertas de forragem estavam associadas à sobrevivência de perfilhos remanescentes.

A taxa de rebrote da planta, que ocorre após o corte, depende de três fatores: da intensidade, da frequência e dos aspectos edafoclimáticos. A altura do resíduo após o processo de desfolhação é um elemento crucial, uma vez que este pode modificar todos os aspectos morfofisiológicos da planta (BEDESCHI, 2016).

Sobre a taxa de senescência foliar, Santos, Balsalobre e Corsi (2004) detectaram que esta foi maior com 48 dias de intervalo de pastejo (praticamente nula entre maio e setembro). Sobre as características morfofisiológicas, os autores frisam que na região Centro-Sul do Brasil, o cultivar Mombaça deve ser cultivado com 28 dias entre cortes ou pastejos no período de outubro a maio, e com 48 dias entre maio e setembro. Também apontam que o cultivo de capim-Mombaça não pode ser orientado apenas pelos valores da taxa de acúmulo de matéria seca. Assim, é necessário fazer pesquisas sobre perdas de pastejo e efeitos de presença das hastes (colmos) na eficiência do pastejo, consumo e qualidade da forragem para que seja possível determinar a melhor forma de manejar o capim. Por fim, os autores destacam a importância do manejo, que proporciona rebrota vigorosa, favorece a perenidade do pasto e resulta em elevada produção de matéria seca de boa qualidade.

Costa et al (2018) investigaram as características de caráter morfogênico e estrutural da *Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia-1, atendo-se às intensidades do processo de desfolhação. Os autores investigaram o efeito das intensidades de desfolhação, definida com base na altura do resíduo (20, 30, 40 e 50 cm do solo) no processo de produção da forragem e nas características morfogênicas e estruturais da forrageira, nas condições ambientais dos cerrados do estado de Roraima. Os valores máximos foram registrados com alturas de resíduo entre 41 e 36 cm. Os autores apontam que a densidade populacional de perfilhos, a taxa de aparecimento das folhas e o número de folhas por perfilho foram inversamente proporcionais à intensidade de desfolhação, e o inverso ocorreu em relação ao comprimento médio das folhas e à taxa de senescência foliar. Concluíram que o aumento da intensidade de desfolhação causou a eliminação dos meristemas apicais e frisaram que o rigor da rebrota foi direta e negativamente relacionado à intensidade da desfolhação.

Homen et al. (2010) estudaram a produção de biomassa e o valor nutricional do capim-da-índia (*M. maximus* (Jacq.)) cv. "Gamelote" com seis idades de colheita (21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias) em diferentes períodos do ano, avaliando a altura das plantas (A), a matéria seca da biomassa (MSB), das folhas (H) e dos caules (T), a relação folha-caule (H:T), os teores de proteína bruta (PC), de fósforo (P) e de Cálcio (Ca) e a digestibilidade da matéria seca (DMS). Os autores constataram efeitos significativos do período do ano e da idade da planta sobre MSB, H e H:T, e observaram que, em períodos de alta pluviosidade, a MSB média na idade de 42 dias excedeu 5000 kg ha⁻¹ de MS. Sobre a razão H:T, e PC, constataram que são inversamente proporcionais ao intervalo entre cortes. Também relataram que o aumento do intervalo entre cortes reduziu os teores de P e Ca. Em relação à DMS, atestaram que esta diminuiu com o aumento da idade, variando entre 54 e 71%.

Pezzopane et al. (2012) investigaram a produção da matéria seca do capim-tanzânia em função de variáveis agrometeorológicas, em condições de sequeiro, em São Carlos, SP, tendo como objetivo o desenvolvimento e a validação de modelos de regressão linear em função dos aspectos agrometeorológicos. Os autores detectaram que as variáveis utilizadas podem ser usadas tanto em simulações quanto em modelos que visem prever a produção do capim-tanzânia.

Santos, Balsalobre e Corsi (2004) avaliaram as características morfogênicas e a taxa de acúmulo de forragem em pastos de capim-mombaça

submetidos a três intervalos de pastejo (28, 38 e 48 dias). Constataram que a taxa de alongamento das hastes e das folhas seguiu comportamento estacional, sendo mais elevada nos meses com maior temperatura e precipitação.

Por tais motivos, é difícil determinar a real necessidade hídrica do capim-mombaça. No entanto, considerando que nos experimentos irrigados não haja restrição hídrica, uma planta do tipo C_4 consome, em média, 350 g de água para produzir 1 g de matéria seca (VOLTOLINI et al., 2011). Com uma estimativa de produção de 40 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ seriam necessários 1400 mm de precipitação pluvial (3,84 mm/dia). Muniz et al. (2014) definiram uma evapotranspiração média de 3,93 ± 1,8 mm dia⁻¹ para capim Mombaça sob sistema de pastejo rotacionado no período outono/inverno, em Campos dos Goytacazes, RJ. Como há irregularidades nas chuvas, a produtividade das gramíneas forrageiras pode ser fortemente limitada pela disponibilidade hídrica.

A disponibilidade de água no sistema produtivo influencia o aumento do índice de área foliar (IAF), o alongamento foliar e a altura das plantas (LOPES et al., 2014). Há relatos de aumentos de produção de matéria seca em forrageiras tropicais irrigadas, da ordem de 41,6%, 45,7% e 52,1% para *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*) cv. BRS Piatã, *U. brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* (Syn. *Megathyrsus maximus*) cv. Mombaça, respectivamente (ANTONIEL et al., 2016; DUPAS et al., 2010).

2.2. Exigências nutricionais e produtividade de forragem

A falta de informações técnicas consistentes e confiáveis sobre as gramíneas forrageiras tropicais tem sido a causa de muitas recomendações práticas de manejo, frequentemente inadequadas e inconsistentes (RODRIGUES et al., 2012).

Lugão et al. (2003) frisam que a manutenção da fertilidade do solo é uma das condições mais relevantes que fomentam a continuidade do *P. maximum* (Syn. *Megathyrsus maximus*) nas pastagens, tendo como consequência os bons resultados na produção animal.

Uma das estratégias de manejo tem sido o desenvolvimento de forrageiras mais competitivas e adaptadas à fertilidade alta, como forma de mitigar os problemas causados pela prática da monocultura (BELIDO et al., 2016).

A adubação nitrogenada proporciona incremento na produtividade de forragem das pastagens de capim-mombaça, pois essa forrageira é considerada uma das mais produtivas e competitivas no cenário pecuário brasileiro (PIETROSKI; OLIVEIRA; CAIONE, 2015; BELIDO et al., 2016).

Um trabalho de pesquisa de Leite et al. (2019) teve como intuito analisar a eficácia dos insumos no que tange à melhoria da eficiência dos fertilizantes nitrogenados, que são muito importantes no cultivo das gramíneas em regiões tropicais. Neste trabalho foi avaliado o desempenho do capim-mombaça (*Megathyrsus maximus*) associado ao *Azospirillum brasilense* e à fertilização com nitrogênio (N). Sobre o número de perfilhos e a produção de raízes, os autores atestaram que a eficiência da inoculação variou em virtude das doses de N fornecidas. Contudo, a percentagem de N foliar foi maior no caso das plantas inoculadas, independentemente da dose de N aplicada; também verificaram que se obteve um aumento da produção de forragem de até 36% ao fazer uso da inoculação em conjunto com a adubação com N.

Ferreira et al (2018) analisaram as propriedades físicas do solo sob pastagem de capim-tanzânia adubada com N mineral, ou consorciada com estilosantes. Transcorridos três anos, constataram que o aumento da taxa de lotação animal decorrente do aumento da produção da forragem não afetou as condições físicas do solo. Sobre o consórcio da pastagem de capim-tanzânia com a leguminosa, detectaram que esta apresenta valores concernentes à capacidade de armazenamento da água e ar do solo próximos aos ideais. No segundo ano houve o decréscimo dos valores de resistência do solo à penetração, ficando abaixo do limite crítico de 2.500 kPa. Os resultados apontam que o capim-tanzânia pode ser uma alternativa de melhoria das condições do solo.

O capim-mombaça é exigente em fertilidade do solo e o fósforo (P) é o nutriente que mais limita sua produtividade. Respostas positivas à aplicação de P dependem da correção da acidez do solo e da adição de outros nutrientes como nitrogênio (N), potássio (K), enxofre (S) e micronutrientes (EUCLIDES, 2014).

As forrageiras do gênero *Megathyrsus* têm alta resposta a fósforo (P) e potássio (K). Santos et al. (2016) realizaram um experimento com capim-mombaça e aplicação de resíduo líquido de laticínio (RLL), com alta concentração de N (68-82 mg L⁻¹ de N), P (178-183 mg L⁻¹ de ortofosfato) e K (716-735 mg L⁻¹ de K), aplicando

doses de 10 a 400 m³ ha⁻¹ e comparando esses tratamentos à adubação convencional (fertilizante químico NPK). De modo geral, as maiores doses de RLL resultaram em maiores valores que o tratamento com fertilizante NPK na maioria dos parâmetros, exceto para a massa seca de material morto (MSMM – menor com RLL), altura de plantas (AP – praticamente sem diferença), número de perfilhos por planta (NP – menor número) e relação folha/colmo (F/C – menor valor). Os autores concluíram que o RLL substituiu cerca de 25% e 100% das adubações fosfatada e potássica, respectivamente.

Segundo Santos, Balsalobre e Corsi (2004), a análise de exigências nutricionais e produtividade deve ser associada a uma estimativa de densidade populacional de perfilhos. Frisam que sob condições adequadas de crescimento, o número de folhas que uma gramínea mantém por perfilho é relativamente constante, visto que o aparecimento da nova folha acaba por coincidir com a morte da mais velha. Desse modo, logo após uma desfolha severa (todas as folhas eliminadas), não há senescência e a taxa de acúmulo de forragem corresponde à assimilação líquida. Os autores concluíram que, depois de certo tempo, as primeiras folhas produzidas começam a morrer; porém, como possuem um tamanho menor, a taxa de crescimento permanece maior que a de senescência, e nessa fase a taxa líquida de acúmulo de forragem é máxima.

Para que seja possível maximizar a eficiência da utilização da forragem produzida, os autores enfatizam que é necessário conhecer o tempo de vida das folhas, bem como os intervalos da desfolha devem ser determinados para que a maior parte das folhas possa ser colhida ao menos uma vez.

2.3. Produtividade

Há uma necessidade premente de intensificação dos sistemas de produção de pastejo. Isso se dá em função da crescente restrição ao desbravamento de novas áreas, o que faz surgir a demanda por novos estudos capazes de avaliar as respostas das forrageiras aos fatores relacionados ao manejo intensivo, especificamente no que diz respeito ao incremento de biomassa e qualidade da forragem produzida.

Megathyrsus maximus é uma das espécies de plantas forrageiras mais importantes para a produção de bovinos nas regiões de clima tropical e subtropical.

O uso e o interesse por plantas pertencentes a esse gênero têm aumentado nos últimos anos, provavelmente em virtude de seu grande potencial de produtividade de forragem, ampla adaptabilidade, boa qualidade de forragem e facilidade de estabelecimento (MINGOTTE et al., 2011).

As cultivares de *Megathyrsus maximus* caracterizam-se pela alta produtividade, pelo elevado valor nutritivo e por sua aceitabilidade pelos animais (BEDESCHI, 2016). A fim de que tais características possam ser garantidas e preservadas, é necessário o fornecimento de condições ambientais adequadas, bem como o manejo correto das pastagens. O autor também afirma que os genótipos dessa espécie são os mais variados, são selecionados na Embrapa Gado de Corte e precisam ser avaliados a partir de distintas formas de manejo.

Trabalhos com o capim-mombaça apresentam respostas crescentes de produtividade de forragem (matéria seca da parte aérea, ou MSPA) em resposta ao N, com aumentos de 1000 a 1500 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹ (PIETROSKI; OLIVEIRA; CAIONE, 2015; SANTOS et al., 2016).

A taxa de alongamento de hastes e folhas da cultivar Mombaça segue um comportamento estacional, sendo mais elevada nos meses de maior temperatura e precipitação (SANTOS et al., 2004).

Várias pesquisas mostram que o capim Mombaça pode atingir produções superiores a 40 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Em um trabalho com Mombaça irrigado realizado por Müller et al. (2002) foi obtida uma produção média de matéria seca da parte aérea (MSPA) por ciclo de 5559,2 kg ha⁻¹, correspondentes a 114 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS, ou 41,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Em outro experimento irrigado e com duração de um ano, foram obtidos 42,7 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (SILVA et al., 2012). Mochel Filho et al. (2016) obtiveram, em 120 dias de experimento (de agosto a dezembro) produção de 16,98 Mg ha⁻¹ e acúmulo médio de forragem de 141,5 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS. Sanches (2017) realizou experimento de consumo de água com Mombaça irrigado e obteve produtividade de 59,3 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de MS, com a aplicação de 600 kg ha⁻¹ de N. Jesus (2020) realizou experimento de adubação nitrogenada e boratada com capim-mombaça e obteve produtividades mínima e máxima de 34,2 e 66,2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ com doses de 250 para 1000 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. A autora constatou aumento de 58% a 94% na produção de matéria seca da menor para a maior dose de N, de acordo com a dose de boro aplicada.

A capacidade de produção da pastagem está intimamente relacionada com a sua altura de desfolhação; em situações de alta intensidade de desfolhação, por exemplo, pode-se atingir elevadas taxas de crescimento da gramínea (BEDESCHI, 2016).

De acordo com Silveira (2006), a morfogênese tem como base o estudo acerca dos elementos morfogênicos relacionados com a estrutura do pasto, podendo ser representada pela taxa de aparecimento e senescência dos novos órgãos.

Atualmente o Brasil detém o maior rebanho bovino comercial e é o maior exportador de carne bovina do mundo. Como também é grande exportador de outros produtos agrícolas (soja, milho, algodão etc.), tem aumentado a competição pelo uso da terra. Assim, há necessidade de aumentar o potencial brasileiro de produção de forragem, visto que o sistema predominante de produção é baseado na alimentação de bovinos em pastagens, que são a forma mais barata para alimentação do gado.

Dupas et al. (2010) apontam que, entre todos os nutrientes, o nitrogênio é o que mais influencia, em termos quantitativos, o crescimento das pastagens estabelecidas, bem como é o segundo fator que mais limita o desenvolvimento de plantas forrageiras. Reiteram que o nitrogênio é um constituinte das proteínas que participam, de forma ativa, na síntese dos compostos orgânicos que compõem a estrutura vegetal e, assim, é responsável por determinar as características relacionadas ao tamanho das plantas (como o tamanho das folhas e do caule), à emergência e ao desenvolvimento do rebanho.

Os mesmos autores realizaram um estudo sobre o uso de nitrogênio e irrigação em capim Marandu, avaliando seu valor nutricional e afirmam que, mesmo durante a temporada de chuva, a correção da deficiência hídrica pode aumentar a produção de forragem de forma substancial, o que sugere um potencial para o uso das pastagens durante todo o ano, desde que as condições de fertilidade, temperatura e fotoperíodo durante o inverno não sejam limitantes. Concluíram que a escassez de água na estação seca acaba limitando a taxa de expansão foliar, o número de folhas por rebento e o número de rebentos.

Rodrigues et al. (2012) reiteram que a falta de informações técnicas consistentes e confiáveis sobre as gramíneas forrageiras tropicais tem desencadeado a proposição de recomendações acerca de práticas voltadas ao manejo que frequentemente são inadequadas e inconsistentes no que toca ao seu

padrão de crescimento e desenvolvimento, o que culmina na ineficiência do processo de colheita. Diante disso, a avaliação do padrão de crescimento e desenvolvimento das forrageiras tem importância estratégica, tanto para a caracterização do potencial de produção quanto para a definição do potencial de uso para produção animal, relacionado a um dado ecossistema. A compreensão dos processos morfofisiológicos e de sua interação com o ambiente é crucial ao entendimento dos mecanismos de funcionamento da planta forrageira a curto e longo prazo.

Lopes et al. (2014) frisam que a influência do fator idade de crescimento sobre a morfofisiologia das gramíneas forrageiras é ratificada em diversas pesquisas sobre produção de biomassa de forragem. Citam que os períodos de déficit hídrico refletem, imediatamente, nas características morfofisiológicas das forrageiras, o que afeta, diretamente, a produção de forragem nas pastagens, um reflexo, em grande parte, do efeito do déficit hídrico sobre o fechamento estomático, que, por consequência, afeta o processo fotossintético nas plantas.

Mombach et al. (2019) estudaram a produtividade do capim-mombaça e capim-marandu em relação à disponibilidade hídrica, determinando o coeficiente de resposta ao déficit hídrico (k_y). Para o capim mombaça, o k_y foi de 1,05, indicando sensibilidade de média a alta ao déficit hídrico. Ainda diz sobre a tolerância do capim-marandu ser maior do que o capim-mombaça em relação ao déficit hídrico, por conta do primeiro possuir um sistema radicular mais profundo do que o segundo.

Pietroski, Oliveira e Caione (2015), por sua vez, apontam que o cenário das pastagens brasileiras possui, aproximadamente, 80% de degradação comprovada. Dentre os principais fatores que motivaram a situação, tem-se a perda da fertilidade natural do solo. Os autores afirmam que, nesse cenário, destaca-se a deficiência de nitrogênio (N), visto que é um dos principais fatores limitantes da produtividade das pastagens. No caso de baixa disponibilidade do solo, tem-se uma queda acentuada na capacidade de suporte e ganho de peso animal. Os autores também frisam que mesmo nas pastagens de elevados níveis de produção, o manejo inadequado dos animais e a falta de reposição de nutrientes são aspectos que promovem a degradação das pastagens, comprometendo sua qualidade e produtividade.

Segundo Mello et.al. (2015), doses crescentes de nitrogênio causaram significativa produção de massa seca, tanto no período das águas quanto na seca,

porém diminuíram a eficiência de conversão de nitrogênio e a recuperação aparente do nitrogênio, ocasionando perdas de nitrogênio do ecossistema da pastagem para o ambiente. A dose média de nitrogênio que revelou maior eficiência de conversão da adubação pelo capim-mombaça foi de 307 kg ha⁻¹.

Pietroski, Oliveira e Caione (2015) citam que a adubação nitrogenada no capim-mombaça além de aumentar a produtividade, pode, também, melhorar a qualidade da pastagem, visto que incrementa o teor de proteína bruta (PB) e melhora a digestibilidade, reportando a importância do nutriente em questão para as plantas.

Por sua vez, Santos et al. (2016) frisam que a fertilização química ou orgânica atua como um dos fatores que fomentam a sustentabilidade das pastagens, abrindo-se espaço, portanto, para o uso de subprodutos da agroindústria. A partir disso, os autores determinaram o efeito da aplicação do resíduo de laticínio nas características agrônômicas do capim Mombaça com vistas a verificar o potencial de fornecimento de fósforo (P) e de potássio (K). Foram avaliadas seis doses de resíduo líquido de laticínio (correspondendo a 10, 50, 100, 150, 200 e 400 m³ ha⁻¹) em quatro ciclos produtivos, e, com isso, determinou-se os acúmulos de massa seca de forragem, de lâminas foliares, de colmos, de material morto, do índice da área foliar, do número de perfilhos basais, da relação folha/colmo a da altura das plantas. Os autores apontam que o aumento das doses promoveu o aumento geral dos índices produtivos da gramínea.

As gramíneas predominantes no Brasil são do tipo C4. As características que mais se destacam são a alta eficiência fotossintética e as elevadas taxas de crescimento. Todavia, Mochel Filho et al. (2016) aludem que, em razão dos aspectos climáticos nas regiões tropicais, as plantas forrageiras possuem uma estacionalidade acentuada que acaba refletindo na produção pecuária. Frisam que durante o período chuvoso, em virtude da alta disponibilidade de umidade e de um bom valor nutritivo, há um desempenho satisfatório dos animais. Contudo, na época de estiagem, tem-se, como consequência, a perda de peso do rebanho. Para os autores, a sazonalidade da forragem é um fenômeno comum na maior parte das espécies tropicais. É determinado pelas limitações de luz, disponibilidade de água e temperatura.

Com o intuito de mitigar os efeitos da disponibilidade de água durante períodos de estiagem ou veranicos, a aplicação de gesso, segundo Nuernberg et al. (2005) pode ser mais efetivo que o calcário na elevação dos teores de cálcio e na redução da saturação por alumínio na subsuperfície, aumentando o volume de solo explorado pelas raízes, permitindo às plantas tolerarem melhor as estiagens mais prolongadas ou veranicos, utilizando com maior eficiência os nutrientes aplicados ou os originários do solo.

Além da avaliação da produtividade, é importante avaliar outros parâmetros, principalmente no que tange ao consumo e digestibilidade da forrageira em estudo.

Dentre esses parâmetros, inclui-se FDN (fibra em detergente neutro) e FDA (fibra em detergente ácido), sendo a FDN mais relacionado aos carboidratos estruturais (celulose, hemicelulose e pectinas), o qual é mais utilizado por interferir no aproveitamento da dieta pelo animal, em que sua quantidade pode estimular ou inibir o consumo de alimento pelos ruminantes. O termo FDA refere-se a celulose, lignina, sílica e proteína, sendo utilizada para quantificar a hemicelulose por diferença da FDN. A fibra estimula a mastigação, serve como substrato aos microrganismos, contribui para manutenção dos padrões fermentativos e estabilidade do ambiente ruminal. Assim, a fibra na dieta de ruminantes quando não disponibilizada em quantidade e qualidade aos animais, pode comprometer o desempenho e interferir nas características dos seus produtos finais, além de causar distúrbios no metabolismo energético dos animais (ALVES, A. R. et al., 2016).

2.4. Gesso agrícola em pastagens

Atualmente sabe-se que o alumínio (Al) ocorre em diferentes formas no solo. De acordo com Kinraide (1991) citado por Echart e Molina (2001), o Al^{3+} é comprovadamente tóxico para determinadas espécies agrícolas. Vários trabalhos têm demonstrado que a inibição do crescimento da raiz é o sintoma mais visível da toxicidade do Al^{3+} em plantas, podendo conduzir à deficiência mineral e ao estresse hídrico (DEGENHARDT et al., 1998 citado por ECHART e MOLINA, 2001).

A redução do crescimento da parte aérea ocorre num momento posterior (RYAN; DITOMASO; KOCHIAN, 1993; JONES; KOCHIAN, 1995 citados por ECHART e MOLINA, 2001) e parece ser uma consequência dos danos que ocorrem na raiz (MATSUMOTO et al, 1976 apud ECHART e MOLINA, 2001).

De acordo com Maschietto (2009), a adição de gesso agrícola promove a redução da toxicidade do Al no solo pela formação de compostos menos tóxicos (AlSO_4^{4+}) e pela precipitação de Al^{3+} . Com a melhora do ambiente do solo, as raízes têm acesso a maior volume de água e nutrientes, o que pode resultar em maior produtividade.

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um subproduto, na forma de pó esbranquiçado, obtido durante o processo de produção de ácido fosfórico, utilizado para a fabricação de superfosfato triplo e dos fosfatos de amônio (MAP e DAP). Tem teores de 19% de cálcio e 15% de enxofre, na forma de sulfato de cálcio, um sal que se dissolve na água (SOUSA et al., 2001). O processo de obtenção do ácido fosfórico baseia-se na ação de um ácido, geralmente o sulfúrico, sobre rocha fosfática finamente moída, previamente purificada e concentrada (VITTI et al., 2008).

A aplicação de gesso na superfície do solo é feita com a finalidade de melhorar as condições químicas no subsolo, fazendo o que o calcário não é capaz de fazer com rapidez e eficiência, ou seja, colocar cálcio nas camadas mais profundas do solo. O gesso agrícola aplicado em superfície tem sido mais eficiente que o calcário incorporado em aumentar os teores de Ca no subsolo (CAIRES, FELDHAUS E BLUM, 2001); CAIRES et al., 2002). Isso favorece o crescimento radicular, resultando em exploração de maior volume de solo pelas raízes, deixando as plantas mais tolerantes a situações de déficit hídrico, e com maior capacidade de aproveitar os nutrientes provenientes do solo e dos fertilizantes, principalmente o N na forma de NO_3^- (VAN RAIJ *apud* PROCHNOW; CASARIN; STRIPP, 2010).

A melhor nutrição das plantas e a maior absorção de água, proporcionada pelo aprofundamento do sistema radicular, são de primordial importância nos cultivos agrícolas. Fageria (1998) realizou levantamento dos fatores que limitam a produtividade nos solos tropicais e concluiu que a deficiência hídrica e o estresse nutricional eram os principais limitantes.

A aplicação do gesso supre o solo com cálcio até as camadas mais profundas, ao se dissolver na água da chuva e/ou irrigação, infiltrando-se no solo. Dessa forma, ele favorece o aprofundamento das raízes e permite que as plantas superem períodos curtos de seca. Além da água, os nutrientes também são absorvidos com maior eficiência.

O estudo de Nahas, Delfino e Assis (1997) teve como objetivo investigar o impacto da aplicação do gesso agrícola e de uma fonte rica em enxofre sobre as características microbianas e bioquímicas de um latossolo vermelho escuro cultivado com repolho. Em relação à aplicação do gesso, os autores fizeram uso de 134, 268 e 402 kg de S/ha. Como resposta aos acréscimos crescentes de enxofre dispostos no solo, identificaram que houve um aumento no número total de bactérias; contudo, o número de bactérias Gram-negativas reduziu. Os resultados da pesquisa apontam que a produção de repolho foi superior ao controle e que as concentrações de enxofre foram observadas no solo e na parte aérea do repolho.

A partir disso, os mesmos pesquisadores verificaram se as doses crescentes de gesso agrícola são capazes de influenciar a produtividade do repolho cultivado em campo, com vistas a averiguar a população de grupos específicos de microrganismos, na biomassa e na atividade microbiana; determinaram, ao mesmo tempo, o teor de enxofre residual no solo e na planta de repolho. Concluiu-se que a aplicação das doses crescentes de enxofre, presente no gesso agrícola, fomentou o aumento do número de bactérias totais, a biomassa microbiana, as atividades de desidrogenase e de urease no solo e a própria produção vegetal.

Guedes et al. (2000) verificaram que a deficiência do enxofre reduz a síntese proteica e a produção de MSPA. Além disso, também favorece o acúmulo de compostos nitrogenados não proteicos, como os nitratos e as amidas, o que acaba diminuindo o valor biológico da proteína bruta da planta. Em relação ao gesso agrícola (fosfogesso), os autores entendem que se trata de uma rica fonte de enxofre comercial disponível em abundância no país, sendo que os principais esquemas de adubação sugerem o uso de 2000 kg ha⁻¹ de gesso (o que equivale a 340 kg ha⁻¹ de enxofre). É um valor alto quando comparado ao enxofre em pastagens de capim pangola.

Considerando este cenário, os mesmos autores concluem que, a aplicação do gesso agrícola fomenta o aumento da produção de matéria seca, entretanto, não há respostas satisfatórias em adubações com mais de 0,5 Mg ha⁻¹. Por último, afirmam que os níveis de enxofre, nitrogênio, cobre e nitrato na forrageira não são afetados pelos tratamentos, mas sim pela sua idade de corte. Assim sendo, a relação N:S, em todos os tratamentos e cortes, apontam para o fato de que os níveis de enxofre na forrageira supriram as demandas bovinas.

Custódio et al (2005) apontam que, cerca de 70% dos solos da região dos cerrados, possuem deficiência em enxofre, em diferentes intensidades. No caso das pastagens, a deficiência de enxofre é generalizada e, desse modo, além de reduzir a produção de matéria seca e a quantidade de perfilhos, tem-se um desbalanço nutricional. Nota-se que a deficiência em enxofre reduz a quantidade de nitrogênio, convertida à forma orgânica, o que resulta na restrição do crescimento da planta em razão da proporção de tais nutrientes nas proteínas.

Francisco, Bonfim-Silva e Teixeira (2017) frisam a aplicação de gesso agrícola (gessagem) como uma das práticas de manejo necessárias para o favorecimento do crescimento de gramíneas exigentes, promovendo a redução da saturação por alumínio no subsolo, bem como fornecendo enxofre às plantas a partir de sulfato (SO_4^{2-}). Concluem que, dessa forma, haverá uma maior probabilidade de resposta ao gesso quando o teor de Ca no solo for menor que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ou quando a saturação por Al for maior que 20%.

Mesquita et al. (2002) relatam que quando se faz uso do gesso, o parcelamento da adubação, sobretudo a potássica, minimiza as perdas de K por lixiviação. Em forrageiras exigentes de fósforo, a aplicação de calcário dolomítico, P e gesso fomenta o aumento na produção de MSPA e, por consequência, tem-se a redução das concentrações de P na parte aérea. Isso pode ser explicado pela diluição do P no material vegetal. Os autores também identificaram que a aplicação do gesso agrícola em pastagens consorciadas pode impulsionar as concentrações de S em gramíneas tropicais e que a aplicação do calcário, com vistas a elevar V a 50% mais $1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ de gesso, aumentam as concentrações de S na MSPA, em relação ao uso exclusivo da calagem.

Segundo os mesmos autores, a aplicação do gesso pode manter a relação N:S próxima do que é considerado como adequado à síntese de proteína, o que melhora o valor nutritivo da gramínea. Assim sendo, o gesso, que fornece enxofre e supre, ainda, cálcio ao sistema solo-planta, o que acaba por elevar as concentrações do elemento na MS das forrageiras. Tal situação decorre, na visão dos autores, do enraizamento profundo propiciado pelo gesso e calcário, o que acaba fomentando uma maior absorção de Ca e S nas camadas mais profundas.

O gesso agrícola acaba se tornando vantajoso por propiciar o aumento do crescimento radicular, tendo-se, como consequência, uma maior absorção de água e

nutrientes, bem como uma produção maior e com mais qualidade, dentre outros benefícios.

Diante disso, Pedroso e Silva (2019) realizaram um experimento cujo objetivo foi avaliar a produção e a qualidade de quatro cultivares forrageiras submetidas a quatro doses de gesso agrícola. Foi constatado que o gesso fomentou o aumento na produção de matéria seca de raízes de 30 a 40 cm. Também observam que a cada tonelada de gesso aplicada ao solo, houve um aumento de 100 kg ha⁻¹ na matéria seca de raízes na camada em questão. Os autores concluíram que o processo de gessagem propiciou um aumento no número de perfilhos e no teor da proteína bruta, assim como houve baixas nos teores de FDN e FDA de forma linear. O gesso agrícola fomentou um aumento no desenvolvimento radicular das forrageiras levadas em consideração pelo experimento. Devido à tal situação, obteve-se um significativo aumento no que toca à absorção de nutrientes e, ainda, houve uma melhoria substancial na qualidade nutricional da forrageira em questão.

Conforme Rosa Junior et al. (2006), o gesso agrícola não é capaz de alterar o pH e, desse modo, não aumenta a capacidade de troca de cátions nos solos. Como opção, sugerem o seu uso como condicionador do solo, uma vez que o uso do gesso aumentou o número de agregados estáveis na água maiores do que 1,0 mm de diâmetro. Doses elevadas de gesso nos solos que dispõem de uma camada subsuperficial compactada propiciaram um efeito flocculante no solo. Em solos compactados, o aumento das doses de gesso resultou em redução significativa nos valores de algumas características do solo, entre eles a densidade global.

Por outro lado, Sousa et al. (2001) destacam que o uso do calcário é uma alternativa positiva para corrigir a deficiência de cálcio e magnésio; contudo, apontam que a calagem não é capaz de corrigir tais deficiências na subsuperfície (a camada abaixo daquela na qual o calcário foi incorporado) em um período razoável para evitar o risco de perda de produtividade por causa dos veranicos, que são frequentes na região do Cerrado. A aplicação do gesso agrícola supre o solo com cálcio e enxofre até camadas mais profundas; ao ser dissolvido com o auxílio da chuva, infiltra-se no solo e propicia o aprofundamento das raízes, fazendo com que as plantas superem os veranicos, resolvendo o problema da deficiência de cálcio,

forneendo enxofre e reduzindo a saturação por alumínio. Tal situação agrega ganhos positivos à produtividade das pastagens.

Segundo os autores, a movimentação dos cátions para a subsuperfície, elevam o teor de cálcio e de magnésio, e reduzem a toxicidade do alumínio, melhorando o ambiente do solo e o desenvolvimento das raízes. Tais efeitos manifestam-se no mesmo ano em que o gesso foi aplicado. Com a aplicação criteriosa do gesso, a partir das doses recomendadas para cada solo, não é comum observar-se a movimentação de potássio e magnésio no perfil do solo em quantidades que podem fomentar certos problemas, como a perda de nutrientes.

Soratto e Crusciol (2008) realizaram um trabalho de pesquisa cujo objetivo foi implantar o sistema de plantio direto em áreas já cultivadas sob sistema convencional ou em áreas de pastagem. Para os autores, o gesso atua como uma alternativa para redução da atividade do Al^{3+} e para que haja um aumento na saturação por bases (V) (principalmente de Ca^{2+}) nas camadas do solo. O sistema foi implementado em uma região que conta com um inverno seco. Os autores concluíram que a aplicação do gesso agrícola aumentou os teores de Ca trocável e $S-SO_4^{2-}$, e diminuiu os teores de Al no solo. Tal situação contribuiu para que os efeitos da calagem superficial nas características químicas do solo adentrassem mais rapidamente nas camadas do subsolo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local e época

O experimento foi conduzido em uma área de pastejo rotacionado para gado de leite na fazenda experimental da Faculdade Doutor Francisco Maeda – FAFRAM, no município de Ituverava, SP, localizada em latitude 20°20'31" S, longitude 47°46'07" W e altitude de 619 m, no período de novembro de 2017 a abril de 2021.

3.2. Clima

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é Aw, tropical com verão úmido e inverno seco e média de temperaturas mínimas superior a 18°C no mês mais frio. A temperatura média anual é de 22,8°C e a precipitação média anual é de 1569,3 mm (CARRER e GARCIA, 2007).

Os dados referentes às condições climáticas durante o período experimental foram obtidos na estação meteorológica da FAFRAM, situada dentro da área experimental (Figura 1).

Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas mínima, média e máxima (°C) no período de novembro de 2017 a abril de 2021.

3.3. Espécie forrageira e Área experimental

A forrageira utilizada foi *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*) cv. Mombaça, implantada em 1996 em uma área total de 3,14 ha, dividida em 10 piquetes, conforme croqui apresentado na Figura 2.

PIQUETE 6 ÁREA = 0,25 ha	PIQUETE 5 ÁREA = 0,35 ha
PIQUETE 7 ÁREA = 0,32 ha	PIQUETE 4 ÁREA = 0,28 ha
PIQUETE 8 ÁREA = 0,31 ha	PIQUETE 3 ÁREA = 0,35 ha
PIQUETE 9 ÁREA = 0,31 ha	PIQUETE 2 ÁREA = 0,32 ha
PIQUETE 10 ÁREA = 0,30 ha	PIQUETE 1 ÁREA = 0,32 ha

Figura 2. Croqui da área experimental

3.4. Solo

3.4.1. Classificação

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Acriférico, em relevo plano e suave ondulado (EMBRAPA, 2018).

3.4.2. Adubação

Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, as quais foram analisadas quanto às suas características químicas, no Laboratório de Solos

da FAFRAM (Tabela 1).

Tabela 1. Análise do solo, para adubação de correção dos piquetes

	pH	P	S-SO ₄	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	CTC
	CaCl ₂	----- mg dm ⁻³ -----								
P1	4,4	32	140	0,43	1,9	0,5	0,5	7,2	2,8	10
P2	4,4	13	118	0,26	1,5	0,6	0,2	5,5	2,4	7,9
P3	5,1	30	21	0,28	3,3	0,9	0,1	3,8	4,5	8,3
P4	4,5	34	73	0,13	1,3	0,5	0,2	5,5	1,9	7,4
P5	4,2	21	61	0,10	1,1	0,3	0,5	6,4	1,5	7,9
P6	4,0	17	133	0,09	0,6	0,2	0,7	6,4	0,9	7,3
P7	4,7	28	25	0,10	2,0	0,4	0,1	4,5	2,5	7,0
P8	4,4	22	70	0,25	1,4	0,4	0,3	6,4	2,1	8,5
P9	5,0	24	39	0,28	2,8	0,9	0,1	4,0	4,0	8,0
P10	4,7	20	79	0,12	1,8	0,4	0,1	4,7	2,3	7,0
	m	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Areia	Silte
	----- % -----				mg dm ⁻³			----- g kg ⁻¹ -----		
P1	5,0	28,2	0,38	4,7	60	6,5	1,5	584	149	267
P2	2,5	30,0	0,26	3,5	36	6,1	0,5	558	133	269
P3	1,2	54,1	0,26	3,5	32	5,6	0,4	550	156	284
P4	2,7	26,0	0,38	2,9	37	5,5	0,5	547	145	278
P5	6,3	19,0	0,53	2,5	86	2,9	3,0	531	372	267
P6	9,6	12,2	0,33	3,0	33	4,0	0,5	587	173	240
P7	1,4	35,7	0,30	3,0	34	3,6	0,6	570	176	254
P8	3,6	24,3	0,33	3,9	34	5,9	2,0	557	177	266
P9	1,3	49,9	0,30	2,3	24	6,2	0,5	522	229	249
P10	1,4	33,0	0,38	2,5	31	8,1	0,4	563	204	233

Em que: Ca, Mg e Al: extraídos com KCl 1mol L⁻¹; P e K: extraídos com Mehlich-1; H+Al: método SMP;

Foram realizadas duas adubações de correção em cada piquete visando à alta fertilidade do solo. A adubação fosfatada e potássica foi realizada de acordo com a análise de solo, conforme recomendação de Van Raij (1997) e está apresentada nas tabelas 2 e 3. A adubação nitrogenada foi realizada após cada ciclo de pastejo. A quantidade de nitrogênio aplicada em cada piquete foi de 100 kg ha⁻¹ durante primavera/verão e 50 kg ha⁻¹ durante outono/inverno, sempre após a saída do rebanho. As adubações de correção foram realizadas em 2 de fevereiro de 2018 e 4 de setembro de 2019, com aplicação a lanço com implemento de distribuição pendular.

Tabela 2. Recomendação de adubação (kg ha⁻¹) para aplicação de 2 de fevereiro de 2018

Piquete	Calcário	SS	KCI	FTE BR-12
P1	7420	400	170	55
P2	5610	1350	317	55
P3	3063	500	320	55
P4	5733	300	577	55
P5	6887	950	703	55
P6	7060	1150	653	55
P7	4430	600	597	55
P8	6730	900	410	55
P9	3433	800	283	55
P10	4710	1000	550	55

Tabela 3. Recomendação de adubação (kg ha⁻¹) para aplicação em 4 de setembro de 2019

Piquete	Calcário	SS	KCI	FTE BR-12
P1	3406	650	533	55
P2	3380	1550	450	55
P3	2950	1500	427	55
P4	4406	1350	472	55
P5	6379	1750	627	55
P6	3380	1450	450	55
P7	3663	750	546	55
P8	3924	1050	460	55
P9	3519	1550	366	55
P10	2513	1450	382	55

3.5. Tratamentos

Com o propósito de se obter mais dados de coletas, cada tratamento foi aplicado em dois (02) piquetes da pastagem. Os tratamentos são apresentados na Tabela 4. Além da testemunha (T1 – sem gesso), foram aplicados quatro (04) tratamentos de doses de gesso, baseados na dosagem padrão (Tratamento T2), que foi calculada segundo a fórmula descrita por Sousa et al. (2001):

$$NG = 50 \times \text{teor de argila (\%)} \quad (1)$$

As aplicações de gesso foram feitas em 9 de fevereiro de 2018 e 6 de setembro de 2019, com implemento de distribuição de discos, a lanço, sem mistura com outro tipo de corretivo.

Tabela 4. Tratamentos de doses de gesso agrícola, aplicados no experimento

TRATAMENTO	DOSES (Mg ha ⁻¹)	PIQUETES
1	0	1 e 6
2	2,75	2 e 7
3	5,50	3 e 8
4	8,25	4 e 9
5	11,00	5 e 10

3.6. Manejo da pastagem

O método de pastejo empregado foi o rotacionado. O intervalo entre pastejos variou de acordo com a estação do ano e a correspondente capacidade produtiva da forrageira. No período de primavera/verão, o tempo de pastejo de cada piquete foi de 3 dias; no período outono/inverno, variou de 5 a 7 dias. No período de 2 de agosto a 22 de novembro de 2020 não houve pastejo devido à baixa oferta de forragem decorrente do longo período de estiagem.

3.7. Avaliações realizadas

3.7.1. Avaliação de raízes

Foram realizadas seis coletas de raízes com intervalos de aproximadamente seis meses entre elas (vide Tabela 5). Foram feitas trincheiras com o auxílio de uma máquina retroescavadeira, em posições definidas ao acaso em cada piquete, com profundidade de 1,5 m e largura de 1,2 m (Figura 3). Com a finalidade de realizar comparações, a primeira coleta de amostras de raízes foi realizada antes da primeira aplicação dos tratamentos (fevereiro de 2018). A partir daí houve a sequência: (a) primeira aplicação de tratamentos de gessagem (fevereiro/2018); (b) segunda coleta de raízes (janeiro/2019); (c) segunda aplicação de tratamentos de gessagem (setembro/2019); e (d) terceira coleta de raízes (setembro de 2019). Também houve três coletas após a terceira (Tabela 5).

Tabela 5. Calendário de coletas de raízes

Coleta	Período
1 ^a	jan/18
2 ^a	jan/19
3 ^a	jul/19
4 ^a	jan/20
5 ^a	jul/20
6 ^a	mar/21

Figura 3. Abertura das trincheiras – Fonte: Autor

As coletas de amostras de solo foram feitas com o auxílio de um trado modificado (Figura 4), de chapa de ferro e boca quadrada, em formato cúbico, com aresta de 10 cm e volume de 1000 cm³. Foram realizadas coletas de solo a cada 10 cm de profundidade (Figura 5), até a profundidade de 100 cm, com três repetições por trincheira.

Figura 4. Trado modificado, de formato cúbico com aresta de 10 cm (vol. = 1000 cm³) – Fonte: Autor

Figura 5. Coletas realizadas a cada 10 centímetros de profundidade – Fonte: Autor

Após a coleta, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos transparentes, devidamente identificadas e levadas ao laboratório de análise de solos da FAFRAM. Para a separação das raízes com o solo e outros materiais, foi utilizado um conjunto de duas peneiras sobrepostas, a superior com malha de 2 mm e a inferior com malha de 1mm. As amostras foram desintegradas por meio de agitação sobre água, com retenção das raízes nas malhas das peneiras. Após a separação, as raízes foram secadas em papel jornal, conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6. Amostras sendo lavadas e secas para separar solo de raízes – Fonte: Autor

Feito o procedimento de lavagem e separação das raízes, elas foram acondicionadas em envelopes de papel kraft, identificados e levados para a estufa de ventilação forçada a uma temperatura constante de 65°C durante 72h, atingindo peso constante.

Finalizando o período de secagem em estufa, as amostras foram pesadas em balanças de precisão do laboratório.

3.7.2. Avaliação da parte aérea

A avaliação da parte aérea foi realizada durante o período de 01/04/2020 até 20/04/2021, conforme Tabela 6.

Tabela 6. Programação de coletas da parte aérea

COLETA	PERÍODO
1	01/04/2020 - 28/04/2020
2	01/05/2020 - 10/06/2020
3	16/06/2020 - 01/08/2020
4	23/11/2020 - 20/12/2020
5	23/12/2020 - 20/01/2021
6	23/01/2021 - 19/02/2021
7	22/02/2021 - 21/03/2021
8	24/03/2021 - 20/04/2021

O início das medições, coletas das amostras e controle de entrada e saída dos animais nos piquetes, foram iniciadas, com o auxílio da régua de manejo (Figura 7), após a forrageira atingir a altura mínima de corte (85 cm) segundo descrito por Costa e Queiroz (2017). A régua de manejo é um instrumento simples baseado na altura (cm) como orientação de manejo, foi desenvolvida para uso com as forrageiras tropicais lançadas pela Embrapa Gado de Corte.

Os cortes foram realizados antes da entrada dos animais, através do lançamento de um gabarito quadrado de ferro (Figura 8), com dimensões de 1,0 x 1,0 m e área de 1 m², ao acaso, dentro do piquete. Coletava-se toda a matéria verde que estava inserida na área do gabarito, com o auxílio de um tesourão, até a altura de saída de 45 cm de acordo com Costa e Queiroz (2017), novamente com o auxílio da régua de manejo (Figura 8). Tal procedimento foi realizado mais duas vezes, totalizando 3 amostras por piquete e 6 amostras por tratamento.

Figura 7. Régua para manejo de pastagem EMBRAPA - Desmontável

Figura 8. Esquema do gabarito e forma de coleta das amostras da parte aérea – Fonte: Autor

Após o corte, reunia-se toda matéria verde em feixe, que era amarrado com um fitilho para posterior pesagem com uma balança de mão (Figura 9).

Figura 9. Pesagem da matéria verde coletada na área do gabarito – Fonte: Autor

Após a pesagem, separava-se uma porção da amostra, fracionando a matéria verde em pedaços menores, acondicionando-os em sacos plásticos transparentes identificados e encaminhando-os ao laboratório de análises da FAFRAM para a determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e dos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA).

Como a amostragem foi feita com quadrado amostrador com área de 1 m^2 , os valores de MSPA obtidos foram extrapolados para 10.000 m^2 (área de 1 ha), resultando na produtividade de matéria seca de forragem (MSPA, Mg ha^{-1}).

3.8. Análises estatísticas

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo software SAS e nos casos de significância do teste F ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para detecção de diferenças entre os tratamentos.

Para as variáveis MSR e MSPA realizou-se também a análise de regressão polinomial para detecção da dose de gesso que levava à maximização de seus valores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Raízes

De um total de seis coletas realizadas em intervalos de aproximadamente seis meses (Tabela 7), pode-se observar, comparando-se as médias geral do peso da matéria seca das raízes em cada coleta, que os tratamentos começaram a surtir efeito no desenvolvimento das raízes após a coleta 3, realizada em julho de 2019 (em torno de um ano e meio depois da primeira aplicação de gesso – fevereiro de 2018).

Tabela 7. Médias do peso (g dm^{-3} de solo) de matéria seca de raízes nas coletas nas camadas de 0 a 100 cm, realizadas no período de janeiro de 2018 a março de 2021

Tratamento	Coletas						ns = não significativo
	1 (jan/18)	2 (jan/19)	3 (jul/19)	4 (jan/20)	5 (jun/20)	6 (mar/21)	
T1	0,30 ns	0,22 ns	0,49 c	0,52 c	0,39 c	0,55 c	MDS = Mínima Diferença Significativa pelo Teste de Tukey ao
T2	0,25 ns	0,35 ns	0,71 b	0,73 b	0,70 b	0,63 b	
T3	0,28 ns	0,32 ns	1,74 a	1,76 a	1,73 a	1,77 a	
T4	0,31 ns	0,24 ns	1,71 a	1,74 a	1,70 a	1,75 a	
T5	0,28 ns	0,29 ns	1,83 a	1,80 a	1,92 a	1,76 a	
CV (%)	29,82	80,3	30,02	27,1	29,82	29,34	

nível de 5% de probabilidade.

As médias acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si.

A partir da coleta 3, o aumento do peso da matéria seca das raízes se manteve até a última coleta do mês de março de 2021. Os tratamentos com doses de gesso superiores à dose padrão (T3, T4 e T5) apresentaram maior desenvolvimento de raízes em comparação com a testemunha (T1) e com a dose padrão (T2).

A neutralização do alumínio tóxico, a movimentação de nutrientes catiônicos, decorrentes de interações químicas com o gesso, para camadas mais profundas do solo e a oferta de cálcio e enxofre pelo gesso, promovem condições bastante favoráveis ao desenvolvimento das raízes em camadas mais profundas do solo,

corroborando com os dados obtidos por Caires et al. (2004), que observou uma melhora dos teores de Ca e $S-SO_4^{2-}$ trabalhando com milho.

Na Tabela 8 estão apresentadas as análises de solo no início (antes da aplicação dos tratamentos) e no final do experimento. A análise desses dados demonstra que o teor do potássio aumentou consideravelmente nos piquetes 1 e 6 (tratamento T1), enquanto nos demais piquetes este teor se manteve ou apresentou queda ao longo da condução do experimento. Tal fato possivelmente ocorreu por conta da movimentação de potássio nas camadas superficiais devido à formação de pares iônicos $K_2SO_4^0$. Este fato também foi verificado nos trabalhos de Rampim et al. (2011). O gesso é um composto que contém cálcio (Ca) e pode deslocar o potássio (K) de seus sítios de adsorção na argila do solo, e este pode ser lixiviado pela água de irrigação ou de precipitação pluvial (CUSTÓDIO et al, 2005).

Tabela 8. Análise de solo inicial e final do experimento (camada 0-20 cm)

	K ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Al ³⁺		CTC	
	----- cmolc dm ⁻³ -----									
	início	final	início	final	início	final	início	final	início	final
P1	0,08	0,22	1,7	8,2	0,7	2,8	0,5	0,50	6,1	14,6
P2	0,07	0,08	1,2	4,7	0,5	1,5	0,2	0,10	7,9	11,0
P3	0,28	0,21	3,3	5,1	0,9	1,3	0,1	0,05	8,3	10,4
P4	0,13	0,11	1,3	60,	0,5	1,6	0,2	0,10	7,4	11,5
P5	0,10	0,16	1,1	3,6	0,3	0,9	0,5	0,20	7,9	9,4
P6	0,09	0,17	0,6	5,5	0,2	2,5	0,7	0,60	7,3	10,7
P7	0,10	0,11	2,0	3,8	0,4	1,6	0,1	0,05	7,0	8,8
P8	0,25	0,09	1,4	3,5	0,4	1,0	0,3	0,10	8,5	8,4
P9	0,28	0,01	2,8	6,2	0,9	3,1	0,1	0,05	8,0	12,8
P10	0,12	0,08	1,8	3,5	0,4	0,9	0,1	0,05	7,0	7,6

Ainda na mesma tabela, os teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) aumentaram em todos os tratamentos, porém ocorrendo de forma proporcionalmente maior nos piquetes da testemunha. Deve-se ponderar que foram usadas outras fontes de Cálcio além do gesso nesse experimento, como Calcário e Superfosfato simples. Apesar disso, observa-se que o tratamento T1 não proporcionou aumento no peso seco das raízes, talvez devido ao fato desses elementos terem se acumulado apenas nas camadas superficiais do solo. Contudo nos demais tratamentos, estes elementos provavelmente atingiram camadas

inferiores. Em solos de cerrado que receberam calcário, e com acidez superficial corrigida, ao se aplicar gesso, após sua dissolução, o sulfato movimenta-se para camadas inferiores acompanhado por cátions, especialmente o cálcio. Com a movimentação de cátions para a subsuperfície, o teor de cálcio e de magnésio aumenta e a toxidez de alumínio reduz (SOUSA et al. 2001).

Em relação ao alumínio (Al), nota-se a diminuição do seu teor na CTC do solo em todos os tratamentos. Na testemunha, tal fato se deve somente à elevação da CTC, enquanto nos demais tratamentos a menor concentração de alumínio ocorreu devido à elevação da CTC e à redução de sua concentração no solo devido à gessagem. Segundo Santos et al. 2013, a aplicação de gesso no cultivo de capim Cameroon promoveu a redução do teor e da saturação por alumínio.

A aplicação de gesso ao solo contribuiu efetivamente para o aprofundamento das raízes do capim-mombaça, com maior distribuição nas camadas mais profundas (60-100cm) após a Coleta 3. A partir da Coleta 4 houve diferença estatística de todos os tratamentos em relação à testemunha (T1), contudo não houve diferenças significativas entre T3 (2 x a dose de gesso), T4 (3 x a dose de gesso) e T 5 (4 x a dose de gesso).

Na Figura 10, é possível verificar que entre os tratamentos testados, a dose ideal de gesso para o tipo de solo estudado foi de 2 vezes a dosagem padrão (T3, 5,5 Mg ha⁻¹). Economicamente seria a dose mais vantajosa, já que estatisticamente obteve resultados semelhantes aos demais tratamentos T4 e T5.

Na Figura 11 pode-se verificar graficamente o desenvolvimento radicular na camada 60–100cm de solo. Observa-se um comportamento semelhante do crescimento das raízes até a data da Coleta 2; a partir de então, os resultados passam a diferir entre si, com a testemunha (T1) apresentando a menor porcentagem de raízes nessa camada (10%), seguida pelos tratamentos T3, T2, T4 e T5. O maior desenvolvimento de raízes ocorreu em T4, com 26% de todas as raízes localizadas na camada inferior (60-100 cm).

Figura 10. Média do peso (g/dm³) de Massa Seca de Raízes (MSR) nas coletas de 0-100 cm, realizadas no período de janeiro de 2018 a março de 2021

Figura 11. Verificação do aprofundamento radicular do capim-mombaça na camada 60-100 por meio da porcentagem de raízes encontradas nessa camada, de acordo com os tratamentos, durante o período de janeiro de 2018 a março de 2021

Apesar de o tratamento T4 ter resultado no maior aprofundamento de raízes no perfil do solo, a MSR não diferiu estatisticamente dos tratamentos T3 e T5. Seguindo o critério econômico, isso mantém o tratamento T3 como melhor opção.

Quanto mais profundo for o desenvolvimento das raízes no perfil do solo, maiores serão as disponibilidades de água e nutrientes à cultura, e menores os impactos do déficit hídrico em períodos de veranicos. Segundo Sousa et al (1995), além da água, os nutrientes também são absorvidos com maior eficiência, desde os mais móveis como o nitrogênio (N) até os de menor mobilidade no solo, como o fósforo (P).

Na Figura 12 encontra-se o gráfico com a análise de regressão polinomial para as médias de massa seca de raízes (MSR) em função da dose de gesso agrícola obtidas ao longo do experimento.

Figura 12. Médias de massa seca de raízes (MSR, g dm⁻³ de solo) durante o experimento

A partir da análise de regressão do gráfico, obteve-se a seguinte equação e o seguinte coeficiente R²:

$$MSR = -0,0092 x^2 + 0,1901 x + 0,3407 \quad (R^2 = 0,8642)$$

Em que,

MSR – massa seca de raízes, g dm⁻³ de solo

x – dose de gesso, Mg ha⁻¹

Utilizando-se a derivada da equação e igualando-a a zero, obteve-se a dosagem de 10,33 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola para atingir o máximo desenvolvimento radicular.

$$\frac{dMSR}{dx} = -0,0184 x + 0,1901$$

$$-0,0184 x + 0,1901 = 0 \quad \Rightarrow \quad x = 10,33$$

Diante do resultado obtido com a regressão polinomial, pode-se afirmar que a distribuição do sistema radicular do capim-mombaça foi beneficiada pelas mais altas doses de gesso aplicadas, que são muito superiores à recomendação padrão utilizada no tratamento T2 (T2 = 50 x %argila). Entretanto, altas doses de gesso podem causar a lixiviação de cátions, tais como o potássio, e o resultado pode mudar a longo prazo. Portanto, é importante conduzir experimentos de longo prazo para verificar os resultados obtidos e estabelecer recomendações de manejo da gessagem adequadas à sustentabilidade da produção de forragem.

4.2. Produtividade de forragem

Após a coleta dos dados disponibilizados pelo Laboratório de Análises da FAFRAM, os resultados referentes à parte aérea da cultura são demonstrados a partir da análise das amostras coletadas a campo durante o período de um ano.

A partir da soma de todas as coletas da parte aérea, temos a produtividade do capim-mombaça para cada tratamento, multiplicando-se a soma por 10.000, já que a área de amostragem era de 1m².

Os dados da Tabela 9, mostram que houve a ocorrência de algum fator limitante ao desenvolvimento da planta, já que a parcela da testemunha teve a menor produtividade anual de forragem de cerca de 40% em relação à média nacional.

Todos os tratamentos com gesso, aumentaram o peso de massa seca, diferindo estatisticamente da testemunha.

Tabela 9. Produção de forragem do capim-mombaça de acordo com os tratamentos

Tratamento	MFPA ¹	MSPA ²	Incremento ³
------------	-------------------	-------------------	-------------------------

	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹		
T1 (testemunha)	91,9 c	19,76 c	---
T2 (1x a dose*)	138,9 b	30,68 b	55%
T3 (2x a dose)	153,8 ab	33,04 ab	67%
T4 (3x a dose)	182,9 a	39,62 a	100%
T5 (4x a dose)	146,1 ab	33,13 ab	67%

* Dose recomendada segundo SOUSA et al. (2001) eq. (1).

¹ MFPA: massa fresca da parte aérea

² MSPA: massa seca da parte aérea

³ Aumento de produtividade em relação à testemunha (T1)

O tratamento T2 resultou em um incremento de 55% de produtividade de MSPA em relação à testemunha (T1), atingindo média próxima da produtividade nacional do capim-mombaça em sistemas de sequeiro. O tratamento T4 dobrou a produtividade em relação a T1.

Sales e Valentim (2002) citam que a média de produtividade do capim-mombaça é de 33 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, próxima às obtidas com os tratamentos T3 e T5. A reposta à aplicação de gesso foi similar à obtida por Santos et al (2013) em experimento com o capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv. Cameroon, apresentou incremento na produção de massa seca em resposta à gessagem, alcançando 33 Mg ha⁻¹.

Com base nos resultados do presente experimento, observa-se que o uso de gesso agrícola foi essencial para obter resultados de produtividade próximos ou superiores aos citados na literatura. Na análise qualitativa, os melhores resultados foram alcançados com a dose de 8,25 Mg ha⁻¹ do tratamento T4, (Tabela 9). Contudo, o tratamento T4 não diferiu dos tratamentos T3 e T5. Portanto, sob o ponto de vista econômico, T3 seria a dose recomendável em termos de MSPA.

Os resultados de massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA, Mg ha⁻¹), e de percentagem de matéria seca (MS, %) serão apresentados e discutidos detalhadamente a seguir, nos itens 5.2.1 a 5.2.3.

4.2.1. Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA)

Na Tabela 10, estão apresentados os resultados da avaliação da produtividade da massa fresca da parte aérea (MFPA, kg m⁻²) do capim-mombaça a cada coleta de forragem. Considerando os dados da última coleta, verifica-se que a

massa fresca da parte aérea (MFPA) da testemunha diferiu dos tratamentos T3, T4 e T5, demonstrando que a adição de gesso aumentou a quantidade de raízes e foi importante para promover o maior desenvolvimento da planta. Os tratamentos T3 (2x a dose padrão de gesso) e o T5 (4x a dose) não diferiram entre si, nem de T2 e T4, ou seja, diferiram apenas da Testemunha (T1).

Tabela 10. Resultados da massa fresca da parte aérea (MFPA, kg m⁻²) em relação aos tratamentos e

Tratamento	Coleta							
	1	2	3	4	5	6	7	8
T1	1,96b	1,17c	0,29a	0,85a	1,18b	1,47d	1,27c	0,99d
T2	2,79ab	2,09ab	0,36a	1,46a	2,18a	2,10c	1,65bc	1,22cd
T3	2,86ab	1,73bc	0,38a	1,38a	2,13a	2,73ab	2,28ab	1,85ab
T4	3,54a	2,77a	0,51a	1,45a	2,26a	2,86a	2,76 ^a	2,11a
T5	2,90ab	1,93abc	0,35a	1,33a	2,21a	2,32bc	1,94abc	1,60bc
CV (%)	27,55	25,81	61,47	36,37	28,14	12,54	27,43	15,34

e cada coleta de forragem

T1: testemunha (sem gesso); T2: dose padrão; T3: 2x a dose T2; T4: 3x a dose T2; T5: 4x a dose T2.

Os tratamentos T2 (dose padrão) e T4 (3x a dose padrão) diferiram estatisticamente da testemunha e entre si, e T4 (8,25 Mg ha⁻¹) resultou na maior produção de MFPA. Entretanto, tal como já discutido anteriormente, o tratamento T4 não diferiu de T3 e T5. Assim, em termos econômicos pode-se dizer que, apesar do bom resultado obtido com T4, T3 continuaria sendo recomendado devido ao menor custo de aquisição e aplicação.

Destaca-se que nas coletas 1 e 2 ocorreu um incremento na MFPA no tratamento T4 (3x a dose) em relação à testemunha (Figura 13). Nas coletas 3 e 4 os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si; a menor produtividade ocorrida na coleta 3 foi decorrente do longo período de estiagem nesse período, conforme ilustrado na Figura 14. Nas coletas 5 e 6, todos os tratamentos resultaram em aumento da MFPA em relação à testemunha (T1). Nas coletas 7 e 8, os melhores tratamentos foram T3 e T4 em relação à testemunha (T1).

Figura 13. Representação gráfica do MFPA nas 8 coletas

4.2.2. Percentagem de Matéria Seca (MS%)

Na Tabela 11 estão expressos os dados referentes à análise de percentagem da matéria seca (MS%). Nessa tabela pode-se avaliar que a percentagem de matéria seca, não apresentou grandes variações ao longo das coletas em relação à testemunha, exceto na coleta 3, na qual obteve-se maiores percentagens de MS nos tratamentos em relação às demais coletas.

Tabela 11. Percentagem de matéria seca da forragem colhida (MS, %) no experimento em relação aos tratamentos e em cada coleta de forragem

Tratamento	Coleta							
	1	2	3	4	5	6	7	8
T1	20,56 b	25,89 a	29,89 a	21,27 a	18,53 a	21,89 a	20,26 a	21,90 ab
T2	21,08 ab	23,18 a	36,86 a	23,46 a	20,60 a	21,41 a	19,54 a	23,84 a
T3	20,52 b	24,04 a	34,96 a	26,46 a	20,24 a	20,16 a	20,30 a	19,42 b
T4	22,24 ab	21,86 a	40,45a	24,03 a	21,30 a	20,74 a	21,31 a	18,19 b
T5	23,94 a	22,27 a	38,81 a	19,91 a	19,61 a	20,97 a	21,68 a	22,52 ab
CV (%)	8,50	13,60	24,46	19,25	12,33	7,83	17,99	12,30

T1: testemunha (sem gesso); T2: dose padrão; T3: 2x a dose T2; T4: 3x a dose T2; T5: 4x a dose T2.

O aumento observado na coleta 3 provavelmente está relacionado à mudança no regime de chuvas ocorrido nesta época (Figura 14). O período de estiagem reduziu a disponibilidade de água no solo e, conseqüentemente, resultou

em menor absorção de água pelas suas raízes, aumentando a concentração de MS na planta.

Figura 14. Dados meteorológicos registrados nos períodos de 01/05/2020 a 01/10/2020

O aumento da MFPA não foi acompanhado pelo aumento da porcentagem da matéria seca (MS). Tais resultados foram semelhantes aos obtidos por Zaccaron e Arboitte (2019) na avaliação das produções de biomassa de *Panicum maximum* Jacq. (Syn. *Megathyrsus maximus*) cv. Tanzânia em resposta à gessagem. Os autores relataram que a MS% não foi influenciada pelas doses de gesso agrícola.

Isso provavelmente ocorreu devido ao fato de a cultura estar instalada em uma área que teve diversas correções de adubação para alta fertilidade, proporcionando o máximo de absorção de nutrientes em todos os tratamentos. Já o aumento da MFPA provavelmente sofreu influência dos tratamentos de gessagem, que promoveu um maior desenvolvimento e o aprofundamento do sistema radicular, aumentando a porcentagem de raízes em camadas mais profundas. A modificação da quantidade e da distribuição de raízes no perfil o solo proporciona o aumento da absorção de água e nutrientes, o que resultou no aumento da MFPA, e não da MS%, já que a MFPA é a soma de MSPA e água.

4.2.3. Massa Seca da Parte Aérea (MSPA)

4.2.3.1. Análise qualitativa

Os resultados de MSPA (Mg ha^{-1}) Um aumento no MSPA foi observado na Tabela 12, principalmente no tratamento T4, para todas as coletas, exceto para a coleta 3. Esses dados estão condizentes com os obtidos com o MFPA, contudo na avaliação da MS não foi observado influência das doses de gesso.

Tabela 12. Resultados da Massa Seca da Parte Aérea (MSPA, kg ha^{-1}) obtidos em cada tratamento e a cada coleta

Tratamento	Coletas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
T1	4,011 b	2,965 b	0,893 a	1,811 b	2,096 b	3,220 c	2,601 b	2,159 b
T2	5,978 ab	4,826 ab	1,375 a	3,362 a	4,456 a	4,496 b	3,243 b	2,942 ab
T3	6,061 ab	4,152 ab	1,361 a	3,297 ab	4,399 a	5,511 ab	4,632 ab	3,626 a
T4	7,903 a	5,758 a	2,053 a	3,522 a	4,747 a	5,931 a	5,851 a	3,861 a
T5	6,974 ab	4,826 ab	1,321 a	2,591 ab	4,689 a	4,845 b	4,270 ab	3,614 a
CV (%)	30,86	28,72	53,79	31,20	30,03	13,25	32,15	20,73

T1: testemunha (sem gesso); T2: dose padrão; T3: 2x a dose T2; T4: 3x a dose T2; T5: 4x a dose T2.

As doses de gesso fornecem rapidamente o cálcio em profundidade, melhoram a fertilidade do solo e promovem o aprofundamento do sistema radicular e permitem às plantas o acesso a maior lâmina d'água armazenada no solo. Assim, a cultura sofre menos com estresse por déficit hídrico.

A MSPA é mais apropriada que a MFPA para avaliação do efeito da gessagem, pois exclui o teor de água e representa o acúmulo de forragem a cada ciclo, que está melhor relacionado à absorção de nutrientes pela cultura. Por isso, permite avaliar mais facilmente o efeito do gesso sobre a produtividade da cultura.

Os resultados apresentados na Tabela 12 foram significativos desde a primeira coleta de forragem (ciclo de 01 a 28 de abril 2020) e em praticamente todas as demais coletas, exceto a coleta 3.

4.2.3.1. Análise quantitativa

Na Figura 15 encontra-se o gráfico com a análise de regressão polinomial para as médias de massa seca de parte aérea (MSPA) em função da dose de gesso agrícola obtidas ao longo do experimento.

Figura 15. Soma de massa seca da parte aérea (MSPA, Mg ha⁻¹ ano⁻¹) obtida em cada tratamento durante o experimento

A partir da análise de regressão do gráfico, obteve-se a seguinte equação:

$$MSPA = -0,2891 x^2 + 4,4784 x + 19,734 \quad (R^2 = 0,9284)$$

Em que,

MSPA – massa seca da parte aérea, Mg ha⁻¹ ano⁻¹

x – dose de gesso, Mg ha⁻¹

Utilizando-se a derivada da equação e igualando-a a zero, obteve-se a dosagem de 7,75 Mg ha⁻¹ de gesso agrícola para atingir a máxima produtividade de forragem.

$$\frac{dMSPA}{dx} = -0,5782 x + 4,4784$$

$$-0,5782 x + 4,4784 = 0 \quad \Rightarrow \quad x = 7,75$$

Diante do resultado obtido na regressão polinomial, pode-se afirmar que a dose de gesso que otimiza a produção de forragem foi muito superior à tradicionalmente recomendada, que foi o tratamento T2 (T2 = 50 x %argila). Entretanto, a aplicação de altas doses de gesso agrícola pode resultar na lixiviação de cátions, tais como o potássio, e resultar em redução de produtividade a

longo prazo. O confronto entre tal possibilidade e os resultados obtidos no presente experimento indica a necessidade de conduzir experimentos de longa duração sobre o tema para verificar a melhor estratégia de manejo para aumento da profundidade do sistema radicular e a consequente redução do estresse por déficit hídrico.

4.2.4. Proteína Bruta (PB)

Na Tabela 13 estão expressos os dados da proteína bruta (PB, %) em relação aos tratamentos de gessagem, mostrando variação de acordo com a coleta. Nas coletas 1 e 3, não houve diferenças significativas em PB. Nas coletas 2, 4 e 5, o tratamento T4 apresentou os maiores teores de PB, mas sem diferenças significativas para T3 nas coletas 2 e 5. Nas coletas 6 a 8, T5 foi o tratamento que apresentou maiores teores de PB, mas sem diferenças significativas para T3 na coleta 7. Nas coletas 5, 7 e 8 houve redução na porcentagem de PB nos tratamentos T2, T4 e T2 e T3, respectivamente.

Tabela 13. Resultados do teor de proteína bruta (PB, %) em relação aos tratamentos e em cada coleta

Tratamento	Coletas								T1: test em unha (sempre); T2: dos
	1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	12,87 a	5,97 c	8,79 a	12,47 b	16,71 a	15,43 ab	15,99 a	16,98 a	T1: test em unha (sempre); T2: dos
T2	11,55 a	6,85 bc	6,21 a	13,51 ab	11,48 b	15,64 ab	16,35 a	13,70 c	
T3	12,33 a	7,82 abc	6,98 a	12,36 b	16,19 a	13,77 b	17,30 a	14,90 bc	
T4	11,26 a	10,17 a	7,95 a	16,46 a	17,99 a	13,70 b	12,97 b	16,43 ab	
T5	11,75 a	9,69 ab	7,77 a	12,96 b	17,38 a	16,70 a	17,23 a	17,24 a	
CV (%)	19,82	21,66	27,97	13,25	8,73	11,37	8,95	7,14	

e padrão; T3: 2x a dose T2; T4: 3x a dose T2; T5: 4x a dose T2.

No experimento de gessagem feito por Zaccaron e Arboitte (2019), os teores de PB no capim Tanzânia não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos e ficaram acima de 14%; os valores são considerados bons do ponto de vista nutricional, uma vez que o nível mínimo para que não ocorra limitações na ingestão involuntária de forragem pelos ruminantes é de 7% de PB na dieta.

No presente experimento houve casos de PB abaixo de 7% nas coletas 2 (T1 e T2) e 3 (T2 e T3). Assim, pode-se afirmar que, apesar de períodos secos

enfrentados durante o experimento, os tratamentos 3, 4 e 5, apresentaram forragem com a qualidade mínima exigida.

De modo geral, não foi possível identificar uma correlação clara entre os teores de PB e as doses de gesso aplicadas.

4.2.5. Fibra em Detergente Ácido (FDA)

Pela análise dos teores de FDA percebe-se que não houve grande variação dos resultados entre as coletas, tal como se pode ver na Tabela 14.

De acordo com os dados da Plataforma CQBAL, citada por Valadares Filho et al. (2018), a média de FDA para o capim-mombaça varia de 38,5 a 39,7%. Baseado nessas informações, pode-se considerar que o teor de FDA atingiu valores maiores (acima de 43%) nos períodos mais secos, nas coletas 2 e 3.

Tabela 14. Resultados do teor de fibra em detergente ácido (FDA, %) em relação aos tratamentos e em cada coleta.

Tratamento	Coletas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
T1	40,89 ab	43,83 a	50,07 a	36,36 cd	40,18 a	37,86 ab	39,77 a	37,39 a
T2	41,25 a	45,67 a	49,12 a	35,71 d	39,34 a	40,47 a	40,88 a	38,25 a
T3	41,67 a	48,94 a	47,41 a	38,00 bc	38,40 a	37,86 ab	40,10 a	37,94 a
T4	39,08 ab	48,86 a	43,21 a	39,26 ab	38,49 a	38,32 ab	40,83 a	40,01 a
T5	28,35 b	48,54 a	49,86 a	40,15 a	37,32 a	36,11 b	37,35 a	37,47 a
CV (%)	4,13	11,05	11,69	3,18	4,40	5,37	5,87	5,39

T1: testemunha (sem gesso); T2: dose padrão; T3: 2x a dose T2; T4: 3x a dose T2; T5: 4x a dose T2.

Tal como na análise de PB, não foi possível identificar uma clara correlação entre FDA e os tratamentos de gessagem.

4.2.6. Fibra em Detergente Neutro (FDN)

Conforme os resultados apresentados na Tabela 15, com exceção das coletas 3 e 7, não houve diferenças significativas nos teores de FDN em relação aos tratamentos de gessagem. De acordo com dados da Plataforma CQBAL, citada por Valadares Filho et al. (2018), a média de FDN para o capim mombaça varia de 69 a 74%. No presente experimento, FDN variou de 67,6 até 83,8%, superando as médias citadas pelos autores nas coletas 1 (T2), 2 (T4 e T5), 3 e 5 (todos os tratamentos), 6 (todos, exceto T3) e 7 (T1, T2 e T3). A maioria dos valores de FDN

obtidos situaram-se dentro dos limites de médias citadas por Valadares Filho et al. (2018).

Tabela 15. Resultado do teor e fibra em detergente neutro (FDN, %) em relação aos tratamentos e em cada coleta.

Tratamento	Coletas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
T1	71,24 a	72,99 ab	77,87 ab	72,57 a	78,36 a	74,48 ab	83,39 a	73,79a
T2	74,98 a	72,20 b	78,30 ab	67,58 a	79,02 a	75,02 ab	83,78 a	74,15 a
T3	71,50 a	80,37 a	79,46 a	72,16 a	79,22 a	71,54 b	78,17 ab	72,23 a
T4	71,87 a	78,12 ab	75,03 b	73,67 a	79,12 a	74,89 ab	71,11b	70,97 a
T5	68,35 a	79,34 ab	78,32 ab	73,44 a	75,54 a	77,66 a	73,47b	72,00 a
CV (%)	6,68	5,68	3,31	6,13	9,45	3,94	6,51	4,89

T1: testemunha (sem gesso); T2: dose padrão; T3: 2x a dose T2; T4: 3x a dose T2; T5: 4x a dose T2

Tal como nas análises de PB e FDA, não foi possível identificar uma clara correlação entre FDN e os tratamentos de gessagem.

4.3. Análise conjunta dos resultados experimentais

Analisando os parâmetros a partir da média de todas as coletas ao longo do ano, observa-se que as percentagens de massa seca (MS), proteína bruta (PB), e fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) apresentaram resultados que não diferiram estatisticamente entre si. Contudo avaliando a MFPA e a MSPA podemos concluir que o tratamento T4 foi o que obteve melhores resultados entre as doses testadas.

Entretanto, apesar de o tratamento T4 ser o único que diferiu do tratamento T2, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos T3 e T5.

Tabela 16. Comparação das médias de massa fresca da parte aérea (**MFPA**), percentagem de matéria seca (**MS%**), massa seca da parte aérea (**MSPA**) e teores de proteína bruta (**PB**), fibra em detergente neutro (**FDN**) e fibra em detergente ácido (**FDA**) nas coletas realizadas no experimento

Tratamento	Parâmetro					
	MFPA kg	MS %	MSPA kg ha ⁻¹	PB %	FDN %	FDA %
T1	1,15 c	22,52 a	2469,5 c	13,15 a	75,58 a	40,79 a
T2	1,73 b	23,74 a	3834,9 b	11,91 a	75,62 a	41,34 a
T3	1,92 ab	23,26 a	4129,9 ab	12,71 a	75,58 a	41,29 a
T4	2,28 a	23,76 a	4953,1 a	13,37 a	74,34 a	41,01 a
T5	1,82ab	23,71 a	4096,1 ab	13,84 a	74,76 a	40,64 a
CV (%)	47,3	28,2	45,3	29,8	7,5	12,5

MDS = Mínima Diferença Significativa pelo Teste de Tukey ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

As médias das amostras acompanhadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si

Na Figura 16 pode-se constatar tendências similares entre a produtividade da parte aérea (MSPA) e a parte subterrânea (MSR). Essa tendência foi mais evidente nos tratamentos T3 e T4, indicando que a gessagem em doses superiores à recomendação de Sousa et al. (2001), (tratamento T2) colabora para melhorar o desenvolvimento e aumentar a produção de forragem do capim-mombaça. O tratamento 5 aumentou o desenvolvimento radicular, mas isso não resultou em incremento proporcional na produtividade de forragem. Segundo a literatura, isso pode ter ocorrido devido à lixiviação de alguns nutrientes catiônicos (CUSTÓDIO et al, 2005).

Figura 16. Relação entre distribuição de raízes e MSPA

5. CONCLUSÃO

Na avaliação qualitativa (comparação de médias) dos dados, o tratamento T4 ($8,25 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi o que apresentou os melhores resultados de produtividade de forragem, de densidade e aprofundamento de raízes, em números absolutos.

Na avaliação quantitativa (regressão polinomial), as doses de gesso que maximizam os resultados de MSR (desenvolvimento radicular) e MSPA (produtividade de forragem) foram, respectivamente, $10,33$ e $7,75 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Considerando uma visão econômica da gessagem, o tratamento T3 ($5,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) seria o mais recomendado, visto que, estatisticamente, não diferiu dos tratamentos T4 e T5 e, portanto, resultaria em menores custos de aquisição, frete e aplicação no campo.

Nas doses testadas e nas condições reinantes no experimento, a gessagem contribuiu para aumentar a densidade de raízes e para a redistribuição do sistema radicular do capim-mombaça nas camadas do solo, aumentando o acesso da cultura à água armazenada no solo e resultando no aumento da produtividade de forragem.

REFERÊNCIAS

- AGRAER. Recuperação de áreas com Integração lavoura-pecuária-floresta é uma das propostas do Brasil na COP 21 – **Agraer**. Disponível em: <<https://www.agraer.ms.gov.br/recuperacao-de-areas-com-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-e-uma-das-propostas-do-brasil-na-cop-21/>>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. de M. Crescimento e desenvolvimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2164–2173, dez. 2005.
- ALMEIDA, A. A. S.; MONTEIRO, F. A.; JANK, L. Avaliação de *Panicum maximum* Jacq. para tolerância ao alumínio em solução nutritiva. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 339-344, jun. 2000. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000200011>>. Acessos em 12 mar. 2020.
- ALMEIDA, G. M. de; CANTO, M. W. do; NETO, A. B.; COSTA, A. C. S. da. Resposta da cultura de sementes de capim-mombaça a épocas e doses de adubação de boro. **Semina: Ciências Agrárias Agrária**, v. 36, n. 3, p. 1545–1558, 2015.
- ALVES, A. R. et al. Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e - funcional. **Pubvet**, v.10, n.7, p. 568-579, 2016.
- AMMONDT, S. A.; LITTON, C. M. Competition between native Hawaiian plants and the invasive grass *Megathyrsus maximus*: implications of functional diversity for ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 20, n. 5, p. 638-646, 2012.
- AMORIM, P. L. et al. Efeitos da interceptação luminosa ou período de descanso fixo no acúmulo de forragem e estrutura do dossel de uma antiga cultivar de *Megathyrsus maximus*. **Revista Ciência Agrícola**, v. 18, n. 1, p. 29-37, 2020.
- ANTONIEL, L. S.; PRADO, G. do; TINOS, C.; BELTRAME, G. A.; ALMEIDA, J. V. C. de; CUOCO, G. P. Pasture production under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.20, n.6, p-539– 544, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n6p539-544>>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- APPROBATO, A. U. Análises fisiológicas e bioquímicas da forrageira tropical *Panicum maximum* Jacq. (Poaceae) cultivada em elevado CO₂ atmosférico e aquecimento. 2015. 103 p. **Tese (Doutorado em Biologia Comparada)** - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, 2015.
- BARBOSA, F. A.; SOARES FILHO, B. S.; MERRY, F. D.; AZEVEDO, H. O.; COSTA, W. L. S.; COE, M. T.; BATISTA, E. L. S.; MACIEL, T. G.; SHEEPERS, L. C.; OLIVEIRA, A. R.; RODRIGUES, H. O. Manejo de pastagem. In: BARBOSA, F. A. (Ed.). **Cenários para a pecuária de corte amazônica**. Belo Horizonte: UFMG, 2015. p. 72-76. Disponível em: <https://csr.ufmg.br/pecuaria/wp-content/uploads/2015/03/relatorio_cenarios_para_pecuaria_corte_amazonica.pdf>. Acesso em 12 mar. 2020.

- BEDESCHI, G. V. Avaliação de genótipos de *Panicum maximum* sob intensidades de desfolhação. 2016. 53f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Zootecnia)** - Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei, MG, 2016.
- BELIDO, I. A.; YAMASHIRA, O. M.; FERREIRA, A. C. T.; FELITO, R. A.; ROCHA, A. M. da; CARVALHO, M. A. C. de. Estresse hídrico na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 2, p. 38–46, 2016.
- CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo [online]**. 2004, v. 28, n. 1, pp. 125-136. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000100013>>. Acessado em: jun. 2021.
- CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. Lime and gypsum application on the wheat crop. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.2, p.357-364, 2002.
- CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.3, p.213-223, 2001.
- CARNEVALLI, R. A. Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente. 2003. **Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens)** - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. doi:10.11606/T.11.2003.tde-09022004-145840. Acesso em: 2021-08-14.
- CARRER, T. T.; GARCIA, A. Classificação climática para a cidade de Ituverava/SP. **Nucleus**, Ituverava, v. 4, n. 1, oct. 2007. ISSN 1982-2278. Disponível em: <<http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/9/36>>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- COMAS, C.C.; LOBATO, B.; GALINARI, G.; ZAMBUDIO, S.; BORGES, S.Z. Integração com lavoura quintuplica lotação animal após recuperar pastos. Gestão ambiental e territorial ILPF. **Notícias. Embrapa Agropecuária Oeste**. 19 de maio de 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3183569/integracao-com-lavoura-quintuplica-lotacao-animal-apos-recuperar-pastos>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- COSTA, N. de L. et al. Características morfogênicas e estruturais de *Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia-1 sob intensidades de desfolhação. **Pubvet**, v. 12, n. 4, p. 1-7, 2018.
- CUSTÓDIO, D. P. et al. Avaliação do gesso no desenvolvimento e produção do capim-tanzânia. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 27-34, 2005.

- DEGENHARDT, J., LARSEN, P.B., HOWELL, S.H., *et al.* Aluminum resistance in the *Arabidopsis* mutant *alr-104* is caused by an aluminum-induced increase in rhizosphere In: ECHART, C. L.; MOLINA, S. C. Fitotoxicidade do alumínio: Efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v.31, n.3, p.531-541, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v31n3/a30v31n3.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- DIM, V. P.; ALEXANDRINO, E.; SANTOS, A. C. dos; MENDES, R. da S.; SILVA, D. P. da. Características agronômicas, estruturais e bromatológicas do capim Piatã em lotação intermitente com período de descanso variável em função da altura do pasto. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 1 jan. 2015.
- DUPAS, E.; BUZETTI, S.; SARTO, A. L.; HERNANDEZ F. B. T.; BERGAMASCHINE, A. F. Dry matter yield and nutritional value of Marandu grass under nitrogen fertilization and irrigation in cerrado in São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, n.12, p. 2598-2603, 2010.
- ECHART, CINARA LIMA E CAVALLI-MOLINA, SUZANA: Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. *Ciência Rural* [online]. 2001, v. 31, n. 3 [Acessado 14 Agosto 2021], pp. 531-541. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000300030>>. Epub 04 Maio 2007. ISSN 1678-4596. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000300030>.
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: 2018. 356 p.
- EUCLIDES, V.P.B. **Manejo do capim-mombaça para períodos de águas e seca**. Transferências de tecnologias. Notícias. Embrapa Gado de Corte, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2118000/artigo-manejo-do-capim-mombaca-para-periodos-de-aguas-e-seca>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Rev. Bras. Eng. Agríc. e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, abr. 1998. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v02n01p6-16>>. Acesso em 12 mar. 2020.
- FERREIRA, C. J. B. et al. Soil physical properties under a 'Tanzânia' grass pasture fertilized with mineral nitrogen or intercropped with stylosanthes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 4, p. 478-486, 2018.
- FERREIRA, D.F. **Sisvar**: Versão 5.6 (Build 86). DEX/UFLA 2010.
- FORTES, D. et al. Comportamiento morfoagronómico de tres variedades forrajeras de *Megathyrus maximus* en el período lluvioso. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v. 48, n. 3, p. 293-296, 2014.
- FRANCISCO, E. A. B.; BONFIM-SILVA, E. M.; TEIXEIRA, R. A. Aumento da produtividade de carne via adubação de pastagens. **Informações Agronômicas**, n. 158, p. 6-12, 2017.

- GAVIRIA, X.; NARANJO, J. F.; BARAHONA, R. Cinética de fermentación in vitro de *Leucaena leucocephala* y *Megathyrsus maximus* y sus mezclas, con o sin suplementación energética. **Pastos y Forrajes**, v. 38, n. 1, p. 55-63, 2015.
- GOMES, R. A. et al. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 205-211, 2011.
- GOMIDE, C. A. de M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1487–1494, out. 2007.
- GUEDES, L. M. et al. Influência da aplicação de gesso na produção de matéria seca, na relação nitrogênio: enxofre e concentrações de enxofre, cobre, nitrogênio e nitrato em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n. 5, p. 521-526, 2000.
- HERLING, V. R. Algumas características morfogênicas e estruturais e valor nutritivo do capim-mombaça (*Panicum maximum*, Jacq. cv. Mombaça) sob intensidades de pastejo e períodos de ocupação. 2006. **Tese (Livre-Docência). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos**. Universidade de São Paulo. Pirassununga. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/74/tde-11062008-102658/publico/Valdo.pdf>>. Acesso 12 mar. 2020.
- HOMEN, M. et al. Biomasa y valor nutritivo del pasto Guinea *Megathyrsus maximus* (Jacq.) BK Simon & SWL Jacobs. Gamelote en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda. **Zootecnia Tropical**, v. 28, n. 2, p. 255-266, 2010.
- IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. [Rio de Janeiro, 2018]. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 19 nov. 2018.
- IBGE. Censo Agropecuário. **Censo agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020.
- JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. O capim colônio. **Anais [...]** Piracicaba, FEALQ, 1995.
- JANK, L., CALIXTO, S., COSTA, J.C.G., et al. Catálogo de caracterização e avaliação de germoplasma de *Panicum maximum*: descrição morfológica e comportamento agrônomo. Campo Grande: **EMBRAPA-CNPGC**, 1997. 53p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 68).

- JANK, L.; RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B. do; RESENDE, M. D. V.; CANÇADO, L. J.; SIMIONI, C. Melhoramento Genético de *Panicum maximum*. **Melhoramento de forrageiras Tropicais**, v. 1, p. 55–87, 2008.
- JANK, L.; VALLE, C.B.; RESENDE, R.M.S. Breeding tropical forages. **Crop Breed. Appl. Biotechnol.**, Viçosa, v. 11, n. especial, p. 27-34, jun. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1984-70332011000500005>>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- JESUS, F.L.F. de. Potencial produtivo de capim mombaça irrigado e com diferentes doses de nitrogênio e boro. 2020. **Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas)** - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019. doi:10.11606/T.11.2020.tde-24032020-093041. Acesso em: 2021-08-14.
- JONES, D.L., KOCHIAN, L.V. Aluminum inhibition of the 1,4,5-triphosphate signal transduction pathway in wheat roots: a role in aluminum toxicity? In: ECHART, Cinara Lima; MOLINA, Suzana Cavalli. Fitotoxicidade do alumínio: Efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v.31, n.3, p.531-541, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v31n3/a30v31n3.pdf>>. Acesso em: 12-03-2020.
- KAMINSKI, J. et al. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um Argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 573-580, 2005.
- KINRAIDE, T.B. Identity of the rhizotoxic aluminum species. In: ECHART, C. L.; MOLINA, S. C. Fitotoxicidade do alumínio: Efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v.31, n.3, p.531-541, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v31n3/a30v31n3.pdf>. Acesso em: 12-03-2020.
- LAPIG. **Atlas Digital das Pastagens Brasileiras**. Disponível em: <<https://pastagem.org/map>>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- LEITE, R. da. C. et al. Mitigation of Mombasa grass (*Megathyrsus maximus*) dependence on nitrogen fertilization as a function of inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, 2019.
- LOPES, M. N.; CLÁUDIO, R.; FRANCO, F.; GREGÓRIO, R.; GILSON, J.; REGADAS, L. Fluxo de biomassa e estrutura do dossel em capim- braquiária manejado sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 490–500, 2014.
- LUGÃO, S. M. B et al. Acúmulo de forragem e eficiência de utilização do nitrogênio em pastagens de *Panicum maximum* Jacq.(Acesso BRA-006998) adubadas com nitrogênio. *Acta Scientiarum*. **Animal Sciences**, v. 25, n. 2, p. 371-379, 2003.
- LUNA, A. A.; DIFANE, G. dos S.; ARAÚJO, I. M. M. de; LIMA, C. L. D.; NETO, J. V. E.; VASCONCELOS, R. I. G.; OLIVEIRA, H. C. B. de; DANTAS, J. L. S. Características morfogênicas de gramíneas forrageiras no Nordeste do Brasil. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 14, n. 2, p. 138–141, 2012.

- MACEDO, M. C. M. Degradação de pastagens: conceitos e métodos de recuperação. **Simpósio Sustentabilidade da Pecuária de Leite no Brasil**, p. 37–150, 1999.
- MANTOANI, M. C.; DIAS, J.; TOREZAN, J. M. D. Roçagem e aplicação de herbicida para controle de *Megathyrsus maximus*: danos sobre a vegetação preexistente em um reflorestamento de 20 anos. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 839-851, 2016.
- MARTUSCELLO, J. A. Repetibilidade e seleção em *Panicum maximum* Jacq. 2007. 110 f. **Tese (Doutorado em Zootecnia)** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.
- MASCHIETTO, E. H. G. Gesso agrícola na produção de milho e soja de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto. 2009. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)**. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, PR, 2009. Disponível em: <<https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2200/1/Evandro%20H%20G%20Maschietto.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- MATSUMOTO, H., HIRASAWA, F., TORIKAI, H., et al. Localization of absorbed aluminium in pea root and its binding to nucleic acid. *Plant Cell Physiology*, Kyoto, v.17, p.627-631, 1976.
- MEDINILLA-SALINAS, L. et al. Growth, productivity and quality of *Megathyrsus maximus* under cover from *Gliricidia sepium*. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 4, p. 891-899, 2013.
- MELLO, S. Q. S.; FRANÇA, A. F. de S.; LANNA, A. C.; BERGAMASCHINE, A. F.; KLIMANN, H. J.; RIOS, L. C.; SOARES, T. V. Adubação nitrogenada em capim-mombaça: Produção, eficiência de conversão e recuperação aparente do nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 935–947, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/1231>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- MESQUITA, E. E. et al. Efeitos de métodos de estabelecimento de braquiária e estilosantes e de doses de calcário, fósforo e gesso sobre alguns componentes nutricionais da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2186-2196, 2002.
- MINGOTTE, F. L. C. et al. Manganês na nutrição e na produção de massa seca do capim-mombaça. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 6, p. 879-887, 2011.
- MOCHEL FILHO, W.; CARNEIRO, M.; ANDRADE, A.; PEREIRA, E.; ANDRADE, A.; CÂNDIDO, M.; MAGALHÃES, J.; RODRIGUES, B.; SANTOS, F.; COSTA, N. Produtividade e composição bromatológica de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob irrigação e adubação azotada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, p. 81–88, mar. 2016.
- MOMBACH, M. A. et al. Fator de resposta produtiva de Mombaça e Marandu ao déficit hídrico. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 807–812, 11 nov. 2019. Disponível em: <[10.31413/nativa.v7i6.7592](https://doi.org/10.31413/nativa.v7i6.7592)>. Acesso em 14 de agosto de 2021.

- MORENO, L. S. B.; PEDREIRA, C. G. S.; BOOTE, K. J.; ALVES, R. R. Base temperature determination of tropical *Panicum* spp. grasses and its effects on degree-day-based models. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 186, p. 26–33, 2014.
- MÜLLER, M. S.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A. G.; OVEJERO, R. F. L. Produtividade do *Panicum maximum* cv. Mombaça, sob pastejo rotacionado. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 427–433, 2002.
- MUNIZ, R. A.; SOUSA, E.F.; MENDONÇA, J.C.; ESTEVES, B.S.; LOUSADA, L.L. Balanço de energia e evapotranspiração do capim Mombaça sob sistema de pastejo rotacionado. **Rev. Bras. Meteorol.**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 47–54, mar. 2014. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000100005>>. acessos em 12 mar. 2020.
- NAHAS, E.; DELFINO, J. H.; ASSIS, L. C. Atividade microbiana e propriedades bioquímicas do solo resultantes da aplicação de gesso agrícola na cultura do repolho. **Scientia Agricola**, v. 54, n. 3, p. 160-166, 1997.
- NUERNBERG, N.J.; RECH, T.D.; BASSO, C. Usos do gesso agrícola. 2.ed. Florianópolis: **Epagri**, 2005. 36p. (Epagri. Boletim Técnico, 122). Disponível em <<https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/415/311>>. acesso em 14 de agosto de 2021.
- OLIVEIRA, T. P.; FLORES, H. L.; MELO, S. P. Uso de siligesso 70® na recuperação de pastagem degradada de capim-marandu na região do cerrado. Revista Panorâmica online, v. 3, 2019. **Revista Panorâmica**, v. 3, p. 36-48, 2019.
- PARSONS, J. J. Spread of African pasture grasses to the American tropics. **Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives**, v. 25, n. 1, p. 12-17, 1972.
- PEDROSO, E. C.; SILVA, M. G. Desenvolvimento e qualidade bromatológica de forrageiras submetidas a doses de gesso agrícola. In: **13º ENEPEX - Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 2019.
- PEZZOPANE, J. R. M.; SANTOS, P. M.; MENDONÇA, F. C.; ARAUJO, L. C. D.; CRUZ, P. G. D. Dry matter production of Tanzania grass as a function of agrometeorological variables. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 471-477, 2012.
- PIETROSKI, M.; OLIVEIRA, R. De; CAIONE, G. Adubação foliar de nitrogênio em capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça). **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 3, p. 49-53, 2015.
- PROCHNOW, L.I; CASARIN, V.; STRIPP, S.R. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes Piracicaba, SP: IPNI-Brasil, v.1, p.281-338, 2010.
- REINHEIMER, R.; MALCOMBER, S. T.; KELLOGG, E. A. Evidence for distinct roles of the SEPALLATA gene LEAFY HULL STERILE1 in *Eleusine indica* and *Megathyrsus maximus* (Poaceae). **Evolution & development**, v. 8, n. 3, p. 293-303, 2006.

- RODRIGUES, C. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; DETMANN, E.; SILVA, S. C. da; SOUSA, B. M. de L.; SILVEIRA, M. C. T. da. Grupos funcionais de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 6, p. 1385-1393, jun. 2012.
- ROSA JUNIOR, E. J. a et al. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 36, n. 1, p. 37-44, 2006.
- RYAN, P. R.; DITOMASO, J. M.; KOCHIAN, L.V. Aluminum toxicity in roots: an investigation of spatial sensitivity and the role of the root cap. In: ECHART, C. L.; MOLINA, S. C. Fitotoxicidade do alumínio: Efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 31, n. 3, p. 531-541, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v31n3/a30v31n3.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- SALES, M.F.L.; VALENTIM, J. F. Capim Mombaça – Formação e Manejo de Pastagens no Acre. 1ª impressão. Rio Branco: **Embrapa**, 2002.
- SANCHES, A.C. Coeficiente de cultura (Kc) e correlações de consumo de água, fatores produtivos e biométricos de gramíneas tropicais em cultivo exclusivo e em sobressemeadura com forrageiras de inverno. 2017. **Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas)** - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017. doi:10.11606/T.11.2018.tde-22032018-160953. Acesso em: 2021-08-14.
- SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M. Características morfogênicas e taxa de acúmulo de forragem do capim-Mombaça submetido a três intervalos de pastejo. **Rev. Bras. de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 843-851, ago. 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000400004>>. Acesso em 12 mar/ 2020.
- SANTOS, P. M.; SILVA, J. E. C.; SANTOS, A. C.; SANTOS, J. G. D.; ARAÚJO, A. S.; RODRIGUES, M. O. D. Resíduo líquido de laticínio como fertilizante para o capim Mombaça. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 2, p. 251, 2016.
- SILVA, C. E.; GONÇALVES, J.F.D.C.; FELDPAUSCH, T.R.; LUIZÃO, F.J.; MORAIS, R. R.; RIBEIRO, G.O. Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia central. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 4, p. 503-512, 2006.
- SILVA, E. A. da; SILVA, W. J. da; BARRETO, A. C.; OLIVEIRA JUNIOR, A. B. de; PAES, J. M. V.; RUAS, J. R. M.; QUEIROZ, D. S. Dry matter yield, thermal sum and base temperatures in irrigated tropical forage plants. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 574–582, mar. 2012.
- SILVA, J. de L.; RIBEIRO, K. G.; HERCULANO, B. N.; PEREIRA, O. G.; PEREIRA, R. C.; SOARES, L. F. P. Massa de forragem e características estruturais e bromatológicas de cultivares de *Brachiaria* e *Panicum*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 342–348, set. 2016.

- SILVA, S. C. da; BUENO, A. A. de O.; CARNEVALLI, R. A.; UEBELE, M. C.; BUENO, F. O.; HODGSON, J.; MATTHEW, C.; ARNOLD, G. C.; MORAIS, J. P. G. de. Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 1, p. 8–19, Feb. 2009.
- SILVEIRA, M. C. T. Caracterização morfogênica de oito cultivares do gênero *Brachiaria* e dois do gênero *Panicum*. 2006. 111 f. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- SIMONETTI, A.; MARQUES, W. M.; COSTA, L. V. C. Produtividade de Capim-Mombaça (*Panicum maximum*), com diferentes doses de biofertilizante. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10, n. 1, p. 107–115, 2016.
- SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 675-688, 2008.
- SOUSA, D. M. G. de. et al. Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no Cerrado. **Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2001. p. 1-22. (Circular Técnica, n.12). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/566086/1/cirtec12.pdf> Acesso em: 12 mar. 2020.
- SOUSA, D. M. G. DE; LOBATO, E.; REIN, T. A. Uso de Gesso Agrícola nos Solos dos Cerrados. p. 20, 1995.
- SOUSA, D.M.G.; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W.V. **Uso do gesso, calcário e adubos para pastagens no Cerrado**. Embrapa Cerrados, 2001. (Circular Técnica, v. 12).
- VAN RAIJ, B. Melhorando o Ambiente Radicular em Subsuperfície. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STRIPP, S.R. **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba, SP: INPI-Brasil, v.1., 2010. P.351-380.
- VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 3. ed. Campinas: IAC, 1997.
- VENÂNCIO, L.P.; CUNHA, F.F. da; MANTOVANI, E.C. Simulação da demanda hídrica do capim-mombaça em função da textura do solo e do volume de chuvas no município de Linhares-ES. **Pensar Acadêmico**, Manhauçu, v. 17, n. 1, p. 24-32, janeiro-abril, 2019. Disponível em: <http://pensaracademico.facig.edu.br/index.php/pensaracademico/article/view/367>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C.E.; OTTO, R.; TRIVELIN, M.O.; TOVAJAR, J.G. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p. 2757-2762, 2008.

VOLTOLINI, T. V.; CAVALCANTI, A. C. R.; MISTURA, C.; CÂNDIDO, M. J. D.; SANTOS, B. R. C. Pastos e manejo do pastejo em áreas irrigadas: produção de ovinos e caprinos no semiárido, 2011. p. 265–298.

ZACCARON, J. de. B.; ARBOITTE, M. Z. Produção de biomassa e qualidade química de *Panicum maximum* cv. Tanzânia submetidos a doses de gesso agrícola. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 4, n. 1, p. 82-93, 2019.