



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

CLEYTON CESAR TAVARES FILHO

**CRESCIMENTO INICIAL DA FORRAGEIRA *UROCHLOA BRIZANTHA* CV.
MARANDU SOB DIFERENTES MÉTODOS DE RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM**

**PALMAS – TO
2023**

CLEYTON CESAR TAVARES FILHO

**CRESCIMENTO INICIAL DA FORRAGEIRA *UROCHLOA BRIZANTHA* CV.
MARANDU SOB DIFERENTES MÉTODOS DE RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica do Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas, como exigência à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'Ana.

PALMAS - TO
2023

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

T231c Tavares Filho, Cleyton Cesar
CRESCIMENTO INICIAL DA FORRAGEIRA UROCHLOA
BRIZANTHA CV. MARANDU SOB DIFERENTES MÉTODOS DE
RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM / Cleyton Cesar Tavares Filho. –
Palmas, TO, 2023.
37 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2023.

Orientador: Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'ana

1. Acidez. 2. Calagem. 3. Forrageira. I. Sant'ana, Edvaldo Vieira
Pacheco. II. Título.

CDD 630

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

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

CLEYTON CESAR TAVARES FILHO

**CRESCIMENTO INICIAL DA FORRAGEIRA *UROCHLOA BRIZANTHA* CV.
MARANDU SOB DIFERENTES MÉTODOS DE RECOMENDAÇÃO DE
CALAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do
Curso de Bacharelado em
Engenharia Agrônômica do Instituto
Federal do Tocantins - Campus
Palmas, como exigência à obtenção
do grau de bacharel em Engenharia
Agrônômica.

Aprovado em: 09 / 11 / 2023

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



EDVALDO VIEIRA PACHECO SANTANA

Data: 09/11/2023 08:22:56-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Doutor Edvaldo Vieira Pacheco Sant'Ana
Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins



Documento assinado digitalmente

THOMAS VIEIRA NUNES

Data: 09/11/2023 01:13:07-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Mestre Thômas Vieira Nunes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins



Documento assinado digitalmente

JOSE EUSTAQUIO CANGUCU LEAL

Data: 08/11/2023 11:54:43-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Mestre José Eustáquio Canguçu Leal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins

À minha família: meus pais Maria de Souza e Cleyton Tavares, meus irmãos, meus avós, meus tios, minha namorada Laranna Catalão e minha enteada Alice Catalão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter dado força e coragem para prosseguir em mais uma etapa importante da minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edvaldo Vieira Pacheco Sant'Ana, pela orientação, paciência e dedicação na elaboração deste trabalho.

Aos demais professores que tive o prazer de conhecer ao longo do curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

A todos meus amigos, Álysson Costa, Leonardo Bento, Gabriel Rios, Thiago Amaral, Fernanda Almeida e Istefhany Teixeira, que, por meio de apoio ou incentivo, me ajudaram a vencer este desafio.

“Os espinhos que colhi são da árvore que plantei”.

Lord Byron

RESUMO

Objetivou-se avaliar o crescimento da *Urochloa brizantha* cv. Marandu sob diferentes métodos de recomendação de calagem, sendo eles neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, saturação por bases e equilíbrio de bases. O experimento foi conduzido no período de maio a setembro de 2023, em telado agrícola, localizado na área experimental do curso de Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins/Campus Palmas, na cidade de Palmas – TO. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições. Os tratamentos avaliados foram 0; 1,61; e 1,75 t/ha de calcário dolomítico para testemunha, neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e saturação por bases, respectivamente, e 1,27 t/ha de calcário calcítico e 0,463 t/ha de calcário dolomítico para o método de equilíbrio de bases. As variáveis analisadas foram: fertilidade do solo, teor relativo de clorofila (TRC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). Após análises de variância, com médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%, os resultados apontaram eficiência dos três métodos para correção da acidez do solo, elevação do pH e da saturação de bases. Os dados de TRC apresentaram redução ao longo do experimento, não apresentando diferença estatística na maioria dos dias avaliados em relação à testemunha. A MSPA e a MST apresentaram diferenças estatísticas, com os melhores resultados para o método de neutralizado do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis. Já a MSR não apresentou diferença estatística.

Palavras-chaves: Acidez. Calagem. Forrageira. Saturação. Equilíbrio.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the growth of *Urochloa brizantha* cv. Marandu under different liming recommendation methods, including aluminum neutralization and an increase in exchangeable Ca^{2+} and Mg^{2+} , base saturation, and base balance. The experiment was conducted from May to September 2023 in an agricultural greenhouse located in the experimental area of the Agricultural Engineering course at the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Tocantins/Campus Palmas, in the city of Palmas – TO. A completely randomized experimental design with four repetitions was used. The evaluated treatments included 0, 1.61, and 1.75 t/ha of dolomitic limestone for aluminum neutralization and an increase in exchangeable Ca^{2+} and Mg^{2+} , base saturation, respectively, and 1.27 t/ha of calcitic limestone and 0.463 t/ha of dolomitic limestone for the base balance method. The analyzed variables included soil fertility, relative chlorophyll content (RCC), aboveground dry mass (ADM), root dry mass (RDM), and total dry mass (TDM). After variance analyses, with means compared by the Tukey test at 5%, the results indicated the efficiency of the three methods in correcting soil acidity, raising pH, and increasing base saturation. RCC data showed a reduction over the course of the experiment, with no statistical difference on most of the evaluated days compared to the control. ADM and TDM showed statistical differences, with the best results for the aluminum neutralization and an increase in exchangeable Ca^{2+} and Mg^{2+} method. RDM did not show statistical differences.

Keywords: Acidity. Liming. Forage. Saturation. Balance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Telado agrícola utilizado na condução do experimento	22
Figura 2 – Solo utilizado no experimento após ser passado por peneira de 4 mm para separação de torrões, raízes e palha	23
Figura 3 – A semeadura com 10 sementes por vaso	24
Figura 4 – Material vegetativo retirado dos vasos	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização dos atributos químicos do solo, na camada 0-20 cm, antes da implantação do experimento	23
Tabela 2 – Caracterização dos atributos químicos do solo, na camada 0-20 cm, dos tratamentos	25
Tabela 3 – Valores de teor relativo de clorofila (TRC) em 32, 39, 46 e 53 dias após (DAE)	28
Tabela 4 – Valores de massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total do capim-marandu	29

LISTA DE ABREVIATURAS

MAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
SDA Secretaria de Defesa Agropecuária

LISTA DE SIGLAS

MS	Massa seca
MSPA	Massa seca parte aérea
MSR	Massa seca da raiz
MST	Massa seca total
DAE	Dias após germinação
DIC	Delineamento inteiramente casualizado

LISTA DE SÍMBOLOS

H	Hidrogênio
Co ₂	Carbono
O ₂	Oxigênio
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K ⁺	Potássio
Ca ²⁺	Cálcio
Mg ²⁺	Magnésio
S	Enxofre
Al ³⁺	Alumínio
Mn ²⁺	Manganês
Mo	Molibdênio
Na ⁺	Sódio
P -meh	Fósforo com extrator mehlich
m	Saturação por alumínio
T	Capacidade de troca catiônica
V	Saturação de bases
pH	Potencial hidrogeniônico
F	Teste de Fisher
CV	Coefficiente de variação
KCL	Cloreto de Potássio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. MÉTODOS DE RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM	16
2.1.1 NEUTRALIZAÇÃO DO Al^{3+} E ELEVAÇÃO DO Ca^{2+} E Mg^{2+} TROCÁVEIS	16
2.1.2. SATURAÇÃO POR BASES	18
2.1.3 EQUILÍBRIO DE BASES	19
2.2. FORRAGEIRA <i>UROCHLOA BRIZANTHA</i> CV. MARANDU E CALAGEM	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1 FERTILIDADE DO SOLO	25
4.2 TEOR RELATIVO DE CLOROFILA	27
4.3 MASSA SECA	29
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
APÊNDICE A – EVOLUÇÃO DO EXPERIMENTO	36

1 INTRODUÇÃO

A acidez é um dos principais atributos químicos relacionados à fertilidade dos solos e ao desenvolvimento de plantas, limitando a produção agrícola no mundo. Segundo Silva et al. (2021), a acidez excessiva provoca a diminuição da saturação de bases, elevação dos teores tóxicos de Al^{3+} e Mn^{2+} , redução da disponibilidade da maioria dos nutrientes às plantas e, conseqüentemente, menor aproveitamento dos fertilizantes agrícolas. No solo, existem dois tipos de acidez: acidez ativa e a potencial. A acidez ativa é caracterizada pela atividade dos íons H na solução do solo e afeta a maior parte das reações do solo relacionadas à disponibilidade de nutrientes. Na caracterização dos atributos químicos e físicos do solo, análise de solo, é expressa pelos valores de pH, potencial hidrogeniônico. A acidez potencial é representada pelo somatório das fontes de íons H^+ dos componentes sólidos do solo, principalmente o Al^{3+} trocável e os grupos funcionais orgânicos e inorgânicos. Na análise de solo, é representada pelo $\text{H} + \text{Al}$ (SILVA et al. 2021).

A correção da acidez do solo é feita com a calagem, aplicação de calcário agrícola, e é considerada uma das práticas agrícolas mais antigas, sendo utilizada há mais de três mil anos por gregos e romanos (PARAHYBA, 2009). Sua utilização objetiva a elevação do pH; o fornecimento de Ca^{2+} e Mg^{2+} ; a redução ou eliminação dos efeitos tóxicos do Al^{3+} , Mn^{2+} e Fe^{2+} ; o aumento da disponibilidade e maior aproveitamento de N, K, Ca^{2+} , Mg^{2+} , S e Mo, com isso, aumento ao potencial de resposta à adubação; a maior atividade microbiana no solo; a melhoria na mineralização da matéria orgânica e fixação de nitrogênio; a melhoria nas propriedades físicas do solo, implicando em maior aeração e circulação de água, auxiliando no desenvolvimento das raízes e da planta; além da maior agregação do solo pela ação do Ca^{2+} , diminuindo as perdas por erosão (PARAHYBA, 2009).

No Brasil, dados apontam que a prática teve início na década de 1920, uma vez que a primeira indústria de calcário foi instalada em 1923, no Rio Grande do Sul. No entanto, a primeira legislação brasileira sobre a utilização do calcário agrícola só foi criada em 1961 (WIETHOLTER, 2000). Atualmente, as especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez é disposta na Instrução Normativa n.º 35, de 04 de julho de 2006, da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (PARAHYBA, 2009).

Segundo Matias et al. (2019), a calagem é uma prática essencial para elevar as produtividades das culturas na agricultura do cerrado brasileiro, região brasileira com alta incidência de solos com elevado grau de intemperismo e intensa lixiviação de bases. No entanto, se o corretivo for aplicado em quantidades insuficientes, a cultura pode não alcançar as produtividades almejadas, do contrário, se o corretivo for aplicado em doses muito elevadas, as culturas podem ser afetadas por desequilíbrio entre os elementos essenciais no solo (MATIAS et al., 2019).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento inicial da forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu sob três métodos de recomendação de calagem, neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, saturação por bases e equilíbrio de bases.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Métodos de recomendação de calagem

Os estudos sobre relação entre o teor de Al^{3+} trocável e o pH do solo, iniciaram na década de 1920, gerando métodos de recomendação de calagem com diferentes fatores que variaram até os dias atuais (WIETHOLTER, 2000). O método de saturação por bases foi desenvolvido a partir de estudos sobre a influência entre a saturação em bases e fertilidade de solos estudada por Hissink, em 1920 (WIETHOLTER, 2000). O método de equilíbrio de bases foi desenvolvido pelo pesquisador estadunidense Dr. William A. Albrecht, Ph.D. pela University of Illinois, professor e diretor do departamento de Solos da “University of Missouri College of Agriculture”, a partir de estudos correlacionando a fertilidade do solo com a qualidade da forrageira e a nutrição animal e humana (CARNEIRO, 2008).

2.1.1 Neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis

De acordo com Mohr (1960 *apud* WIETHOLTER, 2000), a utilização do teor de Al^{3+} trocável (em KCL 1 mol/L), empregando o “fator de calagem” igual a 1, dessa forma, Necessidade de Calagem (NC) (t/ha) = Al^{3+} trocável x 1, considerando o peso de 1 hectare igual a 2,000 toneladas. Vianna (1972 *apud* WIETHOLTER, 2000), recomendava a utilização de $\text{NC} = \text{Al}^{3+}$ trocável * 1,33. No entanto, Cate (1965 *apud*

WIETHOLTER, 2000), verificou que as culturas respondem a doses maiores de calagem. Segundo o mesmo autor, à época, as doses eram limitadas a 2 t/ha.

Em 1965, o estado de São Paulo e demais estados do Brasil, exceto Rio Grande do Sul e Santa Catarina, adotaram o método baseado no teor de Al^{3+} trocável para determinar a recomendação de calagem (WIETHOLTER, 2000). Em 1968, o método neutralização do Al^{3+} e elevação de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis dividiu as recomendações com o método de saturação de bases. Entretanto, em 1977, o estado de São Paulo adotou oficialmente o método do $\text{Al} \times 2$, visando elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} para 2 ou 3 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$, com 2 para solos com teores de matéria orgânica até 2% e 3 para solos com mais de 2% de matéria orgânica (WIETHOLTER, 2000). Segundo Nicolodi, Anghinoni e Gianello (2008), no Brasil, o método baseado no teor de Al^{3+} trocável é utilizado nos estados do nordeste, norte e parte do centro-oeste, e o método baseado na neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis é mais utilizado para determinar a quantidade de calcário para as áreas cultivadas no cerrado.

O método de neutralização da acidez trocável e elevação de Ca^{2+} e de Mg^{2+} trocáveis consiste na correção de acidez do solo a partir da tolerância da cultura à elevada acidez trocável e o cálculo da N.C. varia em função do teor de argila dos solos. Em solos com capacidade de troca catiônica (CTC) maior que 4,0 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$, teor de argila acima de 15% e resultado da soma de Ca^{2+} e Mg^{2+} menor que 2,0 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$ (DE SOUSA e LOBATO, 2004).

De Sousa e Lobato (2004), até o final deste tópico, descreve as fórmulas para calcular a necessidade pelo método de neutralização do Al^{3+} e elevação de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, além das variações desse método:

$$\text{N.C. (t/ha)} = \{[(2 \times \text{Al}^{3+}) + 2 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})] \times f\}, \text{ em que:}$$

$$f = 100/\text{PRNT} - \text{poder relativo de neutralização total} - \text{Fator de correção.}$$

Já para solos com CTC maior que 4,0 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$, teor de argila acima de 15% e o resultado da soma de Ca^{2+} e Mg^{2+} maior que 2,0 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$ a fórmula utilizada é:

$$\text{N.C. (t/ha)} = [(2 \times \text{Al}^{3+}) \times f], \text{ em que:}$$

$f = 100/\text{PRNT}$ - poder relativo de neutralização total - Fator de correção.

Em solos com teor de argila menor que 15%, areias quartzosas, solos com baixa capacidade de troca catiônica, baixa capacidade de retenção de água e grande suscetibilidade à erosão, a NC - necessidade de calagem - é dada pelo maior valor encontrado nas seguintes fórmulas:

$$\text{N.C. (t/ha)} = \{(2 \times \text{Al}^{3+}) \times f\}$$

$$\text{N.C. (t/ha)} = \{[2 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})] \times f\}$$

$f = 100/\text{PRNT}$ - poder relativo de neutralização total - Fator de correção.

2.1.2. Saturação por bases

Segundo Wietholter (2000), os estudos relacionados à saturação de bases à fertilidade do solo iniciaram na década de 1920, quando o D. J. Hissink, na Holanda, propôs representar o valor de saturação do solo pela expressão “% saturação em bases”, a partir do cálculo matemático que foi denominado “fator Hissink”, $V = 100 \text{ S/T}$. Alguns anos depois, Pierre (1931 *apud* WIETHOLTER, 2000), ao estudar a infertilidade de solos ácidos, descreveu a percentagem de saturação em bases com um dos principais fatores que influenciam o desenvolvimento de plantas em solos ácidos. Segundo Bear & Toth (1948 *apud* WIETHOLTER, 2000), a saturação ideal dos principais cátions no solo era 65% de Ca^{2+} , 10% de Mg^{2+} , 5% de K^+ e 20% de H^+ . Em 1985, o método de saturação de bases foi adotado pelo estado de São Paulo. (WIETHOLTER, 2000). Segundo Nicolodi, Anghinoni e Gianello (2008), no ano da pesquisa, esse método, 23 anos depois, ainda é o método mais utilizado no estado e em alguns estados vizinhos.

O método de saturação por bases baseia-se na relação existente entre o pH e a saturação por bases (V). Atingindo assim, com a calagem, definido valor de saturação por bases e de pH, considerando as exigências da cultura a ser implantada (ALVAREZ; RIBEIRO; GUIMARÃES, 1999). Para calculá-lo, é necessário determinar a soma de bases (SB), calculada pela soma das bases Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ trocáveis e, em solos salinos, Na^+ trocável, além da determinação da acidez potencial a pH 7,0 (H^+ +

Al) e, pelo cálculo da soma de bases mais acidez potencial, obtém-se a capacidade de troca catiônica (CTC a pH 7,0) e a saturação por bases $((V) - (SB/T) \times 100)$ (DE SOUSA e LOBATO, 2004).

Segundo De Sousa e Lobato (2004), a necessidade de calcário pelo método de saturação por bases é calculada pela fórmula (NC, em t/ha):

$$NC = \frac{T \times (V2 - V1)}{100} \times f, \text{ em que:}$$

V2 = saturação por bases que se deseja

V1 = $S/T \times 100$ = saturação por bases atual

$T(\text{cmol}_c/\text{dm}^3) = (H + Al + S)$

Fator de correção = $f = 100/\text{PRNT}$

2.1.3 Equilíbrio de bases

O método de Equilíbrio de Bases foi desenvolvido, em 1950, pelo pesquisador estadunidense Dr. William A. Albrecht, Ph.D. pela University of Illinois, professor e diretor do departamento de Solos da “University of Missouri College of Agriculture” (CARNEIRO, 2008). Em seus estudos, ele correlacionou a fertilidade do solo com a qualidade da forrageira e a nutrição animal e humana. Albrecht, por acreditar que a fertilidade do solo é a capacidade de fornecer todos os nutrientes de forma balanceada para a planta, desenvolveu várias pesquisas com o intuito de estabelecer o equilíbrio para um solo fértil. Para isso, através de um campo elétrico, separou da fração argila os coloides do solo, substituindo, a partir de mudança iônica do meio, os sítios de troca de cátions. Assim, determinando os cátions trocados, as misturas e o balanço entre eles. Em seguida, testou de culturas sob diferentes balanços, observando a maior produtividade e sanidade de plantas em solos com os teores de 65% de Ca^{2+} , 15% de Mg^{2+} , uma faixa de 2 a 4% para K^+ e, para os outros elementos, uma soma de 5% (CARNEIRO, 2008).

O método de equilíbrio de bases se destaca na perspectiva agroecológica, tendência da agricultura mundial, por, a partir dos efeitos positivos da maior adição de Ca^{2+} , visto pelo criador do método, W. Albrecht, como principal nutriente do solo, uma vez que proporciona melhora na floculação das argilas coloidais, tornando o solo mais poroso e permeável ao ar e à água, elementos que favorecem a micro vida do solo; promovem o aumento da fração húmica; melhora a síntese de N; melhora a

solubilidade do P e na atividade simbiótica na zona radicular; e promovendo, consequentemente, maior produtividade, uma vez que 95% do peso de um vegetal é compreendido por CO₂, O₂ e H, extraídos exatamente do ar e da água. Além disso, solos mais compactados requerem maior emprego de força motriz gerando maior consumo de combustíveis fósseis para o preparo de áreas de produção agrícola (GARCIA, 2015).

A necessidade de calagem pelo método de equilíbrio de bases é calculada a partir das saturações ideais idealizadas por Albrecht para obtenção dos valores desejados em cmol_c/dm³, 65% de Ca²⁺, 15% de Mg²⁺, uma faixa de 2 a 4% para K⁺, em função da capacidade de troca catiônica do solo, pelas fórmulas %Ca = Ca²⁺ (cmol_c/dm³)/T * 100, %Mg = Mg²⁺ (cmol_c/dm³)/T * 100 e %K = K⁺ (cmol_c/dm³)/T * 100 (ALBRECHT, 2011). Em seguida, a partir da subtração dos valores absolutos desejados das bases pelos valores atuais, obtidos pela caracterização dos atributos químicos e físicos do solo, análise de solo. Para averiguação do equilíbrio do solo, é verificada a relação entre as bases pelas fórmulas: Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, Ca + Mg/K, devendo obter como resultado: relação maior que 3:1, 15 a 25, 5 a 15 e 20 a 30, respectivamente. Posteriormente, é calculada a quantidade de Ca²⁺ e Mg²⁺ em cmol_c/dm³ fornecida por 1 t/ha, valor de referência, em função dos teores de CaO e MgO presentes nos diferentes tipos de calcários, calcítico, dolomítico e magnesiano. Por fim, a necessidade de calagem (N.C), em t/ha, é determinada por uma equação do 1º com duas incógnitas, sistema de equação, resultando em quantidades de calcário calcítico; dolomítico; magnesiano; calcítico e magnesiano; calcítico e dolomítico ou dolomítico e magnesiano (ALBRECHT, 2011).

2.2. Forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu e calagem

A *Urochloa brizantha* cv. Marandu é uma das principais forrageiras de importância para a agropecuária, sendo utilizada em 85% das pastagens brasileiras (MARTINS; NETO; OLIVEIRA, 2022). Fator que se deve à adaptação da gramínea a solos arenosos e argilosos moderadamente ácidos, apresenta alta rusticidade, adaptabilidade e resiliência ao manejo. As altas produtividades do capim-marandu ocorrem em solos profundos, bem drenados e média fertilidade (MARTINS; NETO; OLIVEIRA, 2022). Segundo Nunes (1984), a gramínea apresenta tolerância à cigarrinha-das-pastagens; bom valor forrageiro; alta produção de massa verde; alta

produção de sementes viáveis; é bem aceita por equinos; e poder ser utilizada nas fases de desmama e engorda de bovinos.

Paulino et al., (1994), em pesquisa avaliando a resposta do capim-marandu à calagem e a fertilização fosfatada em solo ácido, observou aumento da produção de matéria seca (MS) em função do aumento da dose de calcário até 2 t/ha, dose máxima utilizada, em todos os níveis de adubação fosfatado, contribuindo para a economia na utilização de corretivos fosfatados. Premazzi (1991) também descreve aumento na produção de MS em *brachiaria brizantha* em resposta ao aumento de doses de calcário.

Ao avaliar a saturação por bases como critério para recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais, Premazzi (1991), observou que a máxima produção de MS de *brachiaria brizantha* foi obtida com 44% de saturação por bases, demonstrando pouco efeito de altas doses de calcário ao desenvolvimento da forrageira. Fator que corrobora com os resultados de Nunes (1984), que atribui à forrageira tolerância ao Al^{3+} e ao Mn^{2+} , adaptação a solos pobres, embora também seja recomendada para solos de média e alta fertilidade.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A experimento foi realizado em telado agrícola (Figura 1), localizado na área experimental do curso de Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal do Tocantins/Campus Palmas, coordenadas de 10°11'57,14" S e 48°18'35,40" O, na cidade de Palmas - TO, no período de maio a setembro de 2023.

Figura 1 – Telado agrícola utilizado na condução do experimento



Fonte: Autoria própria (2023).

Foram avaliadas quatro doses de calcário, recomendadas a partir dos três métodos avaliados, 1,75; 1,61 t/ha de calcário dolomítico para os métodos de saturação por bases e neutralização do Al^{3+} com elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, respectivamente, e 1,27 t/ha de calcário calcítico e 0,463 t/ha de calcário dolomítico para o método de equilíbrio de bases. Para adequação ao experimento, as doses foram convertidas para g/kg, resultando em 1,62 g/vaso para os métodos de saturação por bases; 1,449 g/vaso neutralização do Al^{3+} com elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis; e 1,152 g/vaso de calcário calcítico e 0,4176 g/vaso de calcário dolomítico para o método de equilíbrio de bases.

O solo utilizado no experimento foi um Latossolo Vermelho-amarelo distrófico, coletado na área experimental, na camada 20-40 cm, com 44% de argila. Após coleta, o solo foi seco ao ar, destorreado, homogeneizado e passado por peneira de 4 mm para separação de torrões, raízes e palha (Figura 2). Posteriormente, foram retiradas subamostras para caracterização de seus atributos físicos e químicos (Tabela 1). Após interpretação dos dados da análise química e física do solo, as doses foram aplicadas e ao solo em sacos plásticos, incubando por 30 dias com 80% da capacidade de campo (CAMARGO; KORNDÖRFER; PEREIRA, 2007).

Figura 2 – Solo utilizado no experimento após ser passado por peneira de 4 mm para separação de torrões, raízes e palha



Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 1 – Caracterização dos atributos químicos do solo, na camada 0-20 cm, antes da implantação do experimento

pH	H + Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	T	P - meh	S	m	V
CaCl ₂	-----cmol _c /dm ³ -----						mg/dm ³		-----%	-----
4,55	2,5	0,1	0,69	0,22	0,03	3,44	2,03	5,7	9,62	27,33

Fonte: Autoria própria (2023).

Os vasos, com capacidade de 1,8 dm³, foram distribuídos obedecendo delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 16 vasos. Após enchimento dos vasos, foi feita adubação com NPK e FTE, de acordo com análise de fertilidade, para elevação dos macronutrientes e micronutrientes ao nível crítico, de modo que eles não constituíssem fator limitante para o crescimento e desenvolvimento das culturas (DE SOUSA e LOBATO, 2004).

A semeadura foi realizada com 10 sementes por vaso (Figura 3). 19 dias após emergência (DAE), foi realizado desbaste, deixando 5 plantas por vaso. O experimento recebeu irrigação diária homogênea para todos os tratamentos.

Figura 3 – A semeadura com 10 sementes por vaso



Fonte: Autoria própria (2023).

Foram realizadas quatro avaliações de teor de clorofila e altura de plantas, nos dias 26 de agosto, 2, 9, 16 e 23 de setembro de 2023. Também no dia 23 de setembro, foi realizada coleta de dados final, retirando todo material vegetativo dos vasos, raízes e parte aérea (Figura 4). Em seguida, foram realizadas: pesagem da parte aérea e raízes das plantas para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). E os tratamentos semelhantes foram subamostrados para formação de uma amostra composta para cada método, para caracterização de seus atributos físicos e químicos, podendo assim observar o efeito dos tratamentos de calagem.

Figura 4 – Material vegetativo retirado dos vasos



Fonte: Autoria própria (2023).

Para determinação das diferenças estatísticas, os dados coletados foram submetidos a análises e variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey de 1 a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Fertilidade do solo

Na avaliação da fertilidade do solo, a aplicação de calcário com doses estimadas pelos métodos de neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, saturação por bases e equilíbrio de bases promoveram um aumento significativo nos valores de pH, nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , na saturação de bases e redução do Al^{3+} trocável do solo em relação à testemunha (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização dos atributos químicos do solo, na camada 0-20 cm, dos tratamentos

Tratamentos	pH	H + Al	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	T	P - meh	S	V
	CaCl ₂	-----cmol _c /dm ³ -----						mg/dm ³		----%---
Testemunha	4,55	2,5	0,1	0,69	0,22	0,03	3,44	2,03	5,7	27,33
Neutralização	5,8	1,3	0	1,51	0,81	0,09	3,71	14	6,08	64,96
Saturação	6,1	1,3	0	1,65	0,95	0,08	3,98	11,1	3,88	67,34
Equilíbrio	6	1,3	0	1,79	0,43	0,07	3,59	8,1	6,29	63,79

Fonte: Autoria própria (2023).

Em relação ao pH do solo, todos os métodos promoveram aumento do pH até a faixa considerada adequada (5,5 a 6,5 em extrator H₂O) ao desenvolvimento de plantas, que, para pH em CaCl₂, normalmente é 0,5 unidades mais baixas em relação ao pH em água, ou seja, 5 a 6 (AMORIM, 2017). No entanto, quando se compara os métodos, o tratamento calculado a partir da saturação por bases foi o que mais elevou seus teores, elevando de 4,55 para 6,1 unidades de pH em relação à testemunha. Fator que pode ser explicado pela maior dose de calcário (equivalente a 1,75 t/ha) em relação aos outros métodos.

Resultados semelhantes foram observados por Amorim (2017), onde maiores aumentos de pH foram observados obtidos pela dose calculada pelo método de saturação por bases, em comparação ao método de neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} , que também coincidiu com a maior dose de corretivo agrícola.

Quanto à saturação de bases (V), o método de saturação por bases foi o que observou maior acréscimo, de 27,33% para 67,34%, fator que pode ser explicado pela maior dose de calcário estimada por esse método em relação aos demais, além da relação direta dessa variável com o método de saturação por bases, que consiste na relação existente entre o pH e a saturação de bases (ALVAREZ; RIBEIRO; GUIMARÃES, 1999).

Para Ca^{2+} , o tratamento calculado pelo método de equilíbrio de bases foi o que obteve maior incremento deste nutriente, que pode ser explicado pela utilização do equivalente a 1,27 t/ha de calcário calcítico e 0,463 t/ha de calcário dolomítico. O primeiro possui maior concentração de Ca^{2+} em relação ao segundo calcário, variáveis em função do material de origem. No caso dos corretivos utilizados por este método, 36 % CaO e 30% CaO, respectivamente. Para os outros métodos, houve somente a utilização de calcário dolomítico. Em contrapartida, em relação ao Mg, o método de saturação por bases foi o que proporcionou maior aumento do elemento, de 0,22 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ para 0,95 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. Fator que se deve também pela maior dose de calcário dimensionada por esse método e pela utilização de calcário dolomítico, que fornece maior quantidade de Mg que o calcário calcítico, utilizado parcialmente no tratamento de equilíbrio de bases.

A acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) e o Al^{3+} tiveram os mesmos resultados para os tratamentos neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} , saturação por bases e equilíbrio de bases, reduzindo de 2,5 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ para 1,3 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e de 0,1 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ para 0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente. Evidenciando que todos os tratamentos foram eficientes para redução da acidez potencial do solo e para neutralização do Al tóxico.

Todos os tratamentos elevaram os valores de P no solo em relação à testemunha. No entanto, apesar das doses de adubação com NPK terem sido homogêneas para todos os métodos, o tratamento de neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} foi o que obteve maior elevação de seus teores, elevando de 2,03 mg/dm^3 para 14 mg/dm^3 .

Já em relação ao K^+ , todos os tratamentos elevaram seus teores para valores semelhantes, no entanto nenhum foi capaz de elevar seus teores para o nível crítico:

teor mínimo do nutriente para atingir 90% da produtividade potencial (DE SOUSA e LOBATO, 2004).

Os teores de S, ao comparar os tratamentos, apresentou maior elevação com o equilíbrio de bases, saindo de 5,7 para 6,29, no entanto, assim como para os valores de K, os tratamentos não foram capazes de elevar os teores desse nutriente ao nível crítico (DE SOUSA e LOBATO, 2004).

A T, capacidade de troca de cátions do solo, apresentou elevação em todos os métodos em relação à testemunha. Fator que já era esperado visto que, Parahyba (2009), descreve que a correção da acidez pela aplicação de calcário agrícola propicia elevação da capacidade de troca de cátions, elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , redução da acidez potencial, redução ou eliminação dos efeitos tóxicos do Al^{3+} , Mn^{2+} e Fe^{2+} , aumento da resposta à adubação em função do aumento da disponibilidade da maioria dos nutrientes às plantas, aumento da atividade microbiana e melhoria da mineralização da matéria orgânica.

Em termos comparativos, o método neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis se mostrou eficiente ao que se propõe, proporcionando a eliminação do Al^{3+} tóxico e elevando o pH do solo. O método de saturação por bases também atingiu seus objetivos, elevando a saturação de bases a 67,34%, a saturação de bases desejada era de 68%, e o pH do solo para 6,10. Em relação ao método de equilíbrio de bases, seus objetivos foram parcialmente alcançados, após resultados, as saturações das bases obtidas foram 49,36% para Ca^{2+} , 11,98% para Mg^{2+} e 1,95% para K^+ , as doses de calcário foram calculadas para atingir 50% para Ca^{2+} , 15% para Mg^{2+} e 3% para K^+ , já a saturação bases total desejada era de 68%, as doses aplicadas elevaram seu teor para 63,79%.

4.2 Teor Relativo de Clorofila

A medição do teor de clorofila na folha a partir do medidor portátil de clorofila, clorofilômetro, é utilizada para determinar o nível nutricional de N em plantas, isso se deve pela relação positiva entre o teor de N com esse pigmento na planta, onde 50 a 70% do N total das folhas é integrante de enzimas associadas aos cloroplastos (ARGENTA, 2001). Os valores teores aferidos nos tratamentos estão dispostos na tabela 3.

Tabela 3 – Valores de teor relativo de clorofila (TRC) em 32, 39, 46 e 53 dias após (DAE)

Tratamentos	DAE				Média
	32	39	46	53	
	TRC				
Testemunha	38,18 a	24,90 a	29,95 a	21,78 a	28,70
Neutralização	33,53 ab	26,00 a	30,05 a	18,73 a	27,08
Saturação	30,23 b	25,25 a	22,03 a	16,58 a	23,52
Equilíbrio	28,95 b	16,25 a	24,63 a	17,83 a	21,92
Média	32,72	23,1	26,665	18,73	
F	*	ns	ns	ns	
CV (%)	11	29,68	27,04	22,72	

ns: não significativo; *: significância a 1%.

Ao longo das coletas, foram observados decréscimos nos teores relativos de clorofila. Situação que também ocorreu no trabalho de Castro Guimarães et al. (2011), onde a relação entre o aumento da idade das folhas de plantas e o teor relativo de clorofila é inversamente proporcional, ou seja, com o avanço da idade das folhas, há um decréscimo de clorofila, além de incremento nos componentes da parede celular, queda nos teores de proteína bruta e nos coeficientes de digestibilidade e, conseqüentemente, aumento na quantidade de matéria seca. Também, como não foram feitas adubações de cobertura com N, uma vez que o presente experimento tinha como objetivo avaliar somente o crescimento inicial do capim-marandu e que a adubação nitrogenada de cobertura não era um fator que se pretendia avaliar.

Visto que, na literatura, há trabalhos que apresentaram relação diretamente proporcional entre o TRC e doses de adubações nitrogenadas, como Costa et al. (2008), que, ao avaliar área de pastagem estabelecida com capim-marandu submetida à diferente doses de N via sulfato de amônio e ureia, no período de três anos, onde as adubações equivalentes a 100, 200 e 300 kg de N/ha/ano proporcionaram aumento de 27, 28 e 30% nos teores relativos de clorofila foliar (com valores médios de SPAD de 44,23; 45,03 e 46,14 respectivamente) em relação às parcelas não adubadas (média de SPAD de 32,00).

Na aferição realizada 32 DAE, ocorreu diferença estatística entre os tratamentos, onde a testemunha apresentou melhores resultados. Como também, no trabalho de Fonseca et al. (2009), não houve diferença significativa dos tratamentos

no 1º e 2º cortes, realizados 48 e 96 dias após semeadura, em relação à testemunha no teor e no acúmulo de nitrogênio de capim-marandu em função da dose de corretivo de acidez. Fator que pode explicar o melhor resultado da testemunha no primeiro dia de avaliação e da ausência de diferença estatística nos dias posteriores de aferições, uma vez que a última aferição foi realizada 62 dias após semeadura. Fator que pode indicar que o período de avaliação não foi suficiente para indicar os efeitos da calagem no acúmulo do TRC. Como também no trabalho de Fonseca et al. (2009), não foi observada relação direta entre doses e tipos de corretivos de acidez no TRC, o contrário foi evidenciado em relação à adubação nitrogenada de cobertura, ausente no presente trabalho.

4.3 Massa seca

As médias de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) do capim-marandu são representadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total do capim-marandu

Tratamentos	MSPA	MSR	MST
Testemunha	3,95 ab	4,01 a	7,94 ab
Neutralização	4,31 a	4,03 a	8,34 a
Saturação	2,96 b	4,21 a	7,17 ab
Equilíbrio	2,73 b	2,95 a	5,68 b
Média	3,49	3,80	7,28
F	**	ns	*
CV (%)	17,00	26,96	17,05

** : significância a 5%.

Ao analisar os resultados de MSPA em função dos tratamentos, houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, onde o método neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis apresentou melhor resultado em relação aos demais, com 4,31 g/vaso. Fator que pode ser explicado pela maior presença de P nos solos desse tratamento. Grant et al. (2001) descreve que os sintomas de deficiência de P incluem diminuição de altura da planta, redução na brotação e desenvolvimento de raízes secundárias, atraso na emergência das folhas,

redução na produção de matéria seca e na produção de sementes. Em concordância, Passos (1997) observou redução no crescimento de plantas de braquiário e andropogon na ausência de aplicação de P. Já os tratamentos de saturação por bases e equilíbrio de bases não diferiram entre si de forma significativa. Mas, apresentaram valores inferiores aos da testemunha. Mesmo sendo os tratamentos que utilizaram maiores doses de calcário. A explicação para esses resultados pode ser semelhante a encontrada por Fonseca et al. (2009), onde a menor dose de calcário aplicado, correspondente a metade da dose recomendada, obteve a maior produção de massa seca no primeiro corte de plantas. O mesmo autor atribui esse resultado ao efeito das altas doses de calcário, que podem ter provocado desordem nutricional, diminuindo a absorção dos micronutrientes, e consequentemente, a absorção de N nas plantas. Portanto, as braquiárias são plantas tolerantes às condições de acidez do solo, não sendo responsivas a altas doses de calcário (FONSECA et al., 2009). Nesse mesmo aspecto, no presente estudo, os tratamentos que obtiveram maiores produções de MST foram os mesmo que obtiveram maiores médias de TRC e foram os que receberam menores doses de calcário, o equivalente a 0 e 1,61 t/há, respectivamente.

Em relação à MSR, não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos em relação à testemunha. Fator que pode ser explicado pela saturação de bases do tratamento testemunha ser igual a 27,33%, sendo suficiente para suprir a planta com os nutrientes Ca^{2+} e Mg^{2+} . Haja visto que, segundo Bastos da Veiga e Falesi (1985), geralmente, os efeitos positivos da calagem em gramíneas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* só ocorrem quando os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} são muito baixos, devem a prática ser adotada somente a finalidade de fornecimento desses elementos, suprimindo as deficiências das plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por Fortes (2006), onde observou que, no capim-marandu, a concentração de V baixas (24-29%) foi suficiente para obtenção de maior produção de massa seca, fator que pode ser explicado pela alta tolerância do capim-marandu à acidez do solo. Segundo Kawatoko et al. (2012), a resposta de forrageiras do grupo das braquiárias à aplicação de calcário dependerá do V% inicial do solo. No trabalho do mesmo autor, não houve acréscimos na produção de MS a partir da aplicação de calcário agrícola, explicado pela V% inicial igual a 41%, suficiente para suprir a planta com os nutrientes Ca^{2+} e Mg^{2+} . Rodrigues (2005), também não observou efeito na produção de massa seca trabalhando com *brachiaria decumbens* em Neossolo Quartzarênico (V = 32%). Neste sentido, Fontana (2021) relata o efeito do calcário nessas gramíneas como fonte de

Ca^{2+} e Mg^{2+} e não como corretivo de acidez, melhorando a qualidade da pastagem do ponto de vista produtivo.

Ao analisarmos a MST, foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, apontando o tratamento de neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis como o que obteve melhor resultado, média de 8,34 g/vaso. Resultado que pode ser explicado de forma semelhante à maior produção de MSPA também proporcionada por esse tratamento, onde, de acordo com a caracterização dos atributos químicos e físicos dos tratamentos, houve maior presença de P. No entanto, quando comparamos a testemunha aos outros dois tratamentos, não houve diferença estatística entre a testemunha e o tratamento de saturação de bases e que houve diferença estatística entre a testemunha e o tratamento equilíbrio de bases. Porém, em ambos os casos, a testemunha apresentou maior produção de MST.

Resultados diferentes foram encontrados por Ciat (1989) e Premazzi (1991), observando, em seus trabalhos, aumento da produção da MS em *brachiaria brizantha* em resposta ao aumento de doses de calcário. Vale ressaltar que, por ser um experimento de curta duração, a baixa resposta da forrageira à aplicação de calcário pode estar relacionada à insuficiência no tempo de reação (AMORIM, 2017). No caso do tratamento de saturação por bases, por exemplo, mesmo tendo sido o tratamento que recebeu maior dose de calcário, não foi o tratamento que obteve maior produção de MST, tendo outros fatores como a maior concentração de P no solo e maior acúmulo de TRC mais influência na produção de MST do que o fator quantidade de calcário, evidenciados na maior produção obtida pelos tratamentos neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e testemunha. Resultados semelhantes foram encontrados por Kawatoko et al. (2012), avaliando a *brachiaria decumbens*, independente da saturação de bases encontrada nos tratamentos, observou que o acúmulo de N na planta foi o fator que mais proporcionou acréscimo na produção total de massa seca.

Em relação ao TRC, os tratamentos não proporcionaram incrementos significativos em comparação à testemunha na maioria dos dias avaliados. A produção de MSPA e a MST, apresentaram diferenças estatísticas, com os melhores resultados para o método de neutralizado do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, mesmo tendo recebido a menor dose de calcário. Já a MSR não apresentou diferença estatística, ou seja, maiores produções de MS foram obtidas pelas menores doses de calcário (equivalente a 0 e 1,61 t/há), os tratamentos não proporcionaram relação

direta com a produção de capim-marandu. No entanto, a ausência de aumento de produtividade pode estar atrelada ao tempo curto do experimento, não sendo suficiente para manifestação dos efeitos entre a calagem e a produção dessa gramínea forrageira. Havendo, portanto, a necessidade de desenvolvimento de novas pesquisas com intuito de sanar os questionamentos sobre essa relação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análises de variância, com médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%, os resultados apontaram eficiência dos três métodos para correção da acidez do solo, elevação do pH e da saturação de bases. Os dados de TRC apresentaram redução ao longo do experimento, não apresentando diferença estatística na maioria dos dias avaliados em relação à testemunha. A MSPA e a MST apresentaram diferenças estatísticas, com os melhores resultados para o método de neutralizado do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis. Já a MSR não apresentou diferença estatística.

Nesse contexto, na ausência de indicativos de produtividade, a escolha do método de recomendação de calagem toma caráter subjetivo, seja pelo maior tempo necessário para realização dos cálculos para dimensionamento das doses de corretivo, seja pela necessidade aquisição, transporte e aplicação de dois tipos de calcários diferentes para uma mesma área, fator comum nas recomendações do método de equilíbrio de bases. Nesse aspecto, os métodos de neutralização do Al^{3+} e elevação do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e saturação de bases levam vantagem em relação ao método de equilíbrio de bases. No entanto, empregando como critério a sustentabilidade, tendência na agricultura mundial, o método de equilíbrio de bases se destaca, por, a partir dos efeitos da maior adição de Ca^{2+} , proporcionar floculação das argilas coloidais, tornando o solo mais poroso e permeável ao ar e à água, proporcionando melhores condições ao desenvolvimento da porção biológica do solo, além da redução o consumo de combustíveis fósseis para preparo de área de produção agrícola gerada pela menor necessidade de força motriz em função da menor compactação do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrecht, W. **Albrecht on Soil Balancing**. Volume 7. Acres U.S.A., 2011.
- ALVAREZ V., H. V.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., H. V. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-61.
- AMORIM, Débora Michelle Gonçalves de. **Impacto da adição do hidróxido de cálcio em adesivos autocondicionantes experimentais: influência no grau de conversão e PH**. 2017. Dissertação de Mestrado. Brasil.
- ARGENTA, Gilber et al. **Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho**. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v. 13, p. 158-167, 2001.
- BASTOS DA VEIGA, J. B.; FALESI, I. C. **Recomendação e prática de adubação de pastagens cultivadas na Amazônia Brasileira**—In: **Simpósio sobre calagem e adubação de pastagens**, 1. Nova Odessa, SP, p. 256-282, 1985.
- BEAR, F.E.; TOTH, S. T. **Influence of calcium on availability of other soil cations** *Soil Science*, Baltimore, v.65, n. 1, p.69-74, 1948.
- CAMARGO, Mônica Sartori de; KORNDÖRFER, Gaspar Henrique; PEREIRA, Hamilton Seron. **Solubilidade do silício em solos: influência do calcário e ácido silícico aplicados**. Bragantia, v. 66, p. 637-647, 2007.
- CARNEIRO, Cristiane Elizabeth Alvarenga. **Manejo do solo fundamentado no equilíbrio químico**. 2008
- CASTRO GUIMARÃES, Maycon Murilo et al. **Estimativa da composição química do Capim Braquiária cv. Marandu por meio de um clorofilômetro portátil**. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, v. 4, n. 2, p. 85-98, 2011.
- Costa, K. A. P., Faquin, V., Oliveira, I. P., Araújo, J. L. & Rodrigues, R. B. (2008). **Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: II-nutrição nitrogenada da planta**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32, 1601-1607.
- COSTA, N. de L. et al. **Calagem e adubação de pastagens**. 2004.
- DE LUCENA COSTA, Newton et al. Resposta de Brachiaria brizantha cv. Xaraés a níveis de calagem. **Pubvet**, v. 6, p. Art. 1338-1344, 2016.
- DE MORAES NETO, Sebastião Pires. **Acidez, alcalinidade e efeitos da calagem no solo**. 2009.

DE SOUSA, Djalma Martinhão Gomes; LOBATO, Edson. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004., 2004.

DE SOUZA JÚNIOR, José Olímpio; SODRÉ, George Andrade. **AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA ESTIMATIVAS DA NECESSIDADE DE CALAGEM EM SOLOS DO ESTADO DA BAHIA, BRASIL**.

FERREIRA, Ricardo Buonarott; MACEDO, Manuel Claudio Motta. **Avaliação da produção do capim-massai sob doses crescentes de calcário em solo arenoso**. Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, v. 10, n. 1, p. 21-32, 2006.

FONSECA, Ivana Machado et al. **Efeito da escória, calcário e nitrogênio na absorção de silício e na produção do capim-marandu**. Bragantia, v. 68, p. 221-232, 2009.

FONTANA, Rogério. **Resposta da Brachiaria brizantha cv. Marandu em diferentes fontes de calcários submetidos a crescentes doses de magnésio**. 2021.

FORTES, C.A. **Correção do solo com silicato de cálcio e magnésio para produção de gramíneas forrageiras**. 2006. 137f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GARCIA, Jose Luiz M. **Equilíbrio de Bases Adequado e Fertilidade Agrícola**. GOEDERT, Wencelsau J. et al. **Critérios para recomendação de calagem e adubação**. 1987.

GRANT, Cal A. et al. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Informações agronômicas, v. 95, n. 1, 2001.

HISSINK, D.J. **Method for estimating adsorbed bases in soils and the importance of these bases in soil economy**. SoU Science, Baltimore, v. 15, p.269276, 1923.

KAWATOKO, M. et al. **Efeito imediato de calcário, nitrogênio e zinco na produção de matéria seca de Brachiaria decumbens**. Terra Latinoamericana, v. 30, n. 1, p. 81-87, 2012.

MARTINS, Athila Damasceno; NETO, Davi de Sá Varão; DE OLIVEIRA, Gustavo Gonçalves. **AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO RADICULAR DA BRACHIARIA BRIZANTHA CULTIVAR MARANDÚ EM DIFERENTES NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO**. 2022.

MATIAS, Sammy Sidney Rocha et al. **Recomendação de calagem com base na variabilidade espacial de atributos químicos do solo no Cerrado brasileiro**. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 4, p. 896-907, 2019.

MESQUITA, Eduardo Eustáquio 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, p. 2186-2196, 2002.

NICOLODI, Margarete; ANGHINONI, Ibanor; GIANELLO, Clesio. **Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 237-247, 2008.

NUNES, Soladino Gonçalves et al. **Brachiaria brizantha cv. Marandu.** 1984.

PARAHYBA, Ricardo Eudes. Calcário agrícola. **DNPM Economia Mineral do Brasil-2009. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral**, p. 536-545, 2009.

PASSOS, R.R.; FAQUIN, V.; CURTI, N. et al. Fontes de fósforo, calcário e gesso na produção de matéria seca e perfilhamento de duas gramíneas em amostras de um Latossolo ácido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.2, p.227-233, 1997.

PAULINO, Valdinei Tadeu et al. Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu à calagem e a fertilização fosfatada em um solo ácido. **Pasturas Tropicais**, v. 16, p. 34-40, 1994.

PIERRE, W H. **Hydrogen-ion concentration, aluminum concentration in the soil solution, and percentage base saturation as factors affecting plant growth on acid soils.** Soil Science, Baltimore, v. 31, n. 3, p. 183-207, 1931.

PREMAZZI, Linda Monica. **Saturação por bases como critério para recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais.** 1991. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

RODRIGUES, R. C., W. B. Mattos, W. L. M. Pereira, J. Lavres Jr. e W. T. Mattos. 2005. **Carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e produção de massa seca de raiz do capim-braquiária em função de doses de enxofre, nitrogênio e calcário.** B. Ind. Animal 62: 71-78.

SALASSIER, Bernardo; SOARES, ANTONIO A.; MANTOVANI, EVERALDO C. **Manual de irrigação.** Viçosa: Ed. UFV, 2006.

SILVA, Geovani José; MAIA, João Carlos de Souza; BIANCHINI, Aloísio. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 31-40, 2006.

SILVA, M. A. S., SANTOS, A. B., MACHADO, P. L. O. A., ALCANTARA, F. A., FAGERIA, N. K., SILVA, O. F. Correção da acidez do solo. **Embrapa**, 2021.

WIETHÖLTER, S. **Calagem no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000.

APÊNDICE A – EVOLUÇÃO DO EXPERIMENTO

