



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

BIANCA STEFANI ARANTES LEITE

FERTILIZANTES ESPECIAIS NA CULTURA DO MILHO E EFEITO RESIDUAL NA  
BRAQUIÁRIA CULTIVADA EM SUCESSÃO

UBERLÂNDIA  
2023

BIANCA STEFANI ARANTES LEITE

FERTILIZANTES ESPECIAIS NA CULTURA DO MILHO E EFEITO RESIDUAL NA  
BRAQUIÁRIA CULTIVADA EM SUCESSÃO

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Ciências Agrárias da Universidade Federal  
de Uberlândia como requisito parcial para  
obtenção do título de mestre em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

Coorientador: Dr. Miguel Henrique Rosa  
Franco

UBERLÂNDIA  
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

L533f  
2023      Leite, Bianca Stefani Arantes, 1996-  
Fertilizantes especiais na cultura do milho e efeito residual na  
braquiária cultivada em sucessão [recurso eletrônico] / Bianca Stefani  
Arantes Leite. - 2023.

Orientador: Reginaldo de Camargo.

Coorientador: Miguel Henrique Rosa Franco.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.8108>

Inclui bibliografia.

1. Agronomia. I. Camargo, Reginaldo de, 1972-, (Orient.). II.  
Franco, Miguel Henrique Rosa, 1987-, (Coorient.). III. Universidade  
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV.  
Título.

---

CDU: 631

André Carlos Francisco  
Bibliotecário - CRB-6/3408



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
 Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
 Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppgagro.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 008/2023, PPGAGRO				
Data:	Vinte e oito de julho de dois mil e vinte e três	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	11:48
Matrícula do Discente:	12122AGR002				
Nome do Discente:	Bianca Stefani Arantes Leite				
Título do Trabalho:	Fertilizantes especiais na cultura do milho ( <i>Zea mays</i> L.) e efeito residual na brachiaria ( <i>Brachiaria brizantha</i> cv. <i>Marandu</i> )				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Doutora: Evelyn Cristina de Oliveira - UFU; Professores Doutores: Jose Luiz Rodrigues Torres - IFTM; André Cabral França - UFVJM; Reginaldo de Camargo - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Reginaldo de Camargo, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo de Camargo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/07/2023, às 16:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Evelyn Cristina de Oliveira, Usuário Externo**, em 28/07/2023, às 17:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Luiz Rodrigues Torres, Usuário Externo**, em 28/07/2023, às 19:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **André Cabral França, Usuário Externo**, em 01/08/2023, às 17:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4688151** e o código CRC **587EE27C**.

BIANCA STEFANI ARANTES LEITE

FERTILIZANTES ESPECIAIS NA CULTURA DO MILHO E EFEITO RESIDUAL NA  
BRAQUIÁRIA CULTIVADA EM SUCESSÃO

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Ciências Agrárias da Universidade Federal  
de Uberlândia como requisito parcial para  
obtenção do título de mestre em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal

Aprovada em Uberlândia, 28 de julho de 2023.

Banca examinadora:

---

André Cabral França – Prof. Dr. (UFVJM)

---

Evelyn Cristina de Oliveira – Dra. (UFU)

---

Jose Luiz Rodrigues Torres – Prof. Dr. (UFU/IFTM)

---

Reginaldo de Camargo – Prof. Dr. (UFU) (Orientador)

*A Deus em primeiro lugar,  
Aos meus pais, Regina Célia e Aldo,  
Minha irmã, Bruna Gabrielly,  
Meu noivo Matheus,  
Aos meus familiares, amigos e  
professores.  
Com amor,  
Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo que me ajudar a alcançar e finalizar mais uma etapa em minha jornada.

Aos meus pais Regina Célia e Aldo, pelo imenso suporte, compreensão e apoio em todas as etapas de minha formação.

À minha irmã Bruna, minhas afilhadas pelo carinho e afeto.

Ao meu noivo Matheus por toda a ajuda, parceria, companheirismo, conselho e apoio que me fortaleceram em vários momentos.

Aos meus avós Maria de Jesus, José e Maria de Nazareth (*in memoriam*) que são exemplos de superação de vida.

A todos os meus colegas e amigos que de alguma forma incentivaram e contribuíram durante o processo.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pela oportunidade de realizar o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento de bolsa de estudos.

Ao meu orientador pesquisador Prof. Dr. Reginaldo de Camargo e coorientador pesquisador Dr. Miguel Henrique Rosa Franco, pela valiosa oportunidade de realizar este trabalho e pela orientação ao longo da jornada.

A todos os técnicos do Laboratório de Análise de Solos e Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Uberlândia por todo auxílio e atenção.

Ao grupo de Pesquisa em Fertilizantes Especiais e os alunos do grupo que contribuíram na condução e auxílio das avaliações do experimento.

Aos membros da banca André, Evelyn Cristina e Jose Luiz e pela disponibilidade e contribuição.

Muito obrigado!

*“Isto sabemos: a terra não pertence ao homem; o homem pertence à terra.  
Isto sabemos: todas as coisas estão ligadas como o sangue que une uma família.  
Há uma liga: O homem não tramou o tecido da vida; ele é simplesmente um de seus  
fios.  
Tudo que fizer ao tecido, fará a si mesmo. ”*

**(Carta do Cacique Seathl ao Presidente dos EUA, 1855)**

## RESUMO

LEITE, Bianca Stefani Arantes. **Fertilizantes especiais na cultura do milho e efeito residual na braquiária cultivada em sucessão**. 2023. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.<sup>1</sup>

A utilização de corretivos e fertilizantes está diretamente relacionada à produtividade agrícola, quando utilizado em doses e tecnologias adequadas favorece a cultura principal e até mesmo o cultivo em sucessão. Os fertilizantes especiais são uma alternativa promissora, que contribui para o fornecimento eficiente dos nutrientes minerais e promovem melhorias no desenvolvimento do sistema solo/planta. Objetivou-se neste estudo, comparar a eficiência agrônômica dos fertilizantes especiais em diferentes doses, inicialmente na cultura do milho e efeito residual na braquiária. Utilizou-se de um esquema fatorial de 6x5, com quatro repetições, sendo; o primeiro fator representado por seis fontes de fertilizantes (mineral convencional, organomineral farelado a base de celulose, organomineral farelado a base torta de filtro, organomineral granulado a base celulose, mineral revestido com polímero e mineral especial com base nítrica amoniacal). O segundo fator foi composto por cinco níveis de adubação de nitrogênio, fósforo e potássio (0, 40, 80, 120, 160 kg ha<sup>-1</sup>) para a cultura do milho, totalizando 120 parcelas. Realizou-se a semeadura do milho e após 45 dias avaliou-se SPAD e com 70 dias onde as plantas encontravam-se no estágio V10 avaliou-se variáveis de crescimento vegetativo. Posteriormente ao corte do milho sem o revolvimento do solo realizou-se a semeadura da *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Após 90 dias da semeadura avaliou-se variáveis de crescimento vegetativo para esta espécie. Ao final do experimento verificou-se a eficiência dos fertilizantes. A interação testada influenciou na altura de plantas (cm) e massa fresca (g) do milho. Na dose 160 kg ha<sup>-1</sup> os fertilizantes organominerais granulado a base de celulose e mineral polímero demonstraram superioridade dentre os demais fertilizantes e doses testadas. Já para a cultura de sucessão, houve influência no número de perfilho e massa fresca (g), na dose 160 kg ha<sup>-1</sup>, evidenciando o poder residual do fertilizante mineral polímero que apresentou maior peso. Quanto à equivalência dos fertilizantes, o fertilizante organomineral farelado à base de celulose demonstrou uma superioridade significativa em relação ao fertilizante convencional, apresentando um aumento de 63,22% para o milho e 60,41% para a braquiária. Estes resultados evidenciam a maior eficácia deste fertilizante em comparação com as demais fontes testadas.

**Palavras-chave:** adubação; eficiência; organomineral.

---

<sup>1</sup> Orientador: Reginaldo de Camargo – UFU.

<sup>1</sup> Coorientador: Miguel Henrique Rosa Franco.

## ABSTRACT

LEITE, Bianca Stefani Arantes. **Special fertilizers in corn crops and residual effects on brachiaria grown in succession.** 2023. 85p. Dissertation (Master in Agronomy) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia, 2023.<sup>1</sup>

The use of correctives and fertilizers is directly related to agricultural productivity, when used in appropriate doses and technologies, it favors the main crop and even succession cultivation. Special fertilizers are a promising alternative, which contributes to the efficient supply of mineral nutrients and promotes improvements in the development of the soil/plant system. The objective of this study was to compare the agronomic efficiency of special fertilizers in different doses, initially in corn crops and residual effects in brachiaria. A 6x5 factorial scheme was used, with four replications, being; the first factor represented by six sources of fertilizers (conventional mineral, cellulose-based crumbled organomineral, filter cake-based crumbled organomineral, cellulose-based granulated organomineral, polymer-coated mineral and special nitric ammonia-based mineral). The second factor was composed of five levels of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization (0, 40, 80, 120, 160 kg ha<sup>-1</sup>) for corn crops, totaling 120 plots. Corn was sown and after 45 days SPAD was evaluated and after 70 days, where the plants were at the V10 stage, vegetative growth variables were evaluated. After cutting the corn without disturbing the soil, *Urochloa brizantha* cv Marandu was sown. After 90 days of sowing, vegetative growth variables for this species were evaluated. At the end of the experiment, the efficiency of the fertilizers was verified. The tested interaction influenced plant height (cm) and fresh mass (g) of corn. At a dose of 160 kg ha<sup>-1</sup>, granulated organomineral fertilizers based on cellulose and mineral polymer demonstrated superiority among the other fertilizers and doses tested. As for the succession crop, there was an influence on the number of tillers and fresh mass (g), at a dose of 160 kg ha<sup>-1</sup>, highlighting the residual power of the polymer mineral fertilizer that had the highest weight. Regarding the equivalence of fertilizers, the cellulose-based mashed organomineral fertilizer demonstrated significant superiority in relation to conventional fertilizer, presenting an increase of 63.22% for corn and 60.41% for brachiaria. These results highlight the greater effectiveness of this fertilizer compared to the other sources tested.

**Keywords:** fertilization; efficiency; organomineral.

---

<sup>1</sup> Advisor: Reginaldo de Camargo – UFU.

<sup>1</sup> Coadvisor: Miguel Henrique Rosa Franco.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1 -	Irrigação do experimento em condução .....	40
Figura 2 -	Medição do teor de clorofila com clorofilômetro .....	41
Figura 3 -	Medição de altura das plantas de milho com trena métrica, 70 dias após semeadura .....	41
Figura 4 -	Medição do diâmetro de colmo das plantas de milho, com paquímetro ..	41
Figura 5 -	Plantas de braquiária em amplo desenvolvimento 90 dias após semeadura .....	43
Figura 6 -	Corte e retirada da parte aérea (massa fresca) das plantas de braquiária, 90 dias após semeadura .....	43
Figura 7 -	Pesagem de massa fresca das plantas de braquiária .....	43
Figura 8 -	Plantas de milho sob efeito de fertilizante organomineral granulado à base de celulose nas doses 0, 40, 80, 120 e 160 (kg ha <sup>-1</sup> ) de NPK respectivamente .....	48
Figura 9 -	Plantas de milho sob efeito de diferentes fontes de fertilizantes na dose 160 kg ha <sup>-1</sup> de NPK .....	51
Figura 10 -	Plantas de braquiária sob efeito de diferentes fontes de fertilizantes na dose 160 kg ha <sup>-1</sup> de NPK .....	60
Figura 11 -	Plantas de braquiária sob efeito de fertilizante organomineral farelado à base de celulose nas doses 40, 80, 120 e 160 (kg ha <sup>-1</sup> ) de NPK respectivamente .....	64

### GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Desdobramento de altura de plantas de milho (cm), em função de fontes e doses de fertilizantes 70 dias após semeadura em estágio V10 ..	46
Gráfico 2 -	Desdobramento de massa fresca de milho (g) em função de fontes e doses de fertilizantes 70 dias após semeadura em estágio V10 .....	50
Gráfico 3 -	Índice SPAD das plantas de milho, sob efeito de diferentes doses (kg ha <sup>-1</sup> ), 45 dias após semeadura em estágio V5 .....	52

Gráfico 4 -	Diâmetro médio de colmo (mm) das plantas de milho, sob efeito de diferentes doses ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), 70 dias após semeadura em estágio V10 .....	54
Gráfico 5 -	Área foliar ( $\text{cm}^2$ ) das plantas de milho, sob efeito de diferentes doses ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), 70 dias após semeadura em estágio V10 .....	55
Gráfico 6 -	Desdobramento de número de perfilhos de braquiária em função de fontes e doses de fertilizantes 60 dias após semeadura .....	59
Gráfico 7 -	Desdobramento de massa fresca de braquiária (g) em função de fontes e doses de fertilizantes 90 dias após semeadura .....	62
Gráfico 8 -	Índice SPAD das plantas de braquiária, sob efeito de diferentes doses ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), 60 dias após semeadura .....	65
Gráfico 9 -	Altura de plantas (cm) de braquiária, sob efeito de diferentes doses ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) 90 dias após semeadura .....	66
Gráfico 10 -	Área foliar ( $\text{cm}^2$ ) das plantas de braquiária, sob efeito de diferentes doses ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) 90 dias após semeadura .....	67

## LISTA DE TABELAS

### TABELAS

Tabela 1 -	Caracterização química e física do solo no momento da coleta, para ser utilizado no experimento. Uberlândia-MG .....	36
Tabela 2 -	Caracterização química do solo utilizado, 60 dias após calagem. Uberlândia-MG .....	38
Tabela 3 -	Parâmetros químicos e base úmida dos fertilizantes utilizados no experimento. Uberlândia-MG .....	38
Tabela 4 -	Quantidade utilizada de acordo com cada tipo de fertilizante nas diferentes doses. Uberlândia-MG .....	39
Tabela 5 -	Efeito sinérgico entre diferentes fertilizantes e doses, para altura de plantas de milho (cm) 70 dias após semeadura em estágio V10. Uberlândia-MG .....	45
Tabela 6 -	Polinômios para variável altura de plantas de milho, sob efeito dos diferentes fertilizantes e doses ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Uberlândia-MG .....	47
Tabela 7 -	Efeito sinérgico entre diferentes fertilizantes e doses, para massa fresca das plantas de milho (g), 70 dias após semeadura em estágio V10. Uberlândia-MG .....	49
Tabela 8 -	Polinômios para variável massa fresca das plantas de milho, sob efeito dos diferentes fertilizantes e doses ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Uberlândia-MG .....	50
Tabela 9 -	Equivalência e eficiência dos fertilizantes FOM farelado a base de celulose, FOM farelado a base de torta de filtro, FOM granulado a base de celulose, mineral polímero e mineral nítrico na cultura do milho, comparados com o fertilizante mineral convencional. Uberlândia-MG ..	56
Tabela 10 -	Efeito sinérgico entre diferentes fertilizantes e doses, para número de perfilhos de braquiária, 60 dias após semeadura. Uberlândia-MG .....	58
Tabela 11 -	Polinômios para variável número de perfilhos de braquiária, sob efeito dos diferentes fertilizantes e doses ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Uberlândia-MG .....	60
Tabela 12 -	Efeito sinérgico entre diferentes fertilizantes e doses, para massa fresca de plantas de braquiária (g), 90 dias após semeadura. Uberlândia-MG ...	61

Tabela 13 -	Polinômios para variável massa fresca de braquiária, sob efeito dos diferentes fertilizantes e doses. Uberlândia-MG .....	63
Tabela 14 -	Equivalência e eficiência dos fertilizantes FOM farelado a base de celulose, FOM farelado a base de torta de filtro, FOM granulado a base de celulose, mineral polímero e mineral nítrico na cultura da braquiária, comparados com o fertilizante mineral convencional. Uberlândia-MG ..	68

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
B	Boro
C/N	Relação Carbono Nitrogênio
Ca	Cálcio
cm	Centímetros
cm <sup>2</sup>	Centímetros quadrados
cmolc.dm <sup>-3</sup>	Centimol carga por decímetro cúbico
CNA	Citrato neutro de amônio
COVID-19	Coronavírus Disease 2019
CO <sub>2</sub>	Gás Carbônico
COT	Carbono orgânico total
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
Cu	Cobre
dag kg <sup>-1</sup>	Decagrama por quilo
DAS	Dias após semeadura
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fe	Ferro
FOM	Fertilizante Organomineral
FOM's	Fertilizantes Organominerais
H <sub>2</sub> O	Água
K	Potássio
Kg	Quilos
kg ha <sup>-1</sup>	Quilos por hectare
KCl	Cloreto de Potássio
K <sub>2</sub> O	Óxido de potássio
LABAS	Laboratório de Análises de Solos
Lvd	Latossolo Vermelho Distrófico
m	Saturação por alumínio
m	Metros
mm	Milímetros

mmolc.dm <sup>-3</sup>	Milimol carga por decímetro cúbico
Mn	Manganês
Mg	Magnésio
mmolc/kg	Milimol carga por quilo
mg dm <sup>-3</sup>	Miligrama por decímetro cúbico
MO	Matéria Orgânica
N	Nitrogênio
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
OMF	Organomineral farelado
OMG	Organomineral granulado
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fosfato
S	Enxofre
SARS-COV-2	Coronavírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave 2
SPAD	Soil Plant Analysis Development
TF	Torta de Filtro
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
V	Saturação por bases
V10	Fase vegetativa, décimo nó
V12	Fase vegetativa, décimo segundo nó
V18	Fase vegetativa, décimo oitavo nó
XVII	Século 18
Zn	Zinco
°C	Graus Célsius

## SUMÁRIO

RESUMO .....	I
ABSTRACT .....	II
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>22</b>
2.1. Milho ( <i>Zea mays</i> L.) .....	22
2.2. Braquiária ( <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu).....	24
2.3. Fertilidade do solo .....	25
2.4. Fertilizantes .....	27
2.4.1. Fertilizantes convencionais.....	28
2.4.2. Fertilizantes especiais .....	30
2.4.2.1. Fertilizantes revestidos com polímeros .....	30
2.4.2.2. Fertilizantes organominerais.....	31
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
3.1. Período e características gerais do experimento.....	36
3.2. Delineamento experimental.....	36
3.3. Instalação do experimento .....	37
3.4. Primeira parte - Milho ( <i>Zea mays</i> L.) .....	39
3.4.1. Avaliações .....	40
3.5. Segunda parte - Braquiária ( <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu).....	42
3.5.1. Avaliações .....	42
3.6. Análise estatística .....	44
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
4.1. Milho ( <i>Zea mays</i> L.) .....	45
4.1.1. Altura de plantas (cm) .....	45
4.1.2. Massa fresca (g).....	48
4.1.3. SPAD .....	52
4.1.4. Diâmetro de colmo (mm) .....	53
4.1.5. Área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	54
4.1.6. Equivalência e eficiência dos fertilizantes.....	55
4.2. Braquiária ( <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu).....	57
4.2.1. Número de perfilhos .....	57

4.2.2. Massa fresca (g).....	61
4.2.3. SPAD.....	64
4.2.4. Altura de plantas (cm) .....	65
4.2.5. Área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	67
4.2.6. Equivalência e eficiência dos fertilizantes.....	68
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas (2022), em 2050 a população ultrapassará 9,5 bilhões de pessoas, conseqüentemente a produção deverá aumentar para suprir a necessidade de toda população mundial, e para que isto aconteça o estímulo é utilizar os recursos atuais aliados com as novas tecnologias para promover incrementos de produção dos alimentos de forma que sejam produzidos utilizando os manejos adequados, diminuindo danos ambientais.

A adubação tem grande importância no crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas. O Brasil sendo um dos maiores produtores agrícolas do mundo requer de uma grande quantidade destes produtos, porém o que se produz dentro do país não supre a demanda requerida, com isto, há uma necessidade de importação destes insumos. Segundo Associação Nacional Para Difusão De Adubos (2022), a produção nacional de fertilizantes chegou um acumulado de 6,26 milhões de toneladas entre os meses de janeiro a outubro de 2022. A quantidade de fertilizantes importados alcançou 30,03 milhões de toneladas acumulado nos mesmos meses. Fator este contribui para a elevação dos custos de produção conseqüentemente gerando um impacto econômico.

Nos últimos anos, o Brasil enfrentou problemas que elevaram os custos de importação dos fertilizantes utilizados pelos produtores. Um destes empecilhos foi a pandemia COVID-19, causada por um novo vírus SARS-COV-2, que desencadeou uma crise sanitária prejudicando a exportação e importação de insumos (Schneider *et al.*, 2020). Outra adversidade que também tem impactado o mercado de fertilizantes foi a invasão da Rússia em território Ucrainiano, conflito este que tem ocasionado sanções econômicas impostas por outros países que não corroboram com as atitudes do atual presidente da Rússia e conseqüentemente afeta a exportação dos fertilizantes agrícolas (Osaki, 2022).

Desta forma, o Brasil se encontra em uma posição de fragilidade em relação a dependência na importação de matérias primas e fertilizantes, por isto, as pesquisas e criação de novas tecnologias podem diminuir esta submissão. Com intuito de reduzir as problemáticas, aprimorar e complementar a nutrição das lavouras os fertilizantes especiais se encaixam como uma alternativa promissora, reduz as importações por serem mais eficientes, com menores perdas pois estes possuem tecnologias que aumentam a eficiência e diminuem perca dos nutrientes (Franco, 2019). Importante ressaltar que, alguns destes produtos por serem mais

eficientes contribuem na diminuição de custos para o produtor e são de certa forma mais sustentáveis do que os convencionais por causarem menor poluição ambiental.

Uma tecnologia promissora dentro dos fertilizantes especiais são os fertilizantes organominerais, que se configuram na associação das frações mineral e orgânica. Esta característica promove a proteção dos grânulos minerais, com isto tem-se melhor aproveitamento dos nutrientes diminuindo perdas por volatilização, lixiviação, desnitrificação e imobilização. Alternativa viável que promove melhorias na qualidade do solo, menor custo de aplicação, além disto, a utilização de resíduos orgânicos é considerada sustentável, importante para redução do impacto ambiental e o poder de reaproveitar resíduos que não tinham destinação (Ulsenheimer *et al.*, 2016).

Assim como os organominerais, os fertilizantes com adição de polímeros são classificados como fertilizantes especiais e esta tecnologia se caracteriza pelo revestimento uniforme dos grânulos minerais com polímeros, moléculas sintéticas que protegem os grânulos. Conseqüentemente, estes fertilizantes serão liberados de forma lenta, ocasionando melhor aproveitamento do produto reduzindo perdas por processos naturais (Cantarella, 2007).

Há necessidade de se utilizar fertilizantes de maneira sustentável para suprir a demanda da população e minimizar os impactos ambientais. O desenvolvimento de fertilizantes de liberação lenta e controlada é destacado como importante na redução da contaminação de recursos hídricos e rios, logo tem o intuito também de diminuir perdas dos fertilizantes e aumentar a eficiência dos produtos.

O plantio de forrageiras em sucessão a culturas anuais é muito comum no Brasil, pois não requer uso de fertilizantes no plantio devido ao aproveitamento da adubação utilizada na cultura antecedente (Garcia; Machado, 2019). Esta técnica contribui para a produção de fitomassa e promove inúmeros benefícios, como diminuição da erosão; agregação e estrutura do solo; eficiência dos fertilizantes; controle de pragas, doenças e plantas daninhas (Possamai, 2022).

Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar diferentes fontes e doses de fertilizantes na produção de milho e seu efeito residual no cultivo da braquiária em sucessão.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Milho (*Zea mays* L.)

O ranking mundial dos maiores produtores de milho é representado pela seguinte ordem: Estados Unidos, China e Brasil, que juntos somam 63% da produção mundial. O grande porte de tecnologias e condições climáticas favorecem produção em diversas regiões do país, permitindo obtenção de até duas safras ao ano no Brasil (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, 2023).

As plantas requerem de demanda nutricional específica, para o milho não é diferente, crucial na caracterização e promoção de boa produtividade para a lavoura. Desta forma é importante a identificação da necessidade, conseqüentemente efetuar o fornecimento correto e supressão dos nutrientes. Em determinados ciclos, o milho requer uma quantidade maior de nutrientes, como por exemplo nos estádios vegetativos (V12 à V18) e no estágio reprodutivo, onde ocorre a conclusão do processo de produção da espiga e seus grãos (Resende; Coelho; Santos, 2012).

De acordo com Coelho (2006), os principais nutrientes exportados pelo milho são N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Mn e Fe. A medida que se eleva a produtividade tem-se um aumento de extração destes nutrientes. Ainda de acordo com o mesmo autor recomenda de 60 a 100 kg N/ha, 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha e 60 a 120 kg de K<sub>2</sub>O, para a cultura do milho.

Gott *et al.* (2014), através da diagnose foliar, verificaram que as faixas adequadas de suficiência para teores de nutrientes na cultura do milho são maiores do que as recomendadas por Malavolta *et al.* (1997), com exceção apenas para o nutriente Mg. Para o N, o indicado pelo autor seria de 27,5 a 32,5 g kg<sup>-1</sup>, atualmente Gott recomenda 35,0 a 40,3 g kg<sup>-1</sup>. Assim como para o nutriente anterior a recomendação de P e K por Malavolta é 2,5 a 3,5 e 17,5 a 22,5 g kg<sup>-1</sup> respectivamente, diferindo de Gott, que a faixa recomendada está entre 3,3 a 3,8 e 22,7 a 28,9 g kg<sup>-1</sup> para estes respectivos nutrientes. Atualmente, os materiais genéticos explicam elevada exigência, uma vez que estes apresentam maior potencial produtivo devido sua capacidade de extração (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2007).

O nitrogênio (N) e o potássio (K) representam a maior exigência dentre estes minerais, devido à importância na produção e conversão de enzimas da planta relevantes para o

crescimento e produção da mesma. Porém, sabe-se que a falta de algum nutriente mesmo que em menor quantidade prejudicará a planta. Por isto, a identificação e fornecimento dos fertilizantes é de suma importância (Muchow; Sinclair, 1995).

O N desempenha uma função de relevância no processo fotossintético das plantas, influenciando diretamente o teor proteico dos grãos, além de constituir parte integrante de diversas moléculas essenciais. Portanto, a garantia de um suprimento adequado de nitrogênio é de importância crítica devido ao seu efeito limitante na produtividade. Notavelmente, mais de 70% dos ensaios de adubação nitrogenada conduzidos demonstraram resultados significativamente positivos (Coelho, 2006).

De acordo com Barros e Calado (2014), o potássio assim como o nitrogênio é um dos nutrientes mais absorvidos e que tem grande importância para adubação da cultura do milho, sendo que este elemento favorece o aumento dos processos respiratórios e de fotossíntese. Quando mal manejados, dificulta a absorção pela planta, além disto pode acarretar grandes perdas do fertilizante por processos de volatilização, lixiviação e desnitrificação devido alto poder de solubilidade e mobilidade.

Os minerais fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) são importantes para diferentes processos metabólicos e fazem parte de diversas estruturas da planta, porém, o P é um elemento pouco disponível para a planta, isto ocorre devido à presença de alumínio, ferro e cálcio que impedem a absorção, com isto as doses normalmente são mais altas devido à baixa eficiência do nutriente (Barros; Calado, 2014).

O manejo, utilização de insumos, técnicas, desenvolvimento de novas tecnologias de forma adequada são de extrema importância para elevar a produção e atingir grandes picos produtivos. As técnicas, como por exemplo exercem melhorias também para a qualidade química e física dos solos.

Os fertilizantes especiais atuam como uma barreira impedindo ou diminuindo perdas do mineral, favorecendo o melhor aproveitamento do mesmo pela planta. De acordo com Silva (2020), a aplicação de fertilizante organomineral na cultura do milho V2 (50%) + V4 (50%) no cerrado promoveu resultados positivos para o colmo, espiga e grãos. O que confirma a importância e bom desempenho deste tipo de fertilizante e sua eficiência. A matéria orgânica presente possui grupos funcionais oxigenados com cargas negativas em sua superfície ( $-O^-$  e  $-CO^-$ ), estes grupos têm a capacidade de reter íons de hidrogênio ( $H^+$ ) na solução do solo, resultando na diminuição da acidez e na promoção da formação de complexos catiônicos

(Sizmur *et al.*, 2015). As cargas negativas presentes se ligam com elementos e possibilita maior disponibilização dos nutrientes para as plantas (Sichocki *et al.*, 2014).

## **2.2 Braquiária (*Urochloa brizantha* cv. Marandu)**

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2020) em 2018 a porcentagem de pastagens nativas e plantadas brasileiras alcançava um patamar de 21,2%, cerca de 180 milhões de hectares. Estas áreas têm bastante influência na pecuária brasileira, devido o capim ser o principal alimento destes animais, contudo, o manejo adequado é importante para que o potencial de produção da planta seja alcançado e também para o fornecimento de nutrientes para os animais com objetivo de aumentar a produção de carne e leite gerada.

No ano de 1984, foi desenvolvida no país a cultivar Marandu, atualmente com ampla utilização no pastejo direto e silagem, em diversas regiões do país, devido sua adaptabilidade em diferentes tipos de solos e climas (Nunes *et al.*, 1984).

Esta cultivar é caracterizada como uma forrageira altamente produtiva, de baixa exigência nutricional, ciclo curto, perene, de porte ereto, cresce em formato de touceiras, cespitoso, rizomatosa de porte médio à alto, podendo atingir de 1,5 a 2,5 metros de altura. Seu sistema radicular fasciculado pode alcançar até 2 metros de profundidade. Devido a esta particularidade consegue se desenvolver em locais com seca prolongada e solos erodidos através da estabilidade que as raízes profundas promovem. Apresenta boa capacidade de rebrota, na parte basal da planta tem-se grande quantidade de perfilho e as folhas são do tipo finas compridas e ásperas devido a presença de pilosidade na bainha (Barnabé *et al.*, 2007).

Assim como outras culturas, o capim Marandu possui exigências nutricionais específicas para se desenvolver e realizar funções metabólicas que requerem determinados nutrientes. Quando mal manejado ou não fornecido à planta pode reduzir seu vigor e até mesmo produtividade (Cantarutti *et al.*, 1999).

Werner *et al.* (1996) calcularam e identificaram a faixa de teores de nutrientes adequados para braquiária. Portanto, para N, P e K os autores recomendam 13 a 20; 0,8 a 3; 12 a 30 g kg<sup>-1</sup> respectivamente. Os autores ainda conseguiram verificar que estes teores podem ser alterados devido tipos diferentes de solo, clima e época de amostragem.

Costa *et al.* (2016) em seus estudos conseguiram verificar que para a braquiária, recomenda-se de 30 a 60 kg N/ha<sup>-1</sup> para o fósforo e potássio esta recomendação será de acordo com análise química do solo.

A cultura tem boa adaptação em solos de média a alta fertilidade e é observado boa produtividade quando inserida no bioma cerrado (Oliveira *et al.*, 2017). Grande parte dos solos presentes nesta região são ácidos, com baixa fertilidade e elevados níveis de Al e Mn, atributos estes que revelam a tolerância da cultura em se desenvolver nestas condições, uma vez que quando comparadas a outras gramíneas podem ser considerados tóxicos. O clima deste bioma é outro fator que contribui positivamente para a produção da mesma. Além disto, nota-se que a forrageira consegue tolerar geadas brandas, seca e fogo. Porém, em solos mal drenados ou muito argilosos a cultura não tem boa adaptação inibindo o crescimento da planta (Nunes *et al.*, 1984).

A forrageira apresenta resposta satisfatória à aplicação de fertilizantes. Quanto a adubação fosfatada é necessária uma atenção além, pois quando fornecido em doses insuficientes ou não disponibilizado limitam o desenvolvimento e produção da planta. Quanto aos demais macronutrientes e micronutrientes, são importantes para a fisiologia da planta, porém não tão significativo comparado a base fosfatada (Costa *et al.*, 2016).

É importante levar em consideração o manejo, os diferentes tipos de fertilizantes e formas de aplicação para evitar perdas do adubo por processos naturais e até mesmo favorece o melhor aproveitamento pelas plantas. A utilização de fertilizantes especiais promove melhor aproveitamento e quando uma pastagem é bem manejada responde satisfatoriamente a produtividade e contribui para o desempenho de animais.

### **2.3 Fertilidade do Solo**

O manejo correto dos solos é importante pois a variabilidade está ligada também com os minerais que o compõe, tornando possível a disponibilização dos nutrientes para as culturas. A matéria orgânica, óxidos de ferro, argilominerais, a distribuição granulométrica e umidade influenciam bastante nas características e funcionalidades do solo (Shepherd; Walsh, 2002).

Diante disso, a análise química de solo é um método imprescindível para avaliação nutricional e fertilidade do mesmo. Identificando os minerais presentes é possível a prescrição

de fertilizantes, compostos a serem fornecidos ao solo a planta. De forma adequada em suas devidas doses busca atender o equilíbrio entre eles, evitando algum tipo de deficiência ou excesso de algum nutriente, buscando sempre o amplo desenvolvimento da planta, não prejudicando o solo com contaminação, eutrofização dos rios, bacias que estão presentes no sistema próximo e perda da biodiversidade (Stewart, 2023).

A disponibilidade dos nutrientes é um fator que está diretamente ligado a produtividade da planta, estes quando em baixas concentrações ou desequilíbrio influenciará no desempenho das culturas. Com isso, a adubação tem um papel de suma importância na agricultura brasileira, contando que a maioria dos solos do território são de baixa fertilidade. Porém, o manejo incorreto de adubos e fertilizantes, a utilização de produtos não necessários acarreta contaminação dos solos, plantas e água. Para as culturas são inúmeras as consequências que podem ocorrer como: cloroses, devido a deficiência de nutriente, afeta também a sanidade da planta, podendo se tornar mais suscetível a determinados tipos de doenças e ataque de pragas e outros problemas que afeta o sistema solo e planta, e diversos outros problemas que contribuem para baixos níveis de produtividade (Stewart, 2023).

O pleno desenvolvimento das plantas está unido com os elementos que são fornecidos. Estes são separados em critérios de essencialidade onde a ausência dificulta o pleno ciclo da planta, o mesmo contribui para condições químicas e microbiológicas desfavoráveis do solo e a deficiência pode ser prevenida mediante fornecimento deste em falta. As plantas necessitam dos elementos para manter seu amplo desenvolvimento, cada uma tem suas especificações e quantidades requeridas, porém, os elementos mais comuns para a demanda nutricional são: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio e magnésio (Mendes, 2007).

Segundo Loss (2011) em solos tropicais alguns elementos são importantes para inúmeros processos que permitem trocas entre solo e a planta. Os solos da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba naturalmente são na grande maioria ácidos, ricos em alumínio e pobres em bases ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$ ) distróficos e álicos, raramente eutróficos (Ker, 1997), necessitam de correção do pH, neutralização da acidez trocável e fornecimento de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  para viabilizar a produção da maioria das espécies vegetais (Miranda; Mielnickzuk; Lobato, 1980; Lopes, 1983; Lopes, 1989).

## 2.4 Fertilizantes

Os fertilizantes são substâncias químicas, misturas naturais ou artificiais, que quando adicionadas ao solo fornecem nutrientes as plantas, sendo importantes para o fornecimento de alimentos e recursos para humanos, animais e diversos tipos de indústrias. São compostos por diversos elementos, porém, os mais comuns são nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), que são fundamentais para o crescimento das plantas (Stewart, 2023). O uso na agricultura é fundamental para garantir o crescimento saudável e o sucesso dos cultivos, fornecendo nutrientes às plantas, cruciais para o desenvolvimento saudável das raízes, folhas, flores e frutos. Além disso, os fertilizantes ajudam a corrigir as carências nutricionais no solo, melhorando qualidade e garantindo uma produção em maior abundância. Portanto, o uso adequado de fertilizantes é uma parte importante da gestão agrícola eficiente e responsável (Valderrama e Buzetti, 2017).

Segundo Reetz (2017) desde o século XVII a utilização de técnicas para adubação de plantas se destaca devido a busca do produtor em alcançar melhores desempenhos de suas lavouras. Esse tópico impulsiona a necessidade de investigar estratégias de manejo apropriadas para a exploração do produto, com o objetivo de aumentar a conscientização acerca da administração de doses, dos períodos de carência e dos requisitos específicos para diferentes culturas. Com isso, o uso correto de fertilizantes é crucial para a agricultura moderna, pois ajuda a aumentar a produção de alimentos, melhora a qualidade das culturas e visa utilizar estes produtos de forma sustentável, responsável, evitando excesso, uso inadequado, para evitar efeitos negativos no solo e no meio ambiente. Ou seja, a falta de algum nutriente no solo que seja requisito para o desenvolvimento da planta diz muito da necessidade de adubação (Garcia, 2020).

O mercado global de fertilizantes agrícolas é altamente competitivo e impulsionado pelo aumento da demanda por alimentos devido ao crescimento da população mundial. O uso destes insumos é crucial para aumentar a produção de alimentos e melhorar a qualidade das culturas, tornando-se uma indústria vital para a economia global. Este mercado de fertilizantes continua a expandir-se e apresenta oportunidades de negócios para empresas e investidores (Schneider, *et al.*, 2020; Osaki, 2022).

No Brasil o mercado de fertilizantes agrícolas é um dos mais importantes da América Latina e ocupa posição de destaque no cenário mundial, com uma área de cultivo de mais de 60

milhões de hectares e uma agricultura diversificada, o país é um dos maiores produtores e consumidores de fertilizantes do mundo (Miranda, 2018). O uso de fertilizantes tem sido fundamental para aumentar a produtividade agrícola e garantir a segurança alimentar no Brasil. A indústria de fertilizantes tem se expandido e conta com empresas nacionais e multinacionais presentes no mercado. No entanto, a volatilidade dos preços das matérias-primas e regulamentações ambientais cada vez mais rigorosas são desafios que precisam ser superados para garantir o sucesso e a sustentabilidade desta indústria.

De acordo com a Associação Nacional para Difusão de Adubos (2022), de janeiro a outubro de 2022 o Brasil importou cerca de 30,03 milhões de toneladas de fertilizantes em contrapartida a produção nacional atingiu índice 6,26 milhões de toneladas. É uma quantidade significativa, porém não supre a demanda que o país necessita, por isto há esta grande dependência do mercado exterior.

Com o objetivo de suprir a demanda de alimentos para a população em 2050 e preservar o meio ambiente, é necessário o uso sustentável de fertilizantes no solo. Para isso, o desenvolvimento de fertilizantes ecológicos e novos métodos de manejo de nutrientes tornou-se importante para fortalecer o meio ambiente. Em 2019, foi aprovado o Código Internacional de Conduta para o Uso Sustentável e Manejo de Fertilizantes, que incentiva ações que minimizem os impactos ambientais e maximizem os benefícios para a produção agrícola e saúde do solo (Gonçalves, 2021).

Existem diversos tipos de fertilizantes, classificados em orgânicos ou mineral, naturais ou sintéticos, cada um com suas vantagens e proteção utilizados para corrigir carências nutricionais, melhorar a qualidade do solo e maximizar o desempenho das plantas. Os fertilizantes convencionais e especiais são diferentes em sua composição e finalidade, a escolha do fertilizante adequado depende de diversos fatores, como o tipo de planta, o solo e as condições climáticas. Sendo que os fertilizantes convencionais são os mais utilizados atualmente (Ogino *et al.*, 2021).

#### **2.4.1 Fertilizantes Convencionais**

Os fertilizantes minerais convencionais, são compostos químicos naturais ou sintéticos usados na agricultura para fornecer nutrientes essenciais básicos (nitrogênio, fósforo, potássio e outros) às plantas. Estes são formulados para fornecer principais nutrientes necessários para

o crescimento e desenvolvimento saudável das plantas. Além disso, podem ser fluidos ou sólido, usados em diferentes tipos de aplicações, como solo, foliar, hidroponia e semente. São caracterizados também como mistos ou simples devido sua potencialidade de fornecer um ou mais nutrientes para as plantas. Alguns fertilizantes minerais podem incluir micronutrientes, como ferro, zinco e cobre, que são utilizados para a correção de carências nutricionais específicas. Esses são amplamente utilizados na agricultura devido à sua capacidade de elevar a produtividade e fácil disponibilidade. Sua composição base são minerais advindos de matérias primas não renováveis, advindo da petroquímica e da mineração, obtido por processos químicos ou físicos (Reetz, 2017).

O manejo destes produtos é uma preocupação mundial ambiental devido formas incorretas de utilização, pois quando não manipulado de forma correta ocasiona problemas de volatilização, fixação e lixiviação dos nutrientes. Isto conseqüentemente gera danos ao ambiente devido a contaminação do ambiente, podendo levar a intoxicação de pessoas, animais e plantas (Vargas; Roisenberg; Pulgati, 2018).

Outro fator que também interfere o uso destes produtos são os custos, pois a dependência de importação faz com que os custos tenham valores elevados e instabilidade de preços pelo fato que a maior parte são advindos de outros países.

Os fertilizantes nitrogenados são subdivididos de acordo com a sua composição em quatro grupos (amoniacais, nítricos, amídicos e os nítrico-amoniacais). Os fertilizantes nítrico-amoniacal são fertilizantes minerais que contém nitrogênio em sua composição 33 a 34%, na forma nítrica e amoniacal (Messias *et al.*, 2008).

Estes são formulados a partir de nitrato de amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) produzido por uma solução concentrada entre gás amônia com ácido nítrico, e são utilizados para fornecer rapidamente amônio, facilmente absorvido pelas raízes, e nitrato, que gradualmente será convertido podendo ser disponibilizado em um rápido período para as plantas, importante para o crescimento e desenvolvimento da parte aérea, além disso, os fertilizantes nitrato-amônicos são geralmente mais eficientes e fáceis de usar do que outros tipos de fertilizantes nitrogenados (Reetz, 2017).

Havlin *et al.* (2021) verificaram que quando as plantas foram adubadas com nitrato ou amônio separadamente obtiveram menor crescimento vegetal, comparando quando utilizado fertilizante nítrico amoniacal, também poderão verificar que o uso destes reduziu o pH da rizosfera. O sistema radicular requer determinados minerais para o seu amplo desenvolvimento,

que estão presentes neste tipo de fertilizante, proporcionando o bom desenvolvimento e crescimento das raízes.

De acordo com Maças (2008) o uso destes fertilizantes contribui para manter o nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) no solo por um tempo maior, devido a isso este é de grande importância para a promoção de maiores produtividades e redução da lixiviação do nitrogênio. O nitrogênio será disponível de acordo com o crescimento da planta. A presença deste nitrogênio amoniacal pode atuar de forma positiva quanto negativa, influenciando a absorção radicular de outros nutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Por isso, é importante usá-los de forma adequada nas doses ideais de acordo com as recomendações para evitar problemas: ambientais, quanto a nutrição das plantas, contaminação do solo e da água.

#### **2.4.2 Fertilizantes Especiais**

Fatores como a expectativa de boa rentabilidade, a relação de troca favorável e a evolução tecnológica explicam o desempenho do setor. O mercado de fertilizantes especiais registrou um crescimento de 64,96% em 2021, chegando um total de 16,6 bilhões de reais em vendas. A utilização de fertilizantes especiais e de liberação lenta tem aumentado significativamente devido a sua maior eficiência e melhorias nas características físico-químicas do solo, gerado em aumento da produção das culturas, como também existe uma preocupação dos produtores socioambiental em regeneração dos solos utilizados (Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal, 2021).

##### **2.4.2.1 Fertilizantes Revestidos com Polímeros**

Esses fertilizantes especiais são essencialmente caracterizados pela presença de uma camada de polímero em sua superfície, segundo Instrução Normativa nº61, de 8 de julho de 2020 (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2020). O processo envolve a aplicação de uma ou mais camadas de polímero sobre os grânulos de fertilizantes convencionais, que são solúveis em água. Como resultado, a camada que envolve o grânulo se torna insolúvel em água, o que, por conseguinte, reduz a permeabilidade do grânulo à água.

Essa modificação tem um impacto direto na disponibilidade de nutrientes e na solubilidade do fertilizante, (Chien; Prochnow; Cantarella, 2009).

Esta tecnologia funciona por meio do mecanismo de difusão, a água percorre pequenos poros presente na camada de revestimento e conseqüentemente ocorre o processo de osmose. De acordo com Azeem *et al.* (2014), a água faz com que ocorra a dissolução do mineral, conseqüentemente disponibilização dos nutrientes para as plantas.

A liberação de nutrientes ocorre após a água dissolver os minerais presentes no grânulo, essa dispersão ocorre de forma lenta devido a barreira que o polímero promove, com isto tem-se aumento da eficiência e diminuição de perdas no processo de adubação, proporcionando então melhor aproveitamento pelas plantas (Nash; Nelson; Motavalli, 2013). Além disso, o revestimento pode auxiliar na proteção contra condições adversas.

Estudos revelaram que uma das formas de reduzir perdas de nutrientes no uso de adubos a base de fosfatos seria através de tecnologias que liberam de forma lenta a substância, neste caso os fertilizantes fosfatados pouco solúveis e os fertilizantes revestidos com polímeros, são bastante eficazes para diminuir essas percas. Wang *et al.* (2022) utilizaram um revestimento de superfície rugosa, a base de óleo de algodão extremamente hidrofóbico fez com que tornasse mais lenta a liberação nos nutrientes.

Segundo Trenkel (2010), os fertilizantes fosfatados e nitrogenados são os que mais detêm desta tecnologia, devido percas no processo de adubação com estes materiais em determinadas situações nos processos naturais de lixiviação, desnitrificação, imobilização e volatilização. De acordo com Costa *et al.* (2022), a incorporação de polímeros na formulação do fertilizante monoamônio fosfato demonstraram promissoras aplicações na agricultura do girassol. Com isto, o uso desta tecnologia é de grande importância para minimizar percas e conseqüentemente aumentar eficiência do produto.

#### **2.4.2.2 Fertilizantes Organominerais**

A utilização de resíduos orgânicos na agricultura é uma técnica milenar valiosa para sustentabilidade, conservação do solo, plantas e meio ambiente. Os resíduos orgânicos, como restos de alimentos, folhas, galhos e esterco de animais, podem ser utilizados como adubos orgânicos e contribuem no fornecimento de nutrientes para as plantas, ajudam a melhorar a

estrutura do solo, aumentando capacidade de retenção de água e nutrientes. Outra vantagem é que o uso de adubos orgânicos pode reduzir a dependência de fertilizantes químicos, minimizando o impacto ambiental negativo. (Ribeiro; Guimarães; Alvarez, 1999).

A utilização da matéria orgânica (MO) promove resultados satisfatórios às plantas e efeitos positivos no solo, sejam químicos, físicos e biológicos (Steenwerth *et al.*, 2005). Uma das tecnologias atuais que englobam resíduo orgânico em sua composição são os fertilizantes organominerais que vem ganhando espaço ano após ano no mercado agrícola brasileiro. Alternativa sustentável e economicamente viável, já que há uma destinação dos resíduos orgânicos.

Os fertilizantes organominerais são caracterizados pela mistura física de um ou mais material mineral e diferentes fontes de resíduos orgânicos, isto diferencia os FOM dos fertilizantes convencionais. A Instrução Normativa nº61, de 8 de julho de 2020, estabelece exigências que devem ser atendidas quanto a composição do organomineral para uso na agricultura. Algumas especificações que o organomineral devem respeitar são: para os produtos sólidos deve conter no mínimo 8% de carbono orgânico, umidade máxima 20%, CTC no mínimo 80 mmol/kg, os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S 1% de teor mínimo e outros deve ser menor que 1% no mínimo; para os produtos líquidos devem conter no mínimo 3% de carbono orgânico e a porcentagem de nutrientes é igual ao produto sólido (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2020).

Conforme a normativa citada acima ela também estabelece classificação dos fertilizantes organominerais de acordo com a origem de seus resíduos orgânicos utilizados na sua composição. Estas classes são: A – material advindo de atividades extrativas, agropecuárias, industriais, agroindustriais, comerciais isentas de despejos ou contaminantes sanitários (torta de filtro, vinhaça, turfa, palhas, cascas, frutos, cama de frango, esterco bovinos e suínos); B – resíduos orgânicos advindos de atividades urbanas, industriais e agroindustriais (lodo de esgoto, lixo) (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2020).

A torta de filtro é um dos principais resíduos orgânicos destinados à produção dos fertilizantes organominerais, este é um subproduto gerado nas usinas sucroalcooleiras em grande escala, de acordo com Bernardino (2018) para uma tonelada de cana moída de produz-se 40 kg de TF. Sua composição tem bastante variação devido as condições edafoclimáticas, variedade utilizada e processos industriais, onde interferem diretamente a presença e quantidade de nutrientes, basicamente este resíduo é formado por MO e nutrientes como: N, P, K, Ca, Zn, Mg,

Mn, Cu, Fe (Almeida Júnior; Nascimento; Sobral, 2011). Andrade *et al.* (2012), observaram em um experimento que a utilização de FOM à base de TF melhorou o desenvolvimento de mudas pré-brotadas, evidenciando que a associação deste resíduo é bastante viável já que este promoverá bons rendimentos para as culturas.

Outro material bastante utilizado na composição dos FOM é a celulose, que são basicamente cascas, lama de cal, lodo biológico, resíduo celulósico e cinza de caldeira, produzidos em larga escala no Brasil e apresentam elevada relação C/N, alto teor de nutrientes, como carbono, celulose, hemicelulose e lignina, portanto são considerados ótimas fontes de matéria orgânica, para a composição deste tipo de fertilizantes (Bellote *et al.*, 1998). Segundo Guerrini (2003) em um solo do tipo Neossolo Quartzarênico, os compostos orgânicos a base de celulose conseguiram substituir adubações químicas de três meses na cultura do eucalipto. Por isto, a importância de se utilizar resíduos que tragam bons desempenhos para as culturas.

A produção do FOM acontece primeiramente com a decomposição do material orgânico para a descontaminação dos resíduos, posteriormente é analisado a matriz orgânica a ser utilizada para que não tenha nenhum microrganismo indesejável (Oliveira; Jucá, 2004). Posteriormente faz-se um balanceamento dos nutrientes, de acordo com as exigências da cultura e solo, pensando sempre na junção com o mineral. Nestes processos são realizados diversos testes laboratoriais para identificação dos nutrientes e confirmação das exigências verificando sempre se estão dentro dos padrões exigidos (Royo, 2010).

Diante destes requisitos de formulação o organomineral sólido também se difere quanto sua forma física de comercialização, em farelado, peletizado e granulado. O organomineral farelado é composto a partir da junção simples da matéria orgânica e a fonte mineral, este tipo de fertilizante é bastante utilizado em aplicações à lanço (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018). Os FOM granulados podem ser obtidos por diversos processos de aglomeração, mistura e agitação em um granulador, seguidos por secagem, após resfriado os grânulos são classificados estes também podem ser grânulos misturados, matéria orgânica e fertilizantes, ou grânulo fundido, apenas um visível, porém estão juntos. Devido sua maior resistência mecânica, fluidez e baixo teor de umidade os FOM granulados são mais usuais na agricultura (Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal, 2017). Já os fertilizantes peletizados são produzidos pelas transformações da MO ou produto farelado por extrusão, primeiramente ocorre um processo térmico condicionador, depois expander, finalizando tem-se os pellets formados e levado para resfriamento. Estes por passarem por este

processo de alta pressão, umidade e temperatura, forma determinada resistência o que confere mais estabilização dos nutrientes ali presentes (Oliveira, 2014).

A matéria orgânica que compõe o FOM atua como condicionador dos solos, protege os grânulos e oferece solução equilibrada para as plantas. Os benefícios são inúmeros, podemos começar a listá-los pela liberação lenta dos nutrientes "slow release", permite que os nutrientes fiquem disponíveis para as plantas por um período prolongado, favorecendo o efeito residual, aproveitamento e eficiência do fertilizante (Kiehl, 2008; Ferreira, 2014). É possível notar que há uma economia dos nutrientes, diminuição das perdas de minerais por processos de lixiviação, volatilização e fixação. Segundo Ruppenthal e Conte (2005), ao utilizar estes fertilizantes tem-se melhor absorção de N devido a liberação controlada do composto, evitando perdas por volatilização e lixiviação do elemento.

O organomineral contribui também na redução da adsorção de P nos colóides do solo. Isto ocorre devido à presença de ácidos orgânicos presentes na MO diminuindo o potencial de adsorção de fósforo pelos sítios formados por Al, Fe e Ca (Akhtar *et al.*, 2002). A presença destes ácidos confere biodisponibilidade de P, melhora o sistema radicular e promove interação das plantas com os minerais. De acordo com Cabral (2016), a utilização de FOM reduziu a adsorção de fósforo, tornando este disponível para a cultura do milho.

A utilização de FOM também promove interação do solo com a matéria orgânica, e de acordo com Reetz (2017), além de disponibilizar macro e micronutrientes para as plantas promove inúmeros benefícios para o solo, que são: diminuição da compactação e risco de erosão; aumento da estabilidade dos agregados, porosidade e superfície específica. Estes benefícios estruturais, contribuirão para o aumento da fertilidade, qualidade, retenção de nutrientes, elevação da aeração e água no solo, que são essenciais para o desenvolvimento das plantas e principalmente das raízes (Benites *et al.*, 2010).

Outro fator positivo que o uso deste promove é o aumento da CTC devido as cargas negativas presentes na matéria orgânica, o que diminui também a acidez do solo. Segundo Albuquerque (2003), em um solo com predominância de minerais de baixa atividade de argila, durante 21 anos acumulando matéria orgânica, teve grande aumento na CTC do solo e foi possível verificar também que a MO se encontra nas camadas superficiais deste solo, além disto, aumento da atividade microbiana do solo, devido à presença de microrganismos benéficos na composição do FOM que irão contribuir para o desenvolvimento e recuperação da flora microbiana.

Além de todos estes benefícios, estudos comprovaram aumento de produtividade em diversas culturas como, sorgo, capim Marandu, batata, milho e feijão. Evidenciando sempre sua viabilidade, efeito residual e corroborando com os fatores ambientais e socioeconômicos (Loss, 2011; Oliveira *et al.*, 2016; Pramanick *et al.*, 2017; Ulsenheimer, 2016). Com todos estes resultados significativos o mercado deste tipo de fertilizante vem ganhando visibilidade, portanto há maior investimento neste tipo de tecnologia.

É notório a infinidade de benefícios que os fertilizantes organominerais promovem, melhorando a qualidade do solo, reduz os impactos ambientais, custos com fertilizantes e a dependência do setor de insumos agrícola internacional (Lin *et al.*, 2019). Uma ferramenta valiosa para a agricultura que oferece nutrientes às plantas de forma sustentável mais eficiente.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Período e características gerais do experimento

O estudo foi conduzido na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) no Campus Glória, na cidade de Uberlândia, localizado nas coordenadas geográficas 18°56'42" de latitude Sul e 48°12'55" de longitude oeste de Greenwich, a uma altitude média de 937 m, em casa de vegetação, em vasos de 18 kg, no período entre 15 de outubro de 2021 a 20 de julho de 2022.

O solo utilizado foi classificado Latossolo Vermelho Distrófico (Lvd) (Santos *et al.*, 2018), de textura argilosa, coletado na fazenda do campus Glória da UFU, que na camada de 0 a 15 cm apresentou as seguintes características granulométricas: 550, 100 e 350 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente, as químicas descritas na tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química e física do solo no momento da coleta, para ser utilizado no experimento. Uberlândia-MG

Análise Química									
pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Al	P	K	H+Al	CTC	S-SO <sub>4</sub>	
1-2,5	---cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---			mg dm <sup>-3</sup>		---cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---		mg dm <sup>-3</sup>	
5,1	1,31	0,25	0,2	55,0		2,06	3,76	7,3	
M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	m	
-----dag kg <sup>-1</sup> -----		-----mg dm <sup>-3</sup> -----					-----%-----		
1,6	0,9	0,29	1,33	9	1,27	0,39	45	11	

pH em H<sub>2</sub>O; Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) P disponível (extrator resina); S em fosfato de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>; H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L<sup>-1</sup> + TEA 0,1 mol L<sup>-1</sup> + CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> a pH 7.3) cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> x 10 = mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> / mg dm<sup>-3</sup> = ppm / dag kg<sup>-1</sup> = % ;CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; M.O. = Método Colorimétrico; Metodologias baseadas em EMBRAPA (2009). Análise textual pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 1997). Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O clima predominante da região, é do tipo aw tropical quente, segundo a classificação atualizada de Köppen (Beck *et al.*, 2018).

#### 3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, no esquema fatorial 6 x 5, correspondente a seis fontes de fertilizantes: T1 - Mineral convencional; T2 - Organomineral farelado à base de celulose; T3 - Organomineral farelado à base torta-de-filtro; T4 - Organomineral granulado à base celulose; T5 - Mineral revestido com polímero; T6 Mineral especial com base nítrica e amoniacal e cinco níveis de adubação baseados nos teores de nitrogênio, fósforo (P) e potássio (K): 1 – Dose 0 kg ha<sup>-1</sup> (testemunha), 2 – 40 kg ha<sup>-1</sup>; 3 – 80 kg ha<sup>-1</sup>; 4 – 120 kg ha<sup>-1</sup>; 5 - 160 kg ha<sup>-1</sup>, com a formulação 1:1:1.

### 3.3 Instalação do experimento

Os vasos para instalação do experimento foram distribuídos em paletes para que não tivesse contato com o piso da casa de vegetação, que foram completados com solo previamente peneirado em malha de 4 mm.

No início do preparo dos recipientes, ao solo foi aplicado calcário dolomítico, com PRNT de 90%, teor de CaO em torno de 46% e MgO de 8%, na proporção de 18 g por vaso, com posterior incubação em um período de 60 dias visando a correção da acidez e elevação da saturação por base para 60%. Para calcular a quantidade de calcário por vaso foi utilizado a seguinte equação (equação 1):

$$NC = \frac{CTC * (70 - 45) * \left(\frac{100}{PRNT}\right)}{100}$$

Equação 1

Onde:

NC = Necessidade de calagem (t.ha<sup>-1</sup> de calcário);

CTC / T = Capacidade de troca catiônica Σ: Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + (H + Al), (cmolc.dm<sup>-3</sup>);

V2 = saturação por base desejada;

V1 = saturação por base atual {[Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup>).100]/T};

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser aplicado.

As características de composição química e física do solo utilizado no experimento após a aplicação do calcário e incubação do mesmo descritas na tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Caracterização química do solo utilizado, 60 dias após calagem. Uberlândia-MG

Análise Química								
pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Al	P	K	H+Al	CTC	S-SO <sub>4</sub>
1-2,5	---cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---			mg dm <sup>-3</sup>		---cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---		mg dm <sup>-3</sup>
5,6	1,2	0,28	0	2,1	47,0	1,3	2,9	12,4
M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	m
-----dag kg <sup>-1</sup> -----		----- mg dm <sup>-3</sup> -----				-----%-----		
2,4	1,4	0,34	0,9	9	1,82	0,6	55	0

pH em H<sub>2</sub>O; Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) P disponível (extrator resina); S em fosfato de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>; H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol.L<sup>-1</sup> + TEA 0,1 mol<sup>-1</sup> + CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> a pH 7.3) cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> x 10 = mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> / mg dm<sup>-3</sup> = ppm / dag kg<sup>-1</sup> = % ;CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; M.O. = Método Colorimétrico; Metodologias baseadas em EMBRAPA (2009). Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Na tabela 3 consta a composição química dos fertilizantes utilizados no experimento.

Tabela 3 - Parâmetros químicos e base úmida dos fertilizantes utilizados no experimento. Uberlândia-MG

Determinações	Fertilizantes					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	.....% .....					
N	18,34	10,34	10,98	7,67	15,23	15,98
P	18,45	10,45	10,34	8,15	15,78	16,45
K	19,23	10,33	10,65	8,24	16,12	16,78
COT	0	12,23	12,04	17,01	0	0
Umidade	1,2	4,12	7,16	1,76	1,27	0,48
	.....mmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> .....					
CTC	0	179,96	154,23	280	0	0

N = nitrogênio total; K = K<sub>2</sub>O H<sub>2</sub>O; P = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> CNA 1:1; Umidade: (%); COT = carbono orgânico total (%); CTC = Capacidade de Troca Catiônica, mmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>; T1 = Mineral convencional; T2 = Organomineral farelado à base de celulose; T3 = Organomineral farelado à base torta-de-filtro; T4 = Organomineral granulado à base celulose; T5 = Mineral revestido com polímero; T6 = Mineral especial com base nítrica e amoniacal. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Sessenta dias após a aplicação do calcário foi realizada aplicação dos fertilizantes no solo.

Devido à equidade dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos fertilizantes organominerais e minerais, os tratamentos com estes fertilizantes receberam as mesmas doses destes nutrientes.

Para cada tratamento e dose foi realizado cálculo para adubação de cada vaso, conforme tabela 4.

Tabela 4 - Quantidade utilizada de acordo com cada tipo de fertilizante nas diferentes doses. Uberlândia-MG

Formulação	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
	40	80	120	160	40	80	120	160
	kg ha <sup>-1</sup> de fertilizante				g vaso <sup>-1</sup> de fertilizante			
Convencional 18.18.18	222,2	444,4	666,7	888,9	2,0	4,0	6,0	8,0
FOM farelado celulose 10.10.10	400,0	800,0	1200,0	1600,0	3,6	7,2	10,8	14,4
FOM farelado torta 10.10.10	400,0	800,0	1200,0	1600,0	3,6	7,2	10,8	14,4
FOM granulado celulose 08.08.08	500,0	1000,0	1500,0	2000,0	4,5	9,0	13,5	18,0
Polímero 15.15.15	266,7	533,3	800,0	1066,7	2,4	4,8	7,2	9,6
Mineral nítrico 16.16.16	250,0	500,0	750,0	1000,0	2,3	4,5	6,8	9,0

OMF = Organomineral farelado; OMG = Organomineral granulado. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

### 3.4 Primeira parte - Milho (*Zea mays* L.)

Após aplicação dos fertilizantes no dia 18 de dezembro de 2021 foram semeadas cinco sementes de milho em cada vaso, cultivar FS 530 Forseed. Quinze dias após a semeadura (DAS), no dia 03 de janeiro de 2022 realizou-se o desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso. Aos 20 DAS realizou-se a suplementação de macro e micronutrientes aplicados de forma líquida aos vasos na proporção de 60; 6,0; 2,2; 1,5; 2,0 kgs.ha<sup>-1</sup> de enxofre, zinco, boro, cobre e manganês respectivamente.

Durante toda condução do experimento a irrigação dos vasos manteve-se constante com capacidade de campo em torno de 80% para todos os tratamentos (figura 1).

Figura 1 - Irrigação do experimento em condução



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

### 3.4.1 Avaliações

Aos 45 DAS no estágio V6, realizou-se a estimativa do teor de clorofila indiretamente por meio de leituras de unidades Soil Plant Analysis Development (SPAD), com o aparelho clorofilômetro SPAD-502® (Minolta, 1989). Utilizou-se a média de duas leituras por folha, realizadas na parte mediana do limbo (figura 2). O uso do SPAD permite avaliar associação entre o teor verde das plantas com o teor de N, através da equação consegue-se estimar teor de N (Raij *et al.*, 1996).

Aos 70 DAS, em estágio V10 quando as plantas apresentavam 10 folhas completamente desenvolvidas realizou-se as seguintes avaliações das plantas de milho:

- 1 - Altura de plantas (cm), através de medição do colo até a inserção da primeira espiga viável com o colmo, realizado com o auxílio de regra graduada (figura 3);
- 2 - Diâmetro de colmo (mm) foi determinado utilizado um paquímetro digital (figura 4);

Após estas avaliações iniciais as plantas foram retiradas, sendo acondicionadas em sacos de papel e conduzidas para o laboratório de fertilidade de solo, onde foram realizadas as determinações da parte aérea das plantas (folhas):

3 - Área foliar (cm<sup>2</sup>), avaliada utilizando-se medidor de área foliar com scanner de alta resolução CI 202;

4 - Massa fresca da parte aérea (g), determinada com auxílio de uma balança de precisão para pesagem da massa fresca dos materiais.

Figura 2 - Medição do teor de clorofila com clorofilômetro

Figura 3 - Medição de altura das plantas de milho com trena métrica, 70 dias após semeadura

Figura 4 - Medição do diâmetro de colmo das plantas de milho, com paquímetro



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Com base nos resultados obtidos através da análise da massa fresca das plantas de milho e utilizando a adubação mineral convencional como fonte padrão, realizou-se o cálculo da equivalência de dose dos fertilizantes (equação 2).

O cálculo do Eq-Ad.Mineral (%) está descrito no documento princípios metodológicos para avaliação agrônômica de fontes de fósforo (Geodert *et al.* 1986).

$$\text{Eq - Ad. Mineral} = \frac{\sum[(xf40 - xt) + (xf120 - xt)]}{[(xk40 - xt) + (xk120 - xt)]} * 100$$

Equação 2

Onde:

Eq-Ad. Mineral = Equivalente em adubo mineral;

xf40 = Produção de massa fresca da parte aérea da fonte testada (dose de 40) kg ha<sup>-1</sup>;

xf120 = Produção de massa fresca da parte aérea da fonte testada (dose de 120) kg ha<sup>-1</sup>;

xk40 = Produção de massa fresca da parte aérea da fonte padrão (dose de 40) kg ha<sup>-1</sup>;

xk120 = Produção de massa fresca da parte aérea da fonte padrão (dose de 120) kg ha<sup>-1</sup>;

xt = Produção de massa fresca da testemunha.

### **3.5 Segunda parte - Braquiária (*Urochloa brizantha* cv. Marandu)**

Após retirada das plantas de milho realizou-se a semeadura da braquiária no dia 03 de abril de 2022. Foram semeadas 5 sementes e posteriormente foi realizado desbaste deixando-se apenas uma planta por vaso.

Durante toda condução do experimento manteve-se a irrigação constante dos vasos, com capacidade de campo em torno de 80% para todos os tratamentos.

#### **3.5.1 Avaliações**

Aos 60 DAS da braquiária, quando as plantas já apresentavam folhas desenvolvidas realizou-se a contagem do número de perfilhos e determinação do índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), com medidor portátil SPAD-502 (Minolta Corporation Ltda.), amostrando-se a parte central da folha recentemente expandida e fisiologicamente madura, tendo-se o cuidado de não atingir a nervura central.

Aos 90 DAS (figura 5) realizou-se as seguintes avaliações:

1 - Altura de plantas (cm), através de medição da parte basal até final da folha, realizado com o auxílio de regra graduada;

Após avaliação de altura, as plantas foram retiradas acondicionadas em sacos de papel e conduzidas para o laboratório de fertilidade de solo, onde foram realizadas as determinações da parte aérea das plantas (folhas):

2 - Massa fresca da parte aérea (g), determinada com auxílio de uma balança de precisão para pesagem da massa fresca dos materiais (figuras 6 e 7);

3 - Área foliar (cm<sup>2</sup>), avaliada utilizando-se medidor de área foliar com scanner de alta resolução CI 202.

Figura 5 - Plantas de braquiária em amplo desenvolvimento 90 dias após sementeira

Figura 6 - Corte e retirada da parte aérea (massa fresca) das plantas de braquiária, 90 dias após sementeira

Figura 7 - Pesagem de massa fresca das plantas de braquiária



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Com base nos resultados obtidos através da análise de massa fresca das plantas da braquiária e utilizando a adubação mineral convencional como fonte padrão, realizou-se o cálculo da equivalência de dose dos fertilizantes.

O cálculo do Eq-Ad.Mineral (%) está descrito no documento Princípios metodológicos para avaliação agrônômica de fontes de fósforo (Geodert *et al.*, 1986), utilizando a equação abaixo (equação 2):

$$Eq - Ad. Mineral = \frac{\sum[(xf40 - xt) + (xf120 - xt)]}{[(xk40 - xt) + (xk120 - xt)]} * 100$$

Equação 2

Onde:

Eq-Ad. Mineral = Equivalente em adubo mineral;

xf40 = Produção de massa fresca da parte aérea da fonte testada (dose de 40) kg ha<sup>-1</sup>;

xf120 = Produção de massa fresca da parte aérea da fonte testada (dose de 120) kg ha<sup>-1</sup>;

xk40 = Produção de massa fresca da parte aérea da fonte padrão (dose de 40) kg ha<sup>-1</sup>;

xk120 = Produção de massa fresca da parte aérea da fonte padrão (dose de 120) kg ha<sup>-1</sup>;

xt = Produção de massa fresca da testemunha.

### **3.6 Análise estatística**

Os resultados foram submetidos à análise de variância, com aplicação do teste F e os valores médios comparados entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade através do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011). Para a avaliação dos efeitos das doses dos fertilizantes utilizou-se regressões polinomiais a 0,05 de significância.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Milho (*Zea mays* L.)

Dentre as variáveis estudadas verificou-se efeito significativo para interação entre fonte de fertilizante e dose aplicada para a variável resposta altura e massa de fresca da parte aérea das plantas de milho. Observou-se que a elevação no nível de adubação de um modo geral resultou em aumento nos valores médios de massa fresca e altura de plantas.

Em contrapartida, para as médias de SPAD, diâmetro de colmo e área foliar, foi verificado efeito significativo apenas em função das doses ou níveis de adubação.

#### 4.1.1 Altura de plantas (cm)

Com relação à altura média de plantas de milho foi verificado interação significativa entre os fatores fontes de fertilizantes e doses de NPK.

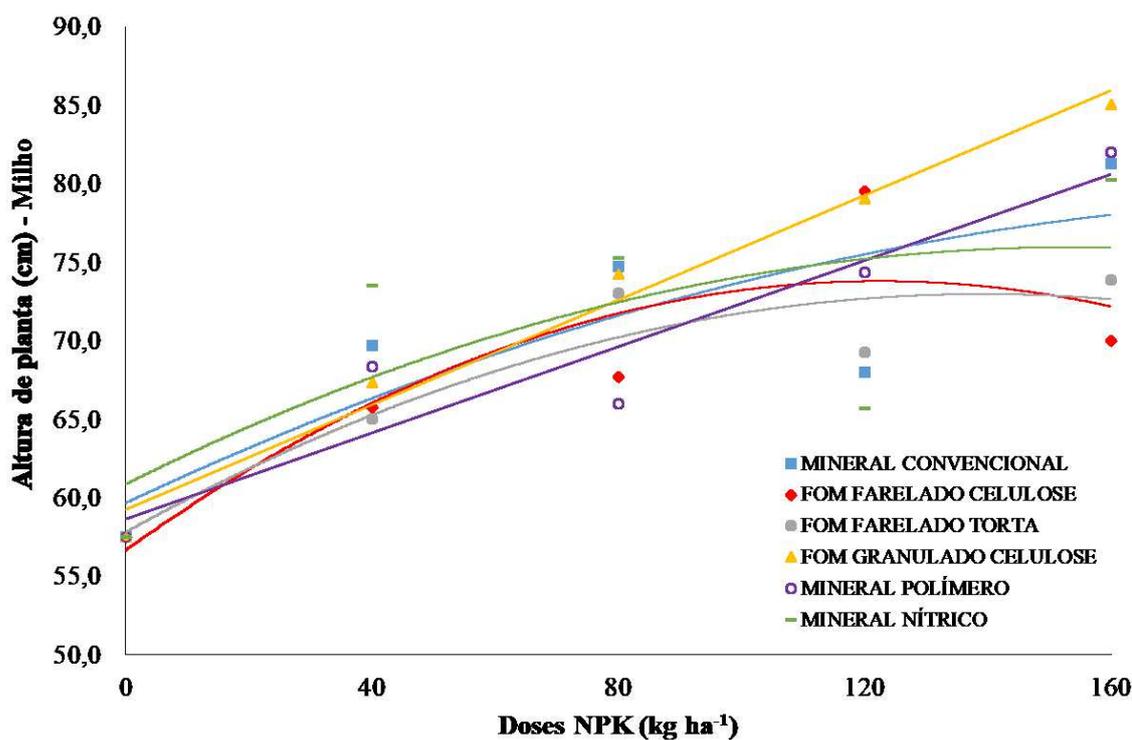
Tabela 5 - Efeito sinérgico entre diferentes fertilizantes e doses, para altura de plantas de milho (cm) 70 dias após semeadura em estágio V10. Uberlândia-MG

DOSES	FERTILIZANTES						Médias						
	Mineral convencional	FOM farelado celulose	FOM farelado torta	FOM granulado celulose	Mineral polímero	Mineral nítrico							
	Altura de Planta (cm) – Milho												
0	57,50	a	57,50	a	57,50	a	57,50	a	57,50	a	57,50	a	57,50
40	69,67	a	65,75	a	65,00	a	67,33	a	68,33	a	73,50	a	68,26
80	74,75	a	67,67	b	73,00	a	74,22	a	66,00	b	75,25	a	71,82
120	68,00	b	79,50	a	69,25	b	79,00	a	74,33	a	65,67	b	72,63
160	81,25	a	70,00	b	73,89	b	85,00	a	82,00	a	80,25	a	78,73
Médias	70,23		68,08		67,73		72,61		69,63		70,43		
	CV(%) = 8,41		P <sup>1</sup> = 0,0068		P <sup>2</sup> = 0,0000		P <sup>3</sup> = 0,1155 ns						

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. CV (%): coeficiente de variação. P<sup>1</sup> = probabilidade interação entre fertilizantes e doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>2</sup> = probabilidade doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>3</sup> = probabilidade fertilizantes na ANOVA (P<0,05). ns: não significativo (P>0,05). Fonte: Elaborado pela autora (2023).

De acordo com a tabela 5 e o gráfico 1, identificou-se que nas doses 0 e 40 kg ha<sup>-1</sup>, as diferentes fontes de fertilizantes resultaram em médias semelhantes de altura de plantas. Entretanto, na dose 80 kg ha<sup>-1</sup> os fertilizantes FOM farelado a base de torta de filtro, FOM granulado a base de celulose e mineral nitríco amoniacal proporcionaram maiores alturas das plantas de milho. Ao avaliar a dose 120 kg ha<sup>-1</sup> os fertilizantes FOM farelado a base de celulose, FOM granulado a base de celulose e mineral polímero destacaram-se significativamente com alturas de 79,50cm, 79,0cm e 74,33cm respectivamente. Para a dose 160 kg ha<sup>-1</sup> os fertilizantes que se destacaram foram o FOM granulado a base de celulose, mineral polímero e mineral nitríco amoniacal, todavia não se diferenciando do fertilizante convencional.

Gráfico 1 - Desdobramento de altura de plantas de milho (cm), em função de fontes e doses de fertilizantes 70 dias após semeadura em estágio V10



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Através das equações conseguiu-se estimar o ponto máximo em que aplicando determinada dose cada fertilizante, será atingida a maior altura média de planta. Os modelos quadráticos dos fertilizantes mineral convencional, FOM farelado a base de celulose, FOM farelado a base de torta de filtro e mineral nitríco amoniacal explicam os dados 70,1%; 78,25%;

88,22% e 48,98%. Desta forma identificou-se que estes obterão altura de plantas de 80,75 cm; 74,45 cm; 72,60 cm e 76,78 cm nas respectivas doses de 229,50; 127,10; 135,88 e 162,83. Já para os fertilizantes organomineral granulado a base de celulose e mineral polímero identificou-se modelos lineares que explicam os dados 98,09% e 89,73%, onde a cada unidade de fertilizante adicionada demonstrou incremento de 0,1667 e 0,1375 (cm) na altura das plantas de milho respectivamente (tabela 6 e figura 8).

Tabela 6 - Polinômios para variável altura de plantas de milho, sob efeito dos diferentes fertilizantes e doses (kg ha<sup>-1</sup>). Uberlândia-MG

<b>FONTES</b>	<b>Polinômio</b>	<b>Ajuste</b>	<b>Xmáx/mín (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ymáx/mín (cm)</b>
Mineral convencional	$y = -0,0004x^2 + 0,1836x + 59,686$	$R^2 = 0,701$	229,50	80,75
FOM farelado celulose	$y = -0,0011x^2 + 0,2796x + 56,679$	$R^2 = 0,7825$	127,10	74,45
FOM farelado torta	$y = -0,0008x^2 + 0,2174x + 57,826$	$R^2 = 0,8822$	135,88	72,60
FOM granulado celulose	$y = 0,1667x + 59,2775$	$R^2 = 0,9809$		
Mineral polímero	$y = 0,1375x + 58,6330$	$R^2 = 0,8973$		
Mineral nítrico	$y = -0,0006x^2 + 0,1954x + 60,876$	$R^2 = 0,4898$	162,83	76,78

R<sup>2</sup>: coeficiente de ajuste da equação. Xmáx/mín: variável dose. Ymáx/mín: estimativa do modelo polinomial para variável resposta altura de plantas em centímetros. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Meira (2006), ao testar diferentes fontes nitrogenadas e modos de aplicação na cultura do milho, não determinou diferença significativa para a altura de inserção de espiga, porém observou maiores teores de nitrogênio nas folhas o que promove maiores produtividades, uma vez que este fator está correlacionado.

Pereira, Diniz e Rezende (2020) conduziram uma análise do desempenho do milho com diferentes tipos de adubação, tanto organomineral quanto mineral, e observaram que a adubação organomineral resultou em plantas mais altas em comparação com o grupo de controle e o uso do fertilizante mineral convencional. Este resultado destaca a capacidade da adubação de influenciar os parâmetros de crescimento, evidenciando que, quando aplicada adequadamente, pode contribuir para um aumento na altura das plantas (Tozetti et al., 2004).

No presente estudo, semelhante ao trabalho de Pereira, Diniz e Rezende, observou-se que o fertilizante organomineral granulado à base de celulose se destacou em todas as doses, e à medida que as doses de NPK aumentaram houve um correspondente aumento na altura das plantas de milho.

Figura 8 - Plantas de milho sob efeito de fertilizante organomineral granulado à base de celulose nas doses 0, 40, 80, 120 e 160 (kg ha<sup>-1</sup>) de NPK respectivamente



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

#### 4.1.2 Massa fresca (g)

De acordo com a tabela 7, no menor nível de adubação estudado, correspondente a dose 40 kg ha<sup>-1</sup>, o FOM granulado a base de celulose e mineral nítrico amoniacal resultaram nas maiores massas frescas, com valores de 71,00 g e 71,25 g respectivamente. No estudo com a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> os fertilizantes mineral polímero e FOM farelado a base de celulose resultaram em valores inferiores as demais fontes, entretanto na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>, apenas o FOM farelado a base de celulose destacou-se dentre os demais tratamentos, resultando num peso fresco médio de 95,67 g. Foi verificado ainda, que no maior nível de adubação, correspondente a dose 160 kg ha<sup>-1</sup>, os fertilizantes mineral polímero, FOM's farelado e granulado a base de celulose foram superiores aos demais apresentando massas frescas de as plantas igual a 98, 92 e 88g respectivamente.

Tabela 7 - Efeito sinérgico entre diferentes fertilizantes e doses, para massa fresca das plantas de milho (g), 70 dias após semeadura em estádio V10. Uberlândia-MG

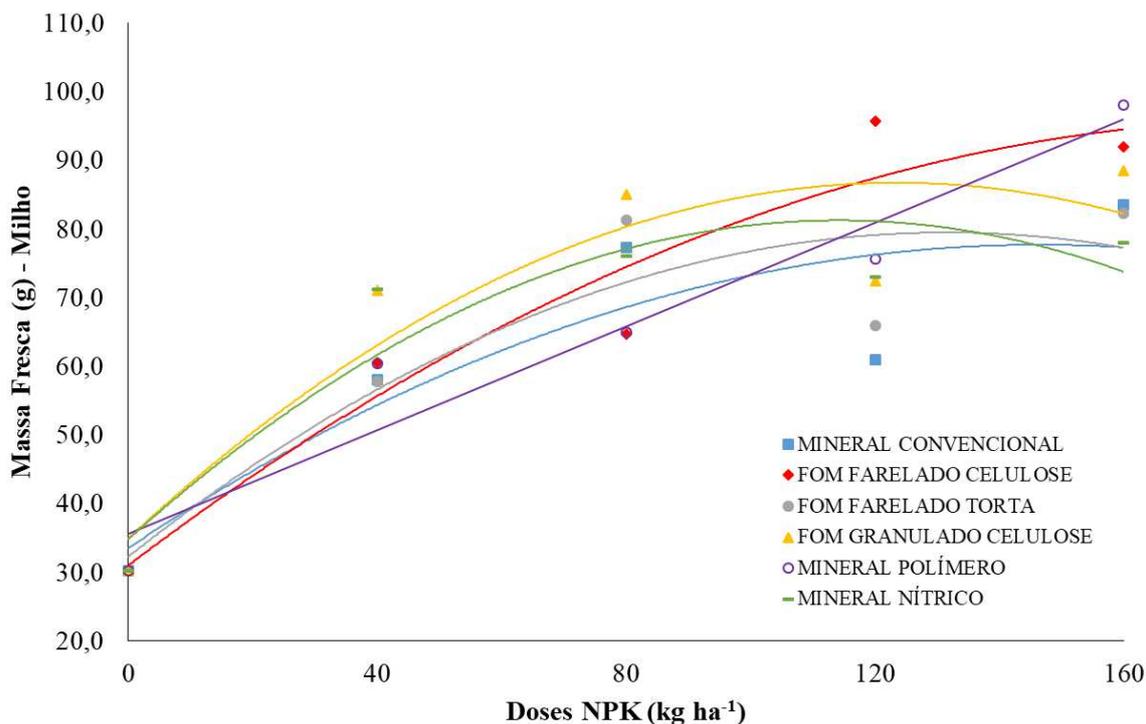
DOSES	FERTILIZANTES												
	Mineral convencional		FOM farelado celulose		FOM farelado torta		FOM granulado celulose		Mineral polímero		Mineral nítrico		
<b>Massa Fresca (g) – Milho</b>													<b>Médias</b>
0	30,25	a	30,25	a	30,25	a	30,25	a	30,25	a	30,25	a	30,25
40	58,11	b	60,50	b	57,75	b	71,00	a	60,33	b	71,25	a	63,16
80	77,25	a	64,67	b	81,25	a	85,00	a	64,67	b	76,00	a	74,86
120	61,00	b	95,67	a	66,00	b	72,50	b	75,67	b	73,00	b	73,97
160	83,50	b	92,00	a	82,33	b	88,50	a	98,00	a	78,00	b	87,06
Médias	62,02		68,62		63,52		69,45		65,85		65,70		
CV(%) = 12,96			P <sup>1</sup> = 0,0000			P <sup>2</sup> = 0,0000			P <sup>3</sup> = 0,0578 ns				

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. CV (%): coeficiente de variação. P<sup>1</sup> = probabilidade interação entre fertilizantes e doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>2</sup> = probabilidade doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>3</sup> = probabilidade fertilizantes na ANOVA (P<0,05). ns: não significativo (P>0,05). Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Através das equações presentes na Tabela 8 estimou-se o ponto de produção máxima de massa fresca das plantas para cada fonte de fertilizante e suas respectivas doses. Dentre os fertilizantes mineral convencional, organomineral farelado a base de celulose, organomineral farelado a base de torta de filtro, organomineral granulado a base de celulose e mineral nítrico determinou-se nas doses 143,53; 191,53; 131,87; 123,21 e 112,89 (kg ha<sup>-1</sup>) resultaram em produções máximas de massa fresca de 76,82; 97,06; 79,96; 86,62 e 80,74 (g) respectivamente. Observou-se que os dados desses fertilizantes se ajustaram a modelos polinomiais com coeficientes de determinação de 78,45%, 93,14%, 84,33%, 83,83% e 87,6%, respectivamente. Quanto ao fertilizante polimerizado, verificou-se que este apresentou relação proporcional, onde de acordo com aumento do fertilizante resulta em um aumento correspondente na produção de massa fresca igual a 0,3771 (g) (gráfico 2).

Os fertilizantes mineral polímero, nítrico amoniacal, FOM's granulado e farelado a base de celulose apresentaram destaque para massa fresca de plantas, observando também que após atingir o seu pico produtivo estes materiais tendem a diminuir sua massa fresca (gráfico 2).

Gráfico 2 - Desdobramento de massa fresca de milho (g) em função de fontes e doses de fertilizantes 70 dias após sementeira em estágio V10



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

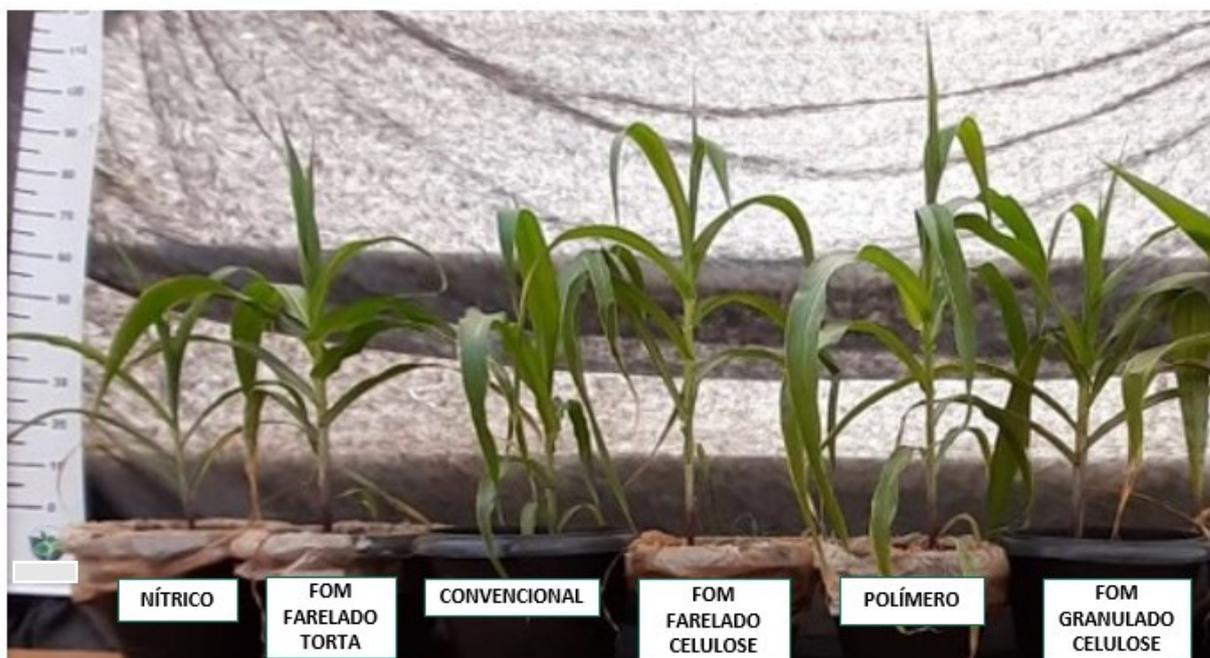
Tabela 8 - Polinômios para variável massa fresca das plantas de milho, sob efeito dos diferentes fertilizantes e doses (kg ha<sup>-1</sup>). Uberlândia-MG

FONTES	Polinômio	Ajuste	Xmáx/mín (kg ha <sup>-1</sup> )	Ymáx/mín (g)
Mineral convencional	$y = -0,0021x^2 + 0,6028x + 33,557$	$R^2 = 0,7845$	143,53	76,82
FOM farelado celulose	$y = -0,0018x^2 + 0,6895x + 31,026$	$R^2 = 0,9314$	191,53	97,06
FOM farelado torta	$y = -0,0027x^2 + 0,7174x + 32,307$	$R^2 = 0,8433$	131,87	79,96
FOM granulado celulose	$y = -0,0034x^2 + 0,8379x + 34,993$	$R^2 = 0,8383$	123,21	86,62
Mineral polímero	$y = -0,3771x + 35,683$	$R^2 = 0,9368$		
Mineral nítrico	$y = -0,0036x^2 + 0,8128x + 34,857$	$R^2 = 0,876$	112,89	80,74

R<sup>2</sup>: coeficiente de ajuste da equação. Xmáx/mín: variável dose. Ymáx/mín: estimativa do modelo polinomial para variável massa fresca (g) de plantas em centímetros. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Assim como no presente trabalho Verruma-Bernardi *et al.* (2021) verificaram que a adubação organomineral propiciou as plantas de couve aumento de médias para massa fresca, rendimento e produtividade quando testadas com diferentes adubos orgânicos (figura 9). Evidenciando, portanto, a disponibilidade imediata da fração mineral enquanto a fração orgânica disponibilizada ao longo do período.

Figura 9 - Plantas de milho sob efeito de diferentes fontes de fertilizantes na dose 160 kg ha<sup>-1</sup> de NPK



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

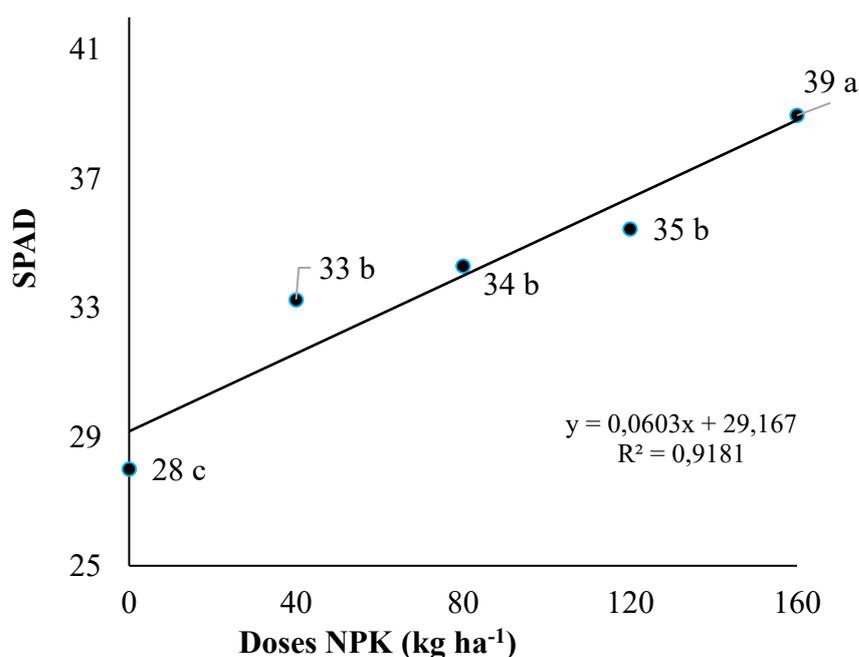
Guareshi (2010), verificou que o uso de fertilizantes revestidos com polímeros proporcionou bons resultados para cultura da soja e milho, quando avaliado biomassa da parte aérea, massa de mil grãos e produtividade fazendo comparação com os fertilizantes convencionais. Ao avaliar o rendimento de biomassa fresca das plantas de sorgo sob influência de diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados e preparo do solo, notou que conforme incremento da dose proporcionou desenvolvimento de massa fresca para a planta (Santos *et al.*, 2016), tendência semelhante encontrada no estudo atual.

### 4.1.3 SPAD

Verificou-se que a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> resultou no mais alto índice SPAD, diferindo significativamente das demais, enquanto na ausência de fertilizante (dose zero) foi determinada o menor índice médio de SPAD (gráfico 3).

Resultado semelhante foi obtido por Santos *et al.* (2021), ao avaliarem adubação de plantas de milho com NPK mineral e organomineral com doses variando entre 0 e 600 kg ha<sup>-1</sup>. Índices SPAD obtidos em folhas de diversas espécies apresentaram correlação positiva com a suficiência de N, podendo este ser considerado um índice apropriado para avaliar o estado de N.

Gráfico 3 - Índice SPAD das plantas de milho, sob efeito de diferentes doses (kg ha<sup>-1</sup>), 45 dias após semeadura em estágio V5



CV (%) 11,69 P<sup>1</sup> 0,2646 ns P<sup>2</sup> 0,0000 P<sup>3</sup> 0,1816 ns

Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância. CV (%): coeficiente de variação. P<sup>1</sup>: probabilidade de interação entre fertilizantes e doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>2</sup>: probabilidade doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>3</sup>: probabilidade fertilizantes na ANOVA (P<0,05). ns: não significativo (P>0,05). y: estimativa do modelo linear para variável resposta SPAD. R<sup>2</sup>: coeficiente de ajuste da equação.

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Uma vez que o índice SPAD consegue medir indiretamente o N na planta, portanto, se há ou não disponibilidade deste nutriente na planta poderá interferir no desenvolvimento da

área foliar e da taxa de fotossíntese (Isla *et al.*, 2020). Khan *et al.* (2018) avaliaram o efeito de doses de nitrogênio em plantas de milho e verificaram que através de elevadas doses houve maior absorção de N, em crescimento inicial. Evidenciando que as plantas elevaram seu vigor e taxa fotossintética inicial, fatores estes contribuem para o melhor desenvolvimento da planta consequentemente maior absorção de nutrientes.

#### 4.1.4 Diâmetro de colmo (mm)

Ao avaliar as fontes de variação separadamente verificou-se que, os diferentes tipos de fertilizantes não se diferiram em relação ao efeito sobre o diâmetro de colmo das plantas de milho, com médias variando entre 11,21 e 11,78 cm, parâmetro importante para que não ocorra tombamento favorecendo estabilidade da planta (Souza; Yuyama, 2015).

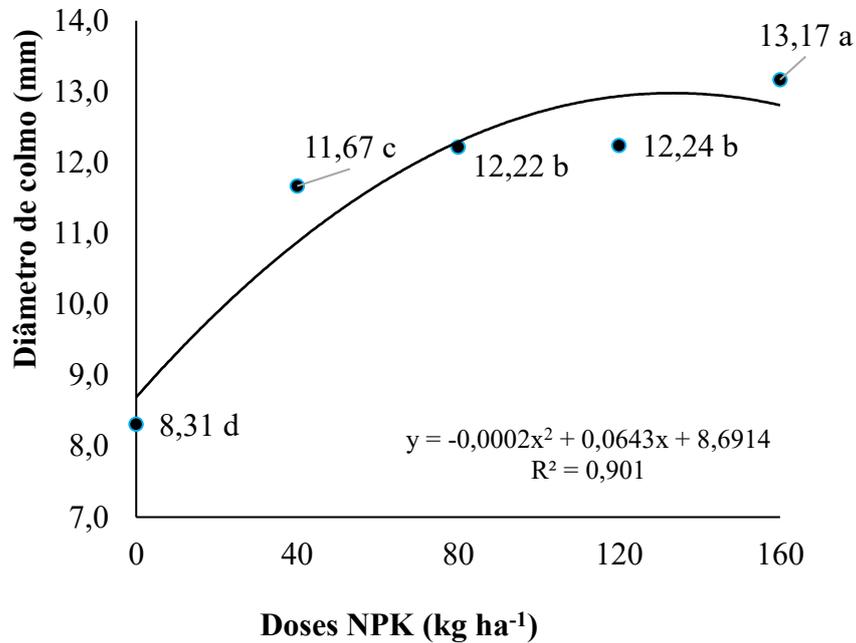
Rasbold *et al.* (2020) constataram que a fonte de nutrientes, ou seja, se via fertilizantes mineral ou organomineral não interferiu no diâmetro de colmo, na altura de inserção de espiga e no rendimento das plantas de milho, avaliando as variáveis altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, diâmetro mediano da espiga, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e produtividade.

Observou-se que as doses afetaram significativamente o diâmetro do colmo, que proporcionou aumento de acordo com o incremento das doses de cada fertilizante utilizado, sendo que dentre as doses testadas o maior diâmetro encontrado ocorreu na dose 160 kg ha<sup>-1</sup> com média igual à 13,17 mm. As doses 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> demonstraram diâmetro de colmo inferior à dose 160 kg ha<sup>-1</sup>, porém superior a 0 e 40 kg ha<sup>-1</sup>. As plantas que apresentaram menores médias foram as que não receberam NPK, com média de 8,31 mm para diâmetro de colmo (gráfico 4).

Através do polinômio no gráfico 4, estimou-se o ponto de máxima atingido na dose 160,8 kg ha<sup>-1</sup> resultando em um diâmetro de colmo igual a 13,86 mm.

Maranho (2019), também verificou que maiores doses de NPK favoreceram na obtenção de maiores médias do diâmetro de colmo de plantas de milho, destacando seu papel importante na sustentação e armazenamento de energia das plantas.

Gráfico 4 - Diâmetro médio de colmo (mm) das plantas de milho, sob efeito de diferentes doses (kg ha<sup>-1</sup>), 70 dias após semeadura em estádio V10



CV (%) 7,86 P<sup>1</sup> 0,1326 ns P<sup>2</sup> 0,0000 P<sup>3</sup> 0,3342 ns

Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância. CV (%): coeficiente de variação. P<sup>1</sup>: probabilidade de interação entre fertilizantes e doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>2</sup>: probabilidade doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>3</sup>: probabilidade fertilizantes na ANOVA (P<0,05). ns: não significativo (P>0,05). y: estimativa do modelo polinomial para variável resposta diâmetro de colmo (mm). R<sup>2</sup>: coeficiente de ajuste da equação.

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

#### 4.1.5 Área foliar (cm<sup>2</sup>)

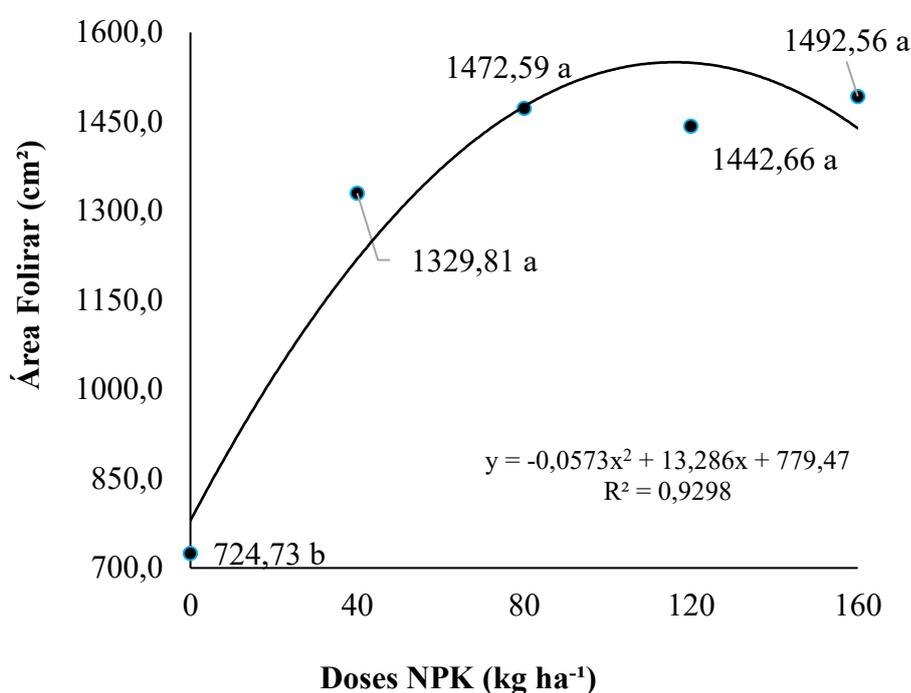
Foi observado que na ausência de adubação, a área foliar foi drasticamente reduzida, com valor médio de 724,73 cm<sup>2</sup>, diferindo-se significativamente das doses entre 40 e 160 (kg ha<sup>-1</sup>) as quais não diferiram entre si. Desta forma, fica evidente que mesmo o suprimento de um nível de adubação quatro vezes superior não resultou em maior área foliar.

No gráfico 5, através da equação polinomial estimou-se que na dose de 115,9 (kg ha<sup>-1</sup>) a planta expressaria a máxima área foliar, referente à 1549,62 cm<sup>2</sup>.

Pereira, Diniz e Rezende (2020), verificaram que após 60 dias de semeadura do milho as plantas adubadas com fertilizante organomineral demonstraram maior área foliar média, em relação ao fertilizante mineral e o controle. Os resultados encontrados neste estudo são

influenciados pelo papel significativo da área foliar na absorção e transpiração das plantas. A área foliar é um fator de importância fundamental para as taxas fotossintéticas, o que, por sua vez, tem repercussões diretas na produtividade das culturas. Além disso, o fertilizante organomineral apresenta em sua composição uma gama de macro e micronutrientes que não volatilizam no solo. Essa característica beneficia o desenvolvimento da planta, resultando em desempenhos superiores (Oliveira, 2016).

Gráfico 5 - Área foliar (cm<sup>2</sup>) das plantas de milho, sob efeito de diferentes doses (kg ha<sup>-1</sup>), 70 dias após semeadura em estágio V10



CV (%) 20,92 P<sup>1</sup> 0,2838 ns P<sup>2</sup> 0,0000 P<sup>3</sup> 0,9559 ns

Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância. CV (%): coeficiente de variação. P<sup>1</sup>: probabilidade de interação entre fertilizantes e doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>2</sup>: probabilidade doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>3</sup>: probabilidade fertilizantes na ANOVA (P<0,05). ns: não significativo (P>0,05). y: estimativa do modelo polinomial para variável resposta área foliar (cm<sup>2</sup>). R<sup>2</sup>: coeficiente de ajuste da equação.

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

#### 4.1.6 Equivalência e eficiência dos fertilizantes

Após verificação da equivalência e eficiência de cada fertilizante através do cálculo pela equação “Eq-Ad.mineral”, que refere-se à comparação das fontes de fertilizantes estudadas com o fertilizante mineral convencional, foi constatado que o FOM farelado a base de celulose

apresentou maior eficiência (63,22%), seguido pelos demais fertilizantes: mineral nítrico amoniacal (42,89%), FOM granulado a base de celulose (41,61%), mineral polímero (28,82%) e FOM farelado a base de torta de filtro (7,91%) quando comparados ao fertilizante mineral convencional (tabela 9).

Sabe-se que a presença de M.O na composição dos fertilizantes organominerais contribui para absorção dos nutrientes no estágio inicial das plantas, o que permitirá melhor desenvolvimento das plantas em todo o seu ciclo, conseqüentemente maiores produtividades. Canellas *et al.* (2005) explicam este efeito por meio das substâncias húmicas presente nestes fertilizantes, que contribuem para o aumento da absorção de nutrientes através de influência de H+ATPase na membrana plasmática.

Sousa (2014), ao avaliar a eficiência do fertilizante organomineral na cana de açúcar verificou que o mesmo demonstrou superioridade de 24% na produção de colmos em relação ao fertilizante mineral convencional, favorecendo a eficiência destes a planta, conseqüentemente cultura de sucessão.

Tabela 9 - Equivalência e eficiência dos fertilizantes FOM farelado a base de celulose, FOM farelado a base de torta de filtro, FOM granulado a base de celulose, mineral polímero e mineral nítrico na cultura do milho, comparados com o fertilizante mineral convencional. Uberlândia-MG

<b>Fertilizantes</b>	<b>Equivalente em fertilizante mineral* (%)</b>	<b>Eficiência (%)</b>
FOM farelado CELULOSE	163,22	63,22
FOM farelado TORTA	107,91	7,91
FOM granulado CELULOSE	141,61	41,61
Mineral POLÍMERO	128,82	28,82
Mineral NÍTRICO	142,89	42,89

\*Cálculos realizados segundo equação de eficiência (Equação 2) baseada nas doses aplicadas do fertilizante mineral. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Macan, Pinto e Homma (2019) avaliaram a eficiência que diferentes adubos orgânicos na adubação de plantas de milho e concluíram que o uso de bokashi contribuiu para maior desenvolvimento das plantas, já que este é um composto orgânico formado por processo fermentativo de material vegetal e microrganismos. Rodrigues *et al.* (2012) verificaram também

que a submissão de milho a fontes orgânicas e minerais promoveram resultados semelhantes ao fertilizante mineral e húmus peletizado.

Os efeitos significativos dos FOMs em relação às fontes minerais foram observados para diferentes espécies: cana-de-açúcar (Mota *et al.*, 2019), batata (Ferreira *et al.*, 2022), feijão (Silva *et al.*, 2019) e sorgo (Barcelos *et al.*, 2019).

Para que haja êxito no uso dos fertilizantes é importante que os produtores busquem produtos que contenham informações de composição e processo para verificar a procedência. Além disso é importante verificar as quantidades de nutrientes exigidas pela planta associadas a eficiência do produto. Desta forma é possível comprovar que o ajuste apropriado das doses, é uma ferramenta valiosa na aplicação de fertilizantes organominerais, mantendo a fertilidade do solo e aumentando a produtividade.

## **4.2 Braquiária (*Urochloa brizantha* cv. Marandu)**

Visando avaliar o efeito residual dos fertilizantes e doses utilizadas, plantou-se o capim Marandu em sucessão ao milho. Identificou-se que apenas as variáveis número de perfilho e massa fresca foram influenciadas pela interação dos fatores avaliados no experimento, fontes de fertilizantes e doses. Além disto, de acordo com o incremento na dose, observou-se aumento destas variáveis.

Avaliando os fatores isolados identificou-se que apenas as doses influenciarão nas variáveis SPAD, altura de plantas e área foliar.

### **4.2.1 Número de perfilhos**

Observou-se efeito positivo significativo para a interação entre fontes e doses de fertilizantes para o número de perfilhos de braquiária.

Relativo ao número de perfilhos por planta, o desdobramento da interação demonstrou que nas doses de 0, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>, todos os fertilizantes foram considerados iguais estatisticamente, enquanto na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> o pior desempenho foi apresentado pelo fertilizante organomineral farelado a base de torta de filtro, sendo superado inclusive pelo fertilizante mineral convencional. Para a dose 160 kg ha<sup>-1</sup> o FOM farelado a base de celulose e

o mineral polímero apresentaram maior quantidade de perfilho, igual a 14 e 15 e estes diferiram-se das demais fontes de fertilizantes, porém, os fertilizantes mineral convencional, FOM farelado a base de torta e FOM granulado a base de celulose apresentaram maior quantidade de perfilhos (tabela 10).

Tabela 10 - Efeito sinérgico entre diferentes fertilizantes e doses, para número de perfilhos de braquiária, 60 dias após semeadura. Uberlândia-MG

DOSES	FERTILIZANTES						Médias
	Mineral convencional	FOM farelado celulose	FOM farelado torta	FOM granulado celulose	Mineral polímero	Mineral nítrico	
<b>Número de Perfilho – Braquiária</b>							
0	4 a	4 a	4 a	4 a	4 a	4 a	4
40	7 a	10 a	10 a	8 a	8 a	10 a	9
80	10 a	10 a	10 a	10 a	9 a	10 a	10
120	12 a	12 a	7 b	13 a	10 a	13 a	11
160	12 b	14 a	12 b	12 b	15 a	9 c	12
Médias	9	10	9	9	9	9	
	CV(%) = 21,79		P <sup>1</sup> = 0,0022	P <sup>2</sup> = 0,0000	P <sup>3</sup> = 0,5193 ns		

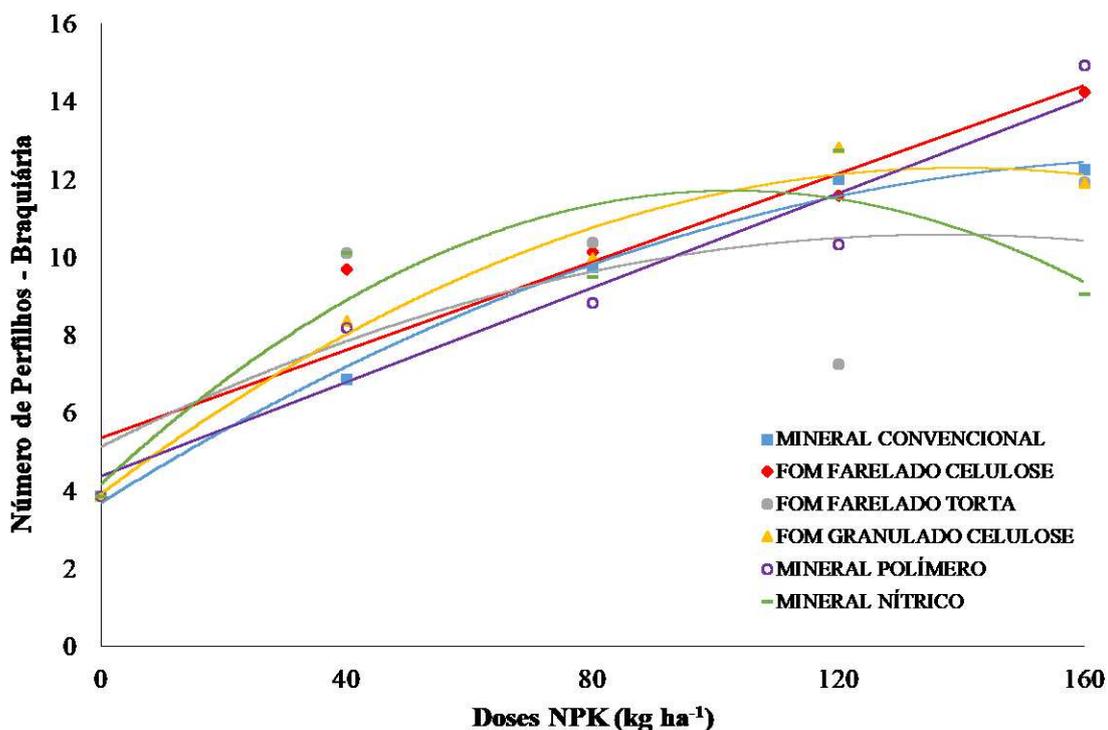
Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. CV (%): coeficiente de variação. P<sup>1</sup> = probabilidade interação entre fertilizantes e doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>2</sup> = probabilidade doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>3</sup> = probabilidade fertilizantes na ANOVA (P<0,05). ns: não significativo (P>0,05). Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os perfilhos são a unidade básica de crescimento das plantas forrageiras, desempenhando um papel fundamental na estrutura da planta e contribuindo para a produção de forragem e o desempenho dos animais que a consomem (Fialho *et al.*, 2012). Sabe-se que fatores ambientais e o fornecimento de nutrientes favorecerão o aumento de produção da planta, principalmente o perfilhamento (Langer, 1963).

Os fertilizantes que apresentaram destaque para quantidade de perfilho em todas as doses foram FOM farelado a base de celulose e mineral polímero. No gráfico 6, estes fertilizantes apresentaram tendência linear, conforme aumento do fertilizante adicionado demonstra incremento de 0,05661 e 0,0607 para unidade de perfilho. Enquanto os demais fertilizantes se diferiram por apresentarem melhor adequação a polinômio de segundo grau,

onde inicialmente aumentaram a quantidade de número de perfilhos mantem-se estável e após ponto de máxima apresentaram decréscimo.

Gráfico 6 - Desdobramento de número de perfilhos de braquiária em função de fontes e doses de fertilizantes 60 dias após sementeira



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Assim como nitrogênio, o elemento fósforo limita a produção da braquiária, devido seu papel no desenvolvimento do sistema radicular, perfilhamento e emissão de estolões, essencial no início do crescimento das forrageiras (Rezende *et al.*, 2011).

Com base nas equações polinomiais apresentadas na Tabela 11 realizou-se a estimativa do ponto de máxima produção de perfilhos em função das diferentes doses. Para o fertilizante mineral convencional estima-se que a dose de 139,77 kg ha<sup>-1</sup> resultará em 12 perfilhos. No caso do FOM farelado à base de torta de filtro, a dose de 132,67 kg ha<sup>-1</sup> levará à produção de 10 perfilhos. Para o FOM granulado à base de celulose, a dose de 137,22 kg ha<sup>-1</sup> resultará em 13 perfilhos, enquanto que para o fertilizante mineral nítrico amoniacal, a dose de 102,73 kg ha<sup>-1</sup> levará à produção de 12 perfilhos.

Quanto ao número de perfilhos de braquiária, Inhaquitti (2019), constatou que não houve diferença significativa entre os tratamentos que corresponderam ao fertilizante

organomineral a base de lodo de esgoto e organomineral a base de torta de filtro na dose 100% para necessidade da cultura. Observou-se diferenças destas fontes de fertilizantes apenas nas doses 50% e 150% da necessidade da braquiária. Ao avaliar o capim Mavuno sob diferentes doses de fósforo, com e sem adição de polímero, Prudencio (2022), verificou que o número de perfilhos aumentou de acordo com o acréscimo da dose de P, respostas semelhantes observadas no presente trabalho, que apresentou acréscimo da quantidade de perfilho de acordo com o aumento das doses para o fertilizante mineral revestido com polímero (figura 10).

Tabela 11 - Polinômios para variável número de perfilhos de braquiária, sob efeito dos diferentes fertilizantes e doses (kg ha<sup>-1</sup>). Uberlândia-MG

FONTES	Polinômio	Ajuste	X <sub>máx/mín</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Y <sub>máx/mín</sub>
Mineral convencional	$y = -0,0003x^2 + 0,0984x + 3,7$	$R^2 = 0,9929$	139,77	12
FOM farelado celulose	$y = 0,05661x + 5,3755$	$R^2 = 0,8818$		
FOM farelado torta	$y = -0,0003x^2 + 0,0796x + 5,1337$	$R^2 = 0,5055$	132,67	10
FOM granulado celulose	$y = -0,0004x^2 + 0,1199x + 3,9195$	$R^2 = 0,9756$	137,22	13
Mineral polímero	$y = 0,0607x + 4,379$	$R^2 = 0,9245$		
Mineral nítrico	$y = -0,0007x^2 + 0,1469x + 4,1757$	$R^2 = 0,841$	102,73	12

R<sup>2</sup>: coeficiente de ajuste da equação. X<sub>máx/mín</sub>: variável dose. Y<sub>máx/mín</sub>: estimativa do modelo polinomial para variável número de perfilhos de brachiaria. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Figura 10 - Plantas de braquiária sob efeito de diferentes fontes de fertilizantes na dose 160 kg ha<sup>-1</sup> de NPK



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

#### 4.2.2 Massa fresca (g)

De acordo com a tabela 12, na dose 40 kg ha<sup>-1</sup>, os fertilizantes não diferiram entre os demais. Já para 80 kg ha<sup>-1</sup> o FOM granulado a base de celulose apresentou superioridade em relação aos demais fertilizantes com massa fresca de 57,11 (g). Na dose 120 kg ha<sup>-1</sup> os fertilizantes que apresentaram maior massa fresca foram FOM farelado a base de celulose, FOM granulado a base de celulose, mineral polímero e mineral nítrico amoniacal, diferindo-se do fertilizante mineral convencional e FOM farelado a base de torta de filtro que obtiveram os menores valores de massa fresca. Os fertilizantes mineral polímero e mineral nítrico amoniacal se sobressaíram através da massa fresca 89,19 e 93,48 g na dose 160 kg ha<sup>-1</sup> diferindo dos demais. Porém, nesta mesma dose os fertilizantes convencional, FOM's farelado a base de torta de filtro e celulose apresentaram superioridade de massa fresca comparado ao FOM granulado a base de celulose.

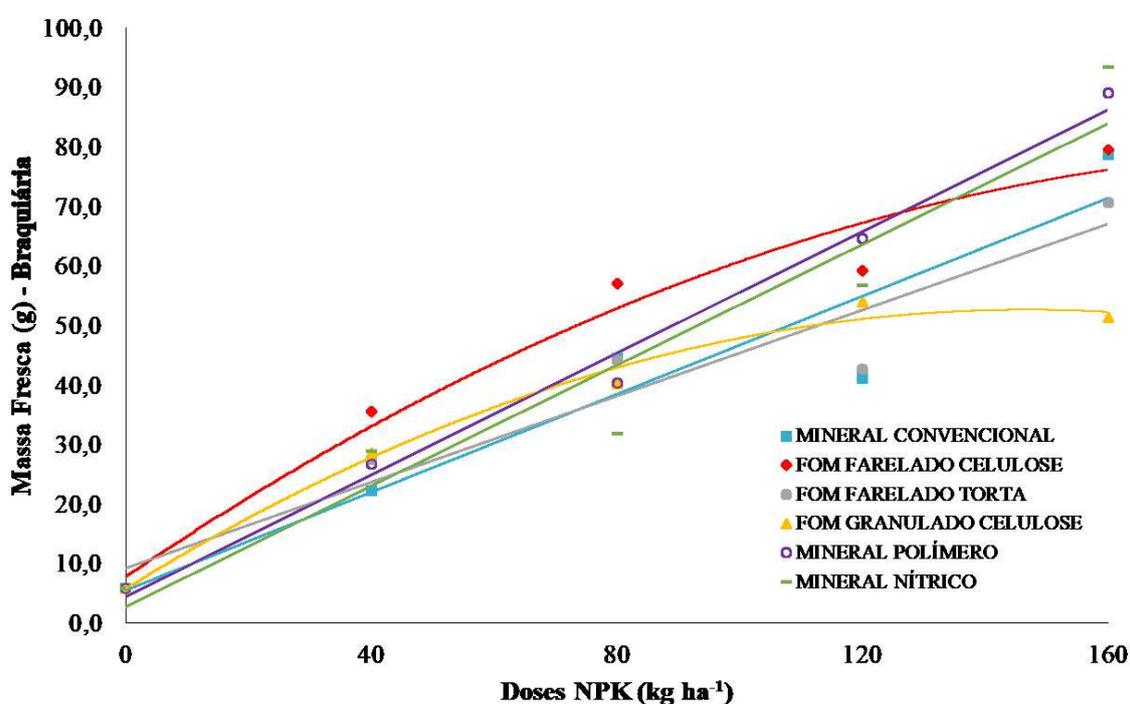
Tabela 12 - Efeito sinérgico entre diferentes fertilizantes e doses, para massa fresca de plantas de braquiária (g), 90 dias após semeadura. Uberlândia-MG

DOSES	FERTILIZANTES						Médias
	Mineral convencional	FOM farelado celulose	FOM farelado torta	FOM granulado celulose	Mineral polímero	Mineral nítrico	
	<b>Massa Fresca (g) – Braquiária</b>						
0	5,87 a	5,87 a	5,87 a	5,87 a	5,87 a	5,87 a	5,87
40	22,29 a	35,58 a	27,56 a	28,64 a	26,72 a	28,96 a	28,29
80	44,49 b	57,11 a	44,27 b	40,28 b	40,43 b	31,90 b	43,08
120	41,23 b	59,21 a	42,66 b	53,96 a	64,64 a	56,85 a	53,09
160	78,80 b	79,57 b	70,66 b	51,36 c	89,19 a	93,48 a	77,18
Médias	38,53	47,47	38,20	36,02	45,37	43,41	
	CV(%) = 23,80		P <sup>1</sup> = 0,0002		P <sup>2</sup> = 0,0000		P <sup>3</sup> = 0,0016

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. CV (%): coeficiente de variação. P<sup>1</sup> = probabilidade interação entre fertilizantes e doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>2</sup> = probabilidade doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>3</sup> = probabilidade fertilizantes na ANOVA (P<0,05). ns: não significativo (P>0,05). Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Observou-se que os fertilizantes FOM farelado à base de celulose e o FOM granulado à base de celulose exibiram tendências semelhantes. À medida que a dose aumentava, a produção de massa fresca atingia um ponto máximo e, em seguida, permanecia constante antes de diminuir. Por outro lado, os fertilizantes mineral convencional, FOM farelado à base de torta de filtro, mineral polimerizado e mineral nítrico demonstraram tendência linear, ou seja, à medida que a dose aumentava, a massa fresca da braquiária também aumentava, como ilustrado no gráfico 7.

Gráfico 7 - Desdobramento de massa fresca de braquiária (g) em função de fontes e doses de fertilizantes 90 dias após semeadura



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Em ambas culturas milho e braquiária, observou-se que na dose máxima de aplicação, correspondente a 160 kg ha<sup>-1</sup>, o fertilizante mineral polimerizado obteve o melhor desempenho. Para a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>, apenas o FOM farelado à base de celulose se destacou como superior para ambas as culturas. A dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> não revelou superioridade de nenhum fertilizante para ambas as culturas, enquanto que nas doses de 40 e 0 kg ha<sup>-1</sup>, os fertilizantes apresentaram desempenho semelhante sem evidenciar diferenças substanciais (figura 11). Isso corrobora a compreensão de que o nitrogênio desempenha um papel fundamental na expansão das folhas e, por conseguinte, no aumento do tecido fotossintético (Cecato *et al.*, 2000).

Os modelos quadráticos dos fertilizantes mineral convencional, FOM farelado a base de celulose, FOM granulado a base de celulose explicam os dados 96,68% e 98,91%. Desta forma identificou-se que estes obterão massas frescas máximas de 79,74g e 52,13g nas doses 205,52 e 146,88 respectivamente.

Já os fertilizantes mineral convencional, FOM farelado a base de torta de filtro, mineral polímero e mineral nítrico amoniaco demonstraram efeito diretamente proporcional, ou seja, acréscimos lineares conforme aumento da dose a massa fresca também apresentou maior peso, com o aumento das doses de fertilizantes estes demonstraram incremento de 0,412; 0,3617; 0,5114 e 0,5078 (g) de massa verde segundo as respectivas equações de regressões destes fertilizantes (tabela 13).

Tabela 13 - Polinômios para variável massa fresca de braquiária, sob efeito dos diferentes fertilizantes e doses. Uberlândia-MG

<b>FONTES</b>	<b>Polinômio</b>	<b>Ajuste</b>	<b>Xmáx/mín (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Ymáx/mín (g)</b>
Mineral convencional	$y = 0,412x + 5,573$	$R^2 = 0,9068$		
FOM farelado celulose	$y = -0,0017x^2 + 0,7x + 7,8113$	$R^2 = 0,9668$	205,52	79,74
FOM farelado torta	$y = 0,3617x + 9,265$	$R^2 = 0,9226$		
FOM granulado celulose	$y = -0,0022x^2 + 0,6386x + 5,7996$	$R^2 = 0,9891$	146,88	52,13
Mineral polímero	$y = 0,5114x + 4,4565$	$R^2 = 0,9906$		
Mineral nítrico	$y = 0,5078x + 2,785$	$R^2 = 0,9295$		

R<sup>2</sup>: coeficiente de ajuste da equação. Xmáx/mín: variável dose. Ymáx/mín: estimativa do modelo polinomial para variável massa fresca de brachiaria. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Magela (2017), conclui que, o uso de fertilizante organomineral a base de biossólido promoveu maior massa verde (fresca) para cultura do milho comparado com o fertilizante mineral. Fazendo relação com nutrientes e massa fresca Resende Júnior (2015) verificou que quando há menor quantidade de nutrientes ocorre uma relação é proporcional a quantidade de água nas folhas, ou seja, diminui o peso de massa fresca.

Figura 11 - Plantas de braquiária sob efeito de fertilizante organomineral farelado à base de celulose nas doses 40, 80, 120 e 160 (kg ha<sup>-1</sup>) de NPK respectivamente



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Ao avaliarem diferentes doses de ureia polimerizada na cultura do sorgo sacarino Lima *et al.* (2013) constataram que a ureia (25%) promoveu maior desenvolvimento e resultados significativos para massa fresca da parte aérea da planta. De acordo com Ramos (2022), a adubação nitrogenada é de grande importância pois contribui para o aumento da produtividade de capim, contudo, deve-se atentar as recomendações ideais para que não prejudique a produção.

#### 4.2.3 SPAD

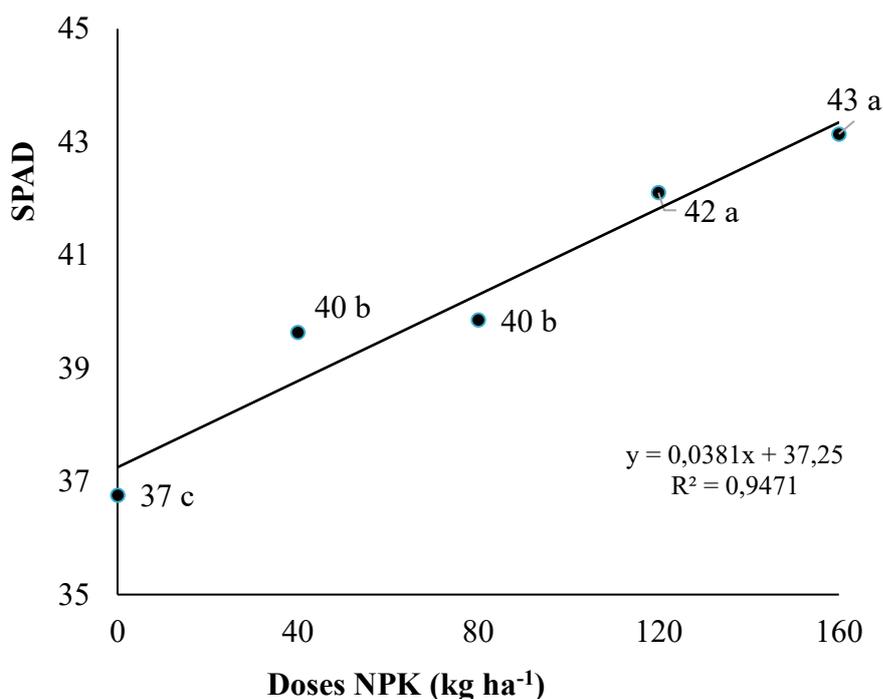
Quanto ao efeito residual dos tratamentos verificou-se que, as diferentes fontes de fertilizantes não interferiram no índice médio de SPAD, diferentemente das doses que proporcionaram diferenças no índice para as plantas de braquiária cultivada em sucessão.

Observou-se que as doses 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> são estatisticamente iguais e apresentaram maior SPAD nas folhas de braquiária, com médias iguais a 42 e 43, diferindo-se das demais doses. Em seguida estão as doses 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> que apresentaram média igual a 40 diferindo-se significativamente da dose 0 (gráfico 8).

Pôrto *et al.* (2014) verificaram que na cultura do pepino a determinação do índice SPAD é eficaz para analisar o teor de N na planta. O trabalho identificou que de forma quadrática, o índice SPAD aumentou de acordo com as doses de nitrogênio. Da mesma forma Melo *et al.*

(2021) encontraram mesmo efeito, porém agora avaliando o incremento das doses de cama de frango, o qual contribuiu para o aumento de SPAD nas cultivares *Urochloa brizantha* cv. Marandu; BRS Paiaguás e Xaraés.

Gráfico 8 - Índice SPAD das plantas de braquiária, sob efeito de diferentes doses (kg ha<sup>-1</sup>), 60 dias após semeadura



CV (%) 8,39 P<sup>1</sup> 0,9662 ns P<sup>2</sup> 0,0000 P<sup>3</sup> 0,6212 ns

Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância. CV (%): coeficiente de variação. P<sup>1</sup>: probabilidade de interação entre fertilizantes e doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>2</sup>: probabilidade doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>3</sup>: probabilidade fertilizantes na ANOVA (P<0,05). ns: não significativo (P>0,05). y: estimativa do modelo polinomial para variável resposta SPAD. R<sup>2</sup>: coeficiente de ajuste da equação.

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

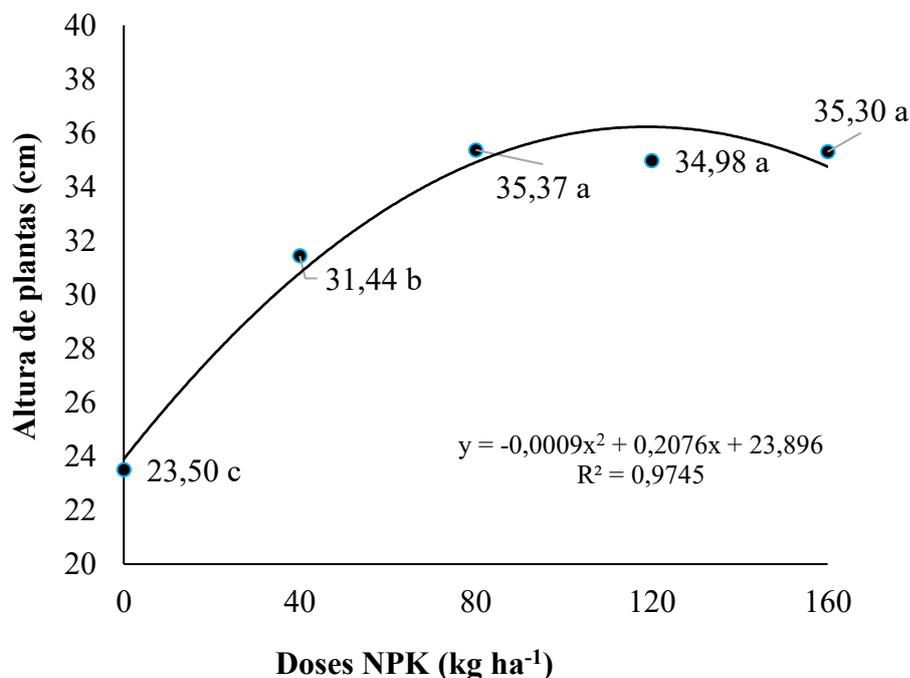
#### 4.2.4 Altura de plantas (cm)

Assim como observado para o índice SPAD, a altura de plantas sofreu variação significativa apenas em função da dose de fertilizante, independente da fonte utilizada.

De acordo com a gráfico 9 observou-se maiores alturas de plantas (cm) para as doses 80 kg ha<sup>-1</sup> (35,37 cm), 120 (34,98 cm) e 160 (35,30cm). A dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> apresentou altura média inferior as demais, porém esta foi estatisticamente superior a ausência de adubação.

Ainda sobre a gráfico, 97,45% dos dados são justificados pela equação quadrática, sendo que a partir desta estimou-se o ponto máximo, onde altura máxima será de 36 cm na dose 118, 9 kg ha<sup>-1</sup>, após este ponto como demonstrado, a tendência é diminuir a variável resposta.

Gráfico 9 - Altura de plantas (cm) de braquiária, sob efeito de diferentes doses (kg ha<sup>-1</sup>) 90 dias após semeadura



CV (%) 19,57 P<sup>1</sup> 0,2304 ns P<sup>2</sup> 0,0000 P<sup>3</sup> 0,2310 ns

Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância. CV (%): coeficiente de variação. P<sup>1</sup>: probabilidade de interação entre fertilizantes e doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>2</sup>: probabilidade doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>3</sup>: probabilidade fertilizantes na ANOVA (P<0,05). ns: não significativo (P>0,05). y: estimativa do modelo polinomial para variável resposta altura de plantas (cm). R<sup>2</sup>: coeficiente de ajuste da equação.

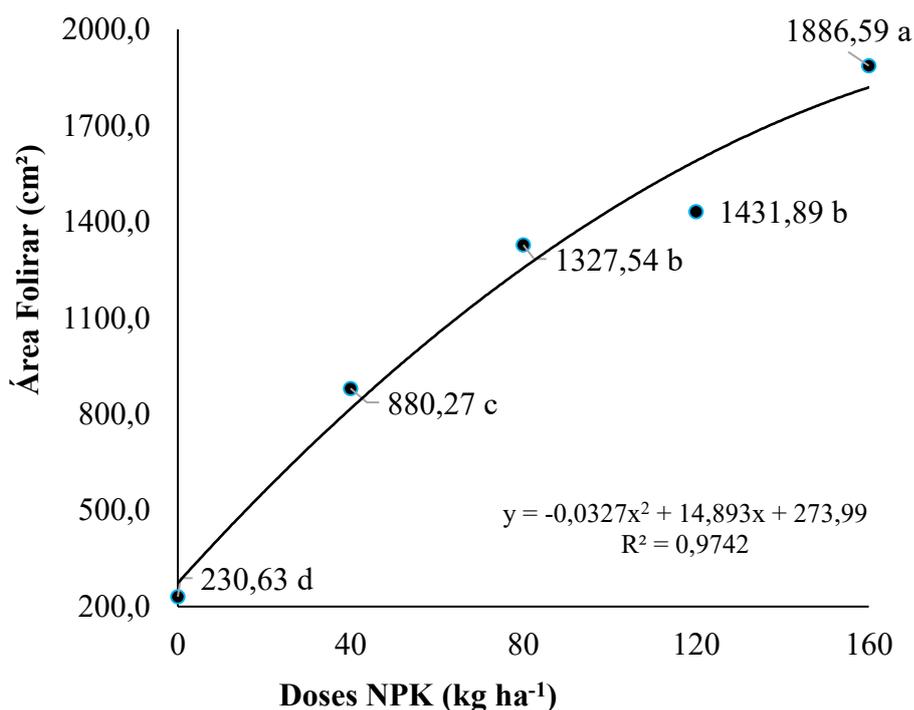
Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Resende Júnior (2015) avaliou a utilização de biofóssido no capim Marandu, e verificou que a adubação com biofóssido e mineral proporcionaram melhores resultados para altura de plantas comparando com os demais tratamentos com diferentes fertilizantes em diferentes doses. Bezerra *et al.* (2020) verificaram que o capim Marandu apresentou maior quantidade de perfilho, porém, menor altura de plantas quando comparadas as demais gramíneas do gênero em tipos de solos diferentes. Contudo, Santos *et al.* (2010), relataram que a altura de plantas contribui para o sombreamento, conseqüentemente há a senescência das folhas.

#### 4.2.5 Área foliar (cm<sup>2</sup>)

A análise revelou que somente as diferentes doses aplicadas tiveram um efeito direto na área foliar da braquiária (cm<sup>2</sup>). A dose de 0 kg ha<sup>-1</sup> resultou na menor área foliar, com uma média de 230,63 cm<sup>2</sup>, enquanto a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou a maior área foliar entre todas as doses, com uma média de 1886,59 cm<sup>2</sup>. Isso representou um aumento de 818,02% em relação ao grupo de controle. As doses de 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> foram estatisticamente equivalentes com médias de 1327,54 cm<sup>2</sup> e 1431,89 cm<sup>2</sup>, respectivamente, situando-se entre a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> e as demais. A dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> exibiu uma área foliar de 880,27 cm<sup>2</sup>, sendo inferior às doses mais elevadas, com exceção do tratamento sem aplicação de fertilizantes, conforme ilustrado no gráfico 10.

Gráfico 10 - Área foliar (cm<sup>2</sup>) das plantas de braquiária, sob efeito de diferentes doses (kg ha<sup>-1</sup>) 90 dias após semeadura



CV (%) 26,73 P<sup>1</sup> 0,4272 ns P<sup>2</sup> 0,0000 P<sup>3</sup> 0,0347

Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 0,05 de significância. CV (%): coeficiente de variação. P<sup>1</sup>: probabilidade de interação entre fertilizantes e doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>2</sup>: probabilidade doses na ANOVA (P<0,05). P<sup>3</sup>: probabilidade fertilizantes na ANOVA (P<0,05). ns: não significativo (P>0,05). y: estimativa do modelo polinomial para variável resposta área foliar (cm). R<sup>2</sup>: coeficiente de ajuste da equação.

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Ribeiro (2021) verificou que a interação entre intensidade de corte e adubação não foi significativa para área foliar da *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Alexandrino, Vaz e Santos (2010) verificaram que a adubação nitrogenada promoveu bons efeitos para estabilidade e desenvolvimento do capim Marandu.

Assim como demonstrado no gráfico anterior, a equação quadrática responde a 92,98% dos dados obtidos no experimento, de acordo com esta a planta atingirá ponto máximo através da dose 115,9 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, com área foliar referente à 1549,62 (cm<sup>2</sup>).

Ao avaliar área foliar em ambas as culturas estudadas no presente trabalho verificou-se que na dose 160 kg ha<sup>-1</sup> obteve melhores resultados.

#### 4.2.6 Equivalência e eficiência dos fertilizantes

Realizou-se cálculo para verificar a equivalência e eficiência das fontes de fertilizantes em comparação com o fertilizante mineral convencional. Observou-se que dentre os fertilizantes estudados, o FOM farelado a base de celulose foi o que apresentou maior eficiência comparada ao convencional com percentual igual a 60,41%.

Tabela 14 - Equivalência e eficiência dos fertilizantes FOM farelado a base de celulose, FOM farelado a base de torta de filtro, FOM granulado a base de celulose, mineral polímero e mineral nítrico na cultura da braquiária, comparados com o fertilizante mineral convencional. Uberlândia-MG

<b>Fertilizantes</b>	<b>Equivalente em fertilizante mineral* (%)</b>	<b>Eficiência (%)</b>
FOM farelado CELULOSE	160,41	60,41
FOM farelado TORTA	112,96	12,96
FOM granulado CELULOSE	136,85	36,85
Mineral POLÍMERO	153,77	53,77
Mineral NÍTRICO	143,06	43,06

\*Cálculos realizados segundo equação de eficiência (Equação 2) baseada nas doses aplicadas do fertilizante mineral. Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os demais fertilizantes apresentaram eficiência inferior ao FOM farelado a base de celulose, na seguinte ordem: mineral polímero, mineral nítrico amoniacal, FOM granulado a base de celulose e FOM farelado a base de torta de filtro com suas respectivas porcentagens 53,77; 43,06; 36,85; e 12,96 (tabela 14).

Comparando com o milho verificou-se que o FOM farelado a base de celulose foi o fertilizante que apresentou maior eficiência dentre os demais estudados para as duas culturas estudadas. Os fertilizantes especiais são uma alternativa eficaz para realizar o aporte adequado de nutrientes para planta, demonstrando também efeito residual em culturas de sucessão.

Ao analisar os índices de eficiência agrônômica nas plantas de braquiária e correlacioná-los com os efeitos residuais dos fertilizantes e as doses de máxima resposta para cada um deles, observou-se que doses reduzidas dos fertilizantes especiais resultaram em maiores teores de massa fresca em comparação com o fertilizante mineral convencional. Isso indica que a utilização dos fertilizantes especiais não acarretou efeitos prejudiciais significativos, mesmo quando se aplicaram quantidades inferiores desses fertilizantes no solo.

A aplicação de fertilizantes orgânicos melhora a absorção de fósforo pelas plantas. Quando o composto orgânico tem um tempo de maturação mais curto é necessária quantidade maior para obter a máxima produção de matéria seca de milho. Essas práticas aceleram a solubilização do fósforo em comparação com fertilizantes convencionais (Matos *et al.*, 2006). Além disso, a presença de matéria orgânica no solo oferece vantagens adicionais, como maior retenção de água, redução da densidade do solo e aumento da porosidade, que gera formação de agregados onde previnem a erosão do solo e aprimora a capacidade de absorção e troca de nutrientes, a atividade microbiológica também é estimulada, introduzindo novos microorganismos e enriquecendo a flora e a microflora do solo. Esses processos resultam na formação de húmus, proporcionando um ambiente radicular favorável para as plantas, mesmo em solos menos férteis, o que, por sua vez, melhora a absorção de nutrientes e promove um crescimento mais saudável e produtivo das plantas (Tiritan *et al.*, 2011).

Ferreira, Carvalho e Jacome (2019) em sua pesquisa comprovou que ao passar do tempo o solo sem tratamento perdeu nutriente e deixou o solo pobre em minerais, e o uso de adubo orgânico foi eficiente para o desenvolvimento de feijão caupi e coentro verde, da mesma forma que o fertilizante mineral.

## 5 CONCLUSÃO

Em relação ao cultivo de milho verificou-se que os fertilizantes convencional, organomineral granulado à base de celulose, mineral polímero e mineral nítrico resultaram em um aumento significativo na altura das plantas. Adicionalmente, os fertilizantes organomineral farelado à base de celulose, organomineral granulado à base de celulose e mineral polímero foram associados a uma maior massa fresca da parte aérea das plantas.

Para o cultivo em sucessão da braquiária conclui-se que o fertilizante organomineral farelado a base de celulose, mineral com polímero e mineral nítrico obtiveram melhores desempenhos de eficiência agrônômica quando comparados com o fertilizante mineral convencional. Além disso, observou-se que esses fertilizantes especiais contribuíram para um maior efeito residual de nutrientes no solo o que resultou em maiores valores encontrado nas variáveis relacionadas aos fatores de crescimento da cultura da braquiária.

## REFERÊNCIAS

- AKHTAR, M. MCCALLISTER, D. L.; ESKRIDGE, K. M. Availability and fractionation of phosphorus in sewage sludge-amended soils. **Communications in Soil, Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 33, n. 13 e 14, p. 2057-2068. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1081/CSS-120005748>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/CSS-120005748>. Acesso em: 19 jan. 2023.
- ALEXANDRINO, E.; VAZ, R. G. M. V.; SANTOS, A. C. Características da *Braquiaria brizantha* cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 06, p. 886-893, 2010. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7226>. Acesso em: 07 jun. 2023.
- ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1004-1013, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011001000003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/sgZNSQtFvRSx587NstrLGQh/?lang=pt>. Acesso em: 01 dez. 2022.
- ANDRADE, E. M. G.; SILVA, H. S.; SILVA, N. S.; SOUSA JÚNIOR, J.R.; FURTADO, G. F. Adubação organomineral em hortaliças folhosas, frutos e raízes. **Revista Verde De Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 7, n. 3, p. 07-11, 2012. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1768>. Acesso em: 04 mar. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE TECNOLOGIA EM NUTRIÇÃO VEGETAL (ABISOLO) *In: Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal*, Campinas, 2017. Disponível em: <https://www.abisolo.com.br/anuario>. Acesso em: 03 jan. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE TECNOLOGIA EM NUTRIÇÃO VEGETAL (ABISOLO) *In: Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal*. Campinas, 2021. Disponível em: <https://www.abisolo.com.br/anuario>. Acesso em: 13 dez. 2022.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. Pesquisa setorial, macro indicadores. São Paulo, 2022. Disponível em: [https://anda.org.br/pesquisa\\_setorial/](https://anda.org.br/pesquisa_setorial/). Acesso em: 07 jan. 2023.
- AZEEM, B.; KUSHAARI, K.; MAN, Z. B.; BASIT, A.; THANH, T. H. Review on materials & methods to produce controlled release coated urea Fertilizer. **Journal of Controlled Release**, [s.l.], v. 181, p. 11-21, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2014.02.020> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168365914001205?via%3Dihub>. Acesso e: 02 jan. 2023.

BARCELOS, M. N.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; AMARAL, U.; ARAUJO, L. C.; FILHO, M. C. M. T.; VERDE, C. V. Use of organo-mineral fertilizers in grain sorghum as reverse logistics of organic residues. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 11, n. 2, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n2p435> Disponível em: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/0/38118>. Acesso em: 01 jun. 2023.

BARNABÉ, M. C.; ROSA, B.; LOPES, E. L.; ROCHA, G. P.; PINHEIRO, E. de P.; FREITAS, K. R. PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICO- BROMATOLÓGICA DA *Brachiaria brizantha* CV. MARANDU ADUBADA COM DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS. **Ciência Animal Brasileira / Brazilian Animal Science**, Goiânia, v. 8, n. 3, p. 435–446, 2007. DOI: <https://10.5216/cab.v8i3.1681>. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/1681>. Acesso em: 06 dez. 2022.

BARROS, J. F. C; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. Escola de ciências e tecnologia departamento de fitotecnia, Évora, 2014, 52 p. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; ANDRADE, G. C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 37, p. 99-106. 1998.

BENITES, V. N.; CORREA, J. C.; MENEZES, J. F. S.; POLIDORO, J. C. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil. In: FERTBIO, 2010. **Anais eletrônicos** [...]. Guarapari: [s.n.], 2010, 4 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/954898>. Acesso em: 10 jan. 2023.

BERNARDINO, C. A. R.; MAHLER, C. F.; VELOSO, M. C. C. ROMEIRO, G. A.; SCHROEDER, P. Torta de Filtro, Resíduo da Indústria Sucroalcooleira-Uma Avaliação por Pirólise Lenta. **Revista Virtual de Química**, [s.l.], v. 10, n. 3, 2018. DOI: <https://10.21577/1984-6835.20180042>. Disponível em: [http://rvq.sbq.org.br/audiencia\\_pdf.asp?aid2=924&nomeArquivo=v10n3a10.pdf](http://rvq.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=924&nomeArquivo=v10n3a10.pdf). Acesso em: 05 jan. 2023.

BEZERRA, J. D. V.; EMERENCIANO NETO, J. V.; ALVES, D. J. S.; BATISTA NETA, I. E.; GALDINO NETO, L. C.; SANTOS, R.S.; DIFANTE, G. S. Productive, morphogenic and structural characteristics of *Braquiaria brizantha* cultivars grown in two types of soil. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 9, n. 7, p. e129972947, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.2947>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/2947>. Acesso em: 07 jun. 2023.

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen–Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, [s.l.], v. 1, p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sdata2018214> Acesso em: 05 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº61, de 8 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações,

garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 5, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.

CABRAL, F. L. **Níveis de adubação fosfatada mineral e organomineral na cultura do milho. Dissertação**. 2016. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2016. Disponível em: [https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcdursos/uploads/anexos\\_5/2018-01-04-12-22-44Fernando%20Luiz%20Cabral.pdf](https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcdursos/uploads/anexos_5/2018-01-04-12-22-44Fernando%20Luiz%20Cabral.pdf). Acesso em: 02 jan 2023.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. **Humosfera**: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes: UENF, 2005. 309 p.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. *In*: NOVAIS, R. F., *et al.* **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M.; FONSECA, D. M. da; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T. T. Sugestões de adubação para as diferentes culturas em Minas Gerais – Pastagens. *In*: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V.; V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, p. 332-341, cap. 18.5.

CECATO, U.; YANAKA, F. Y.; DE BRITO FILHO, M. R. T.; SANTOS, G. T.; CANTO, M. W.; ONORATO, W. M.; PETERNELLI, M. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada na produção, na rebrota e no perfilhamento do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf. cv. Marandu). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 3, p. 817-822, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v22i0.3225>. Acesso em: 01 ago. 2023.

CHIEN, S. H; PROCHNOW, L. I.; CANTARELLA, H. Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. *In*: CHIEN, S. H; PROCHNOW, L. I.; CANTARELLA, H. **Advances in Agronomy**. San Diego: Academic Press, v.102, 2009, p.267-322. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(09\)01008-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(09)01008-6) Disponível em: [http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/d58a3c2deca9d7378525731e006066d5/\\$FILE/Rcent%20Developments%20Fertilizer%20Production.pdf](http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/d58a3c2deca9d7378525731e006066d5/$FILE/Rcent%20Developments%20Fertilizer%20Production.pdf). Acesso em: 15 dez. 2022.

CLIMATEMPO. **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Uberlândia, BR**. Uberlândia, MG, 2023. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/203/uberlandia-mg>. Acesso em: 22 fev. 2023.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2006. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 78). Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcgclefindmkaj/https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2023.

COSTA, N. de L.; PAULINO, V. T.; RODRIGUES, A. N. A.; TOWNSEND, C. R.;

MAGALHÃES, J. A. Calagem e Adubação de Pastagens. *In*: COSTA, N. de L. (Ed.). **Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia**, Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. p. 84-119. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1130333>. Acesso em: 20 mar. 2023.

COSTA, R. P. da; PEREIRA, C. E.; KIKUTI, A. L. P.; KIKUTI, H. Monoamônio fosfato revestido com polímero na cultura do girassol. **Scientia Plena**, [s.l.], v. 18, n. 7, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.070212>. Disponível em: <https://www.scienciaplenua.org.br/sp/article/view/6613>. Acesso em: 21 ago. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. p. 212. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/169149/1/Manual-de-metodos-de-analise-de-solo-2-ed-1997.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Aumento da produtividade do milho**. Jornal eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo, INFOTECA, Sete Lagoas, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/490872>. Acesso em: 10 jan. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Informação Tecnológica, 2009. p. 1-628.88. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330496>. Acesso em: 20 jan. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Embrapa suínos e aves - Rede biogásfert. **Fertilizante organomineral farelado e granulado**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/biogasfert/fertilizantes/fertilizante-organomineral/farelado-e-ou-granulado#:~:text=O%20fertilizante%20organomineral%20na%20forma,com%20sais%20sol%C3%BAveis%20de%20micronutrientes%2C/>. Acesso em: 20 dez. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Agricultura e preservação ambiental: uma análise do cadastro ambiental rural**. Campinas, 2020. Disponível em: [www.embrapa.br/car](http://www.embrapa.br/car). Acesso em: 20 jan. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/?lang=en>. Acesso em 09 jun. 2023.

FERREIRA, N. **Eficiência agrônômica de fertilizantes organominerais sólidos e fluidos em relação à disponibilidade de fósforo**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/86463>. Acesso em: 02 jan. 2023.

FERREIRA, C. C. B.; CARVALHO, R. da C. P. de; JÁCOME, A. GOMES. Análise da eficiência na disponibilização de nutrientes de diferentes fontes de matéria orgânica. *In*: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC, 1, 2019, Palmas. **Anais [...]**. Palmas: Contec, 2019. p. 1-5. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcgclclefindmkaj/https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/Contecc2019/Agronomia/ANALISE%20DA%20EFICIENCIA%20NA%20DISPONIBILIZA%C3%87%C3%83O%20DE%20NUTRIENTES%20DE%20DIFERENTES%20FONTES%20DE%20MATERIA%20ORGANICA.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2023.

FERREIRA, D. M.; REBOUÇAS, T. N.; FERRAZ-ALMEIDA, R.; PORTO, J. S.; OLIVEIRA, R. C.; LUZ, J. M. Organomineral fertilizer as an alternative for increasing potato yield and quality. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 26, p. 306-312, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n4p306-312>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/G7Yk9Kn36wyDxcZCv4Zhng/abstract/?lang=en>. Acesso em: 29 de nov. 2022.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). Safra Mundial de Milho 2022/23, 9º Levantamento do USDA, São Paulo-SP, janeiro 2023. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/file-20191011171723-boletimmilhooutubro2019>. Acesso em: 12 jan. 2023.

FIALHO, C. A.; DA SILVA, S. C.; GIMENES, F. M. A.; GOMES, M. B. G.; BERNDT, A.; GERDES, L. Tiller population density and tillering dynamics in marandu palisade grass subjected to strategies of rotational stocking management and nitrogen fertilization. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 34, n. 3, p. 245-251, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i3.13739>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asas/a/TYY8j45r3jnnMNtntyfFd9R/?lang=en>. Acesso em: 12 fev. 2023.

FRANCO, M. H. R. **Biochar e fertilizantes especiais no crescimento inicial da cultura do milho**. 2019. 100 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, ICIAG, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26428/2/BiocharFertilizantesEspeciais.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2023.

GARCIA, J. L. M. **A Lei do Máximo**. Instituto de Agricultura Biológica, janeiro 2020. Disponível em: <https://institutodeagriculturabiologica.org/2020/01/22/a-lei-do-maximo>. Acesso em: 12 dez. 2022.

GARCIA, R. A.; MACHADO, L. A. Z. **Braquiária com crotalária na entressafra: efeito positivo na soja em sucessão**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2019. 21 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa & desenvolvimento, 83). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/208486/1/BP-83.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2023.

GEODERT, W. J.; SOUZA, D. M. G.; REIN, T. A. **Princípios metodológicos para avaliação agrônômica de fontes de fósforo**. Planaltina, DF: EMBRAPA, 1986, 23 p.

GONÇALVES, J. B. Plano nacional de fertilizantes. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050>. Acesso em: 20 dez. 2022.

GOTT, R. M.; AQUINO, L. A. de; CARVALHO, A. M. X. de; SANTOS, L. P. D.; NUMES, P. H. M. P.; COELHO, B. S. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v. 18, n. 11, p. 1110–1115, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1110-1115>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Pj5DGNtnGCSSMGH7frQr9cH/?format=pdf&lang=pt#:~:text=Definiu%2D%20se%20o%20limite%20inferior,teores%20foi%20definida%20como%20normal..> Acesso em: 20 fev. 2023.

GUARESCHI, R. F. **Emprego de fertilizantes revestidos por polímeros nas culturas da soja e milho**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2010. Disponível em: [https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos\\_5/2017-11-30-12-27-45Roni%20Fernandes%20Guareschi.pdf](https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_5/2017-11-30-12-27-45Roni%20Fernandes%20Guareschi.pdf). Acesso em: 26 maio 2023.

GUERRINI, I. A. **Uso de resíduos industriais de fábrica de celulose e papel em plantios de eucalipto**. 2003. 96 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2003.

HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil Fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management**. 8.ed. North Carolina: Pearson Prentice Hall, 2021.

INHAQUITTI, A. V. da S. **Efeito residual de adubação com fertilizante organomineral em Urochloa brizantha cv. Marandu**. 2019. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26142>. Acesso em: 15 jun. 2023.

ISLA, R.; VALENTÍN-MADRONA, F.; MATURANO, M.; AIBAR, J.; GUILLÉN, M.; QUÍLEZ, D. Comparison of different approaches for optimizing nitrogen management in sprinkler-irrigated maize. **European Journal of Agronomy**, [s.l.], v.116, p. 1-47, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126043>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030120300162>. Acesso em: 20 dez. 2022.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: Uma revisão. **Geonomos**, Belo Horizonte, v.5, p.17-40, 1997. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v5i1.187>.

KHAN, A. A.; HUSSAIN, A.; GANAI, M. A.; SOFI, N. R.; HUSSAIN, S. T. Yield, nutrient uptake and quality of sweet corn as influenced by transplanting dates and nitrogen levels. **Journal of Pharmacognosy Phytochemistry**, Índia, v. 7, p. 3567-3571, 2018. Disponível em: <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue2/PartAX/7-2-150-739.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2023.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais**. Piracicaba: E, J. Kiehl. 60p. 2008.

LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grass: a review. **Herbage Abstracts**, Wallingford, v.33, p.141-148, 1963.

LEMOS, L. B. Milho: a utilização de produtos com liberação controlada e fertilizantes organominerais tem aumentado significante, reduzindo perdas e melhorando o solo. *In: Anuário Brasileiro de Tecnologia em nutrição Vegetal*. São Paulo, 2017.

LIMA, C. G.; SILVA, P. C.; COSTA, R. A.; MARTINS, Y. A. M.; LANA, R. M. Q. Aplicação de diferentes doses de ureia polimerizada sob o desenvolvimento vegetativo de plantas de sorgo sacarino. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 9, n. 17, p. 224-232, 2013. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/APLICACAO%20DE%20DIFERENTES%20DOSES.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

LIN, W.; LIN, M.; ZHOU, H.; WU, H.; LI, Z.; LIN, W. The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. **PLoS ONE**, Califórnia, v. 14, n. 5, e0217018, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217018>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0217018>. Acesso em: 07 jan. 2023.

LOPES, A. S. **Solos sob "cerrado"**: características, propriedades e manejo. 2. ed. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162 p.

LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo, ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.

LOSS A. **Dinâmica da matéria orgânica, fertilidade e agregação em solo em áreas sob diferentes sistemas de uso no cerrado goiano**. 2011. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/1233?mode=full>. Acesso em: 15 jan. 2023.

MACAN, G. P. F.; PINTO, D. F. P.; HOMMA, S. K. Eficiência de diferentes adubos orgânicos na adubação do milho. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [s.l.], v. 9, n. 04, p. 66–74, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v9i04.8749>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/8749>. Acesso em: 21 jun. 2023.

MAÇÃS, J. E. S. **Nitrogenio nítrico e amoniacal no desenvolvimento da parte aérea de milho cultivado em argissolo**. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de agronomia na Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15874/000692334.pdf?sequence=1. Acesso em: 20 nov. 2022.

MAGELA, M. L. M. **Fontes de matéria orgânica na composição de fertilizantes organominerais pelezados na cultura do milho**. 2017. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. DOI:

<https://10.14393/ufu.di.2017.523>. Disponível em:  
<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/19580>. Acesso em 16 mai. 2023.

MARANHO, J. M. **Eficiência de fertilizantes organominerais no desenvolvimento inicial de milho e feijão**. 2019. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em:  
<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/31246/3/EficienciaFertilizantesOrganominerais.pdf>. Acesso em: 26 maio 2023.

MATOS, E. S. R.; MENDONÇA, E. de S.; VILLANI, E. M. de A.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, J. C. C. Formas de fósforo no solo em sistemas de milho exclusivo e consorciado com feijão sob adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 625-632, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000400003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/r8TNXpYmf3GjnCrFkGPt55h/?lang=pt>. Acesso em: 05 jul. 2023.

MEIRA, F. de A. **Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho**. 2006. 52 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2006. Disponível em  
<https://www.feis.unesp.br/Home/DTA/STPG/agro/teses2006/flavia2006.pdf>. Acesso em: 20 maio 2023.

MELO, A. F.; TEIXEIRA, M. B.; SANTOS, E. A. dos .; JESUS, T. F. de .; CABRAL FILHO, F. R. .; CUNHA, F. N. .; VIDAL, V. M. .; SOARES, F. A. L. .; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. .; ARAUJO, L. C. de .; LAURENTIZ, A. C. de .; FERNANDES, P. B. .; SILVA, E. C. da . Productive performance of Braquiaria (syn. Urochloa) brizantha cultivars under organic fertilization. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 10, n. 7, p. e10710716212, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16212>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16212>. Acesso em: 22 jun. 2023.

MENDES, A. M. S. **Introdução a fertilidade do solo**. Superintendência Federal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado da Bahia – SFA -BA/SDC/MAPA. Departamento de Solos da UFV no Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas. p 64, 2007. Disponível em:  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/35800/1/OPB1291.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2022.

MESSIAS, A. S.; SILVA, D. J.; FREIRE, F.J.; SILVA, M. C. L. Capítulo 8: Fertilizantes. *In*: CAVALCANTI, F. J. de A. (coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**: 2a. aproximação. 3. ed. rev. Recife: IPA, 2008. p. 89-103. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/161219>. Acesso em: 03 dez. 2022.

MINOLTA. Camera Co. Ltd., Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction manual. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Divisions. 1989. 22 p.

MIRANDA, L.; MIELNICKZUK, J. & LOBATO, E. Calagem e adubação corretiva. *In*: V SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO. Brasília, EMBRAPA, 1980. p.521-578.

MIRANDA, E. E. de. Potência agrícola e ambiental: áreas cultivadas no Brasil e no mundo. *Rev. Agroanalysis*. São Paulo – SP, v. 38, n. 2, p. 25 – 27, 2018. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174066/1/4942.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2022.

MOTA, R. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; ALMEIDA, R. F.; MORAES, E. R. Biosolid and sugarcane filter cake in the composition of organomineral fertilizer on soybean responses. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, [s.l.], v. 8, n. 2, p. 131-137, jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0237-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40093-018-0237-3>. Acesso em: 17 dez. 2022.

MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R. Effect on nitrogen supply on maize yield: II. Field and moel analyzis. *Agronomy Journal*, [s.l.], v. 87, p. 642-648, 1995. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700040006x>.

NASH, P.R.; NELSON, K.A.; MOTOVALLI, P.P. Corn yield response to polymer and non-coated urea placement and timings. *International Journal of Plant Production*, Gorgan, v. 7, n. 3, p. 373-392, Apr. 2013. Disponível em: [https://ijpp.gau.ac.ir/article\\_1110.html](https://ijpp.gau.ac.ir/article_1110.html). Acesso em: 02 dez. 2022.

NORUSIS, M. SPSS 16.0 guide to data analysis. 2008, 2 ed., Prentice Hall, Inc., Upper Saddle-River.

NUNES, S. G.; BOOK, A; PENTEADO, M. I. de O.; GOMES, D.T. **Braquiaria brizantha cv. Marandu**. 2 ed. Campo Grande: EMBRAPA CNPQC, 1984. 31 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/317899/1/Braquiariabrizantha.p/df>. Acesso em: 15 fev. 2023.

OGINO, C. M.; COSTA JUNIOR, G.; POPOVA, N. D.; MARTINES FILHO, J. G. Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o centro-oeste brasileiro. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 59, n. 1, p. 1-19, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.220367>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/YRXFYCdQnYcqqBzRVxnn5Zd/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 10 jan. 2023.

OLIVEIRA, F. J. S.; JUCÁ, J. F.T. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. *Revista Engenharia Sanitária Ambiental*. [s.l.], v. 9, n. 3, p. 211- 217, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522004000300007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/GBKj7cmvRQKMJVdv7tSc5TQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 06 jan. 2023.

OLIVEIRA, G. R. **Validação do processo de digestão e de peletização de cama de aviário para a produção de fertilizante organomineral**. 2014. 211 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/36109>. Acesso em: 20 dez. 2022.

OLIVEIRA, D. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; MATOS, A. L. I. A.; MAGELA, M. L. M. Organic matter sources in the composition of pelletized organomineral fertilizers used in sorghum crops. **African Journal of Agricultural Research**, [s.l.], v. 12, n. 32, p. 2574-2581, ago. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11476>. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/ACDC03D65521>. Acesso em: 10 dez. 2022.

OLIVEIRA, D. P. **Fontes de matéria orgânica para a formulação de fertilizantes organominerais peletizados no desenvolvimento da cultura do sorgo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

OLIVEIRA, A. R. F.; ARAUJO L. C. de; LUDKIEWICZ M. G. Z.; ZAGATO L. Q. S. D.; GALINDO F. S.; MARUNO T. C. Produtividade, composição morfológica e químicobromatológica do capim-marandu consorciado com sorgo forrageiro para renovação de pastagem degradada no Cerrado. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 26, n. 1, p. 69-81, 2017. DOI: <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2017v26n1p69-81>. Disponível em: <https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2446-8355.2017v26n1p69-81/1797>. Acesso em: 15 mar. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **População mundial deve ultrapassar marca de 8 bilhões ainda este ano**. Perspectiva Global Reportagens Humanas, 2022. ONU News: Perspectiva Global Reportagens Humanas. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/referencia-site-abnt-artigos>. Acesso em: 03 jan. 2023.

OSAKI, M. **Conflito no leste europeu completa um mês e setor de fertilizantes segue apreensivo**. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada Departamento de Economia, Administração e Sociologia (CEPEA). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniaoecepea/conflito-no-leste-europeu-completa-um-mes-e-setor-de-fertilizantes-segue-apreensivo.aspx>. Acesso em: 04 jan. 2023.

PEREIRA, B. D. O. H.; DINIZ, D. A.; REZENDE, C. F. A. Adubação organomineral e mineral no desempenho agrônomo do milho e alterações químicas do solo. **Brazilian Journal of Development**, Paraná, v. 6, n. 8, p.58694-58706. 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-325>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/index.php/BRJD/article/view/15079>. Acesso em 4 jun. 2023.

PÔRTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECOM, P. R.; ALVES, J. C. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura do pepino japonês em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 32, n. 3, p.292-296, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000300009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/f8CP6t6hfPjFzdDBzbCdfRg/>. Acesso em 09 jun. 2023.

POSSAMAI, E. J. **Qualidade do plantio direto em estabelecimentos rurais do sudoeste do Paraná**. 2022. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/29806>. Acesso 16 jul. 2023.

PRAMANICK, B.; BRAHMACHARI, K.; MAHAPATRA, B. S.; GHOSH, A.; GHOSH, D.; KAR, S. Growth, yield and quality improvement of potato tubers through the application of seaweed sap derived from the marine alga *Kappaphycus alvarezii*. **Journal of Applied Phycology**, [s.l.], v. 29, n. 6, p. 3253-3260, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1189-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-017-1189-0>. Acesso em: 15 jan. 2023.

PRUDENCIO, M. F. **Doses de fósforo com e sem polímeros na produtividade e valor nutritivo do capim mavuno**. 2022. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Universidade Estadual Paulista (Unesp) Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas Campus de Dracena, Dracena, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/242963>. Acesso em: 15 jun. 2023.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285 p.

RAMOS, B. **Adubação nitrogenada: o que é e como aplicar no pasto**. Portal: Nutrimosaic. 2022. Disponível em: <https://nutrimosaic.com.br/adubacao-nitrogenada/>. Acesso em: 16 jun. 2023.

RASBOLD, J. C.; PRATI, V.; FARIAS, L. A.; RICHART, A.; LUZZI, D. Eficiência de fertilizantes formulados mineral e organomineral no fornecimento de nutrientes para o milho primeira safra em Toledo - PR. **Cultivando o Saber**, Toledo, v. 13, n. 2, p. 134-144, jun. 2020. Disponível em: [https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando\\_o\\_saber/5f08bc66210fe.pdf](https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/5f08bc66210fe.pdf). Acesso em: 21 mai. 2023.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e seu uso eficiente**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), 2017. 178 p. (IFA, maio 2016). Disponível em: <https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; SANTOS, F. C. **Fertilidade do Solo e Manejo da adubação NPK para Alta Produtividade de Milho no Brasil Central**. Sete Lagoas, MG. 2012. (Circular técnica 181). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/951901/1/circ181.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023.

RESENDE JÚNIOR, Joaquim Carlos de. **Biossólido na nutrição de *Urochloa brizantha* cv. Marandu**. 2015. 41 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015. DOI 10.14393/ufu.di.2015.257. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/18114>. Acesso em: 5 jun. 2023.

REZENDE, A. V. de; LIMA, J. F. de; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; CARVALHO, M.; FARIA JUNIOR, D. C. N. A. de; BARBOSA, L. de Ávila. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta a adubação fosfatada. **Agrarian**, [s.l.], v. 4, n. 14, p. 335-343, 2011. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1145>. Acesso em: 3 abr. 2023.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (ed.). *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

RIBEIRO, A. S. *Braquiaria brizantha CV. MARANDU sob diferentes adubações e intensidades de corte*. 2021. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga, 2021. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-218217>. Acesso em: 03 jun. 2023.

RODRIGUES, T. R. D.; BROETTO, L.; OLIVEIRA, P. S. R.; RUBIO, F. 2012. Desenvolvimento da cultura do milho submetida a fertilizantes orgânicos e minerais. **Biosci. J.**, Uberlândia, v.28, n.4, p. 509-514. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13243/9740>. Acesso em: 03 jun. 2023.

ROYO, J. **Agricultura Orgânica: Adubação organomineral reduz aplicações de nutrientes em 40%**. 2010. *Jornal dia de campo: Informação que produz*. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21891&secao=Agrotemas>. Acesso em: 02 nov. 2022.

RUPPENTHAL, V.; CONTE, M. A. Efeito do composto de lixo urbano na nutrição e produção de gladiolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 145-150, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000100016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/DcsnFCzwStbHs35FqyvTRcy/?lang=pt>. Acesso em: 13 jan. 2023.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; GOMES, V. M.; BALBINO, E. M.; MAGALHÃES, M. A. Estrutura do capim-braquiária durante o diferimento da pastagem. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n.2, p.139-145, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v32i2.7922>. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/7922>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SANTOS, F. C.; MAY, A.; SANTOS, M. S.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; PASSOS, A. M. A.; CRUZ, S. C. B. **Doses e fontes de nitrogênio em sorgo biomassa cultivado em áreas de reforma de canal**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 28 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 146). Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmninnkcbpcqglclcefindmkaj/https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159106/1/bol-146.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2023.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3 ed., Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2018, 356p.

SANTOS, J. K. F.; CABRAL FILHO, F. R.; BASTOS, A. V. S.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, E. C.; SANTOS, E. A.; VIDAL, V. M.; MORAIS, W. A.; AVILA, R. G.; SOARES, F. A. L. Desenvolvimento de plantas de milho submetidas a doses de adubação

NPK mineral e organomineral. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.10, n.5, p1-15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15123>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/15123/13541/196296>. Acesso em: 13 abr. 2023.

SCHNEIDER, S.; CASSOL, A.; LEONARDI, A.; MARINHO, M. M. Os efeitos da pandemia da Covid-19 sobre o agronegócio e a alimentação. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 34, n. 100, pp. 167-188, 2020. Epub 11 nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/kQdC7V3Fxm8WXzvmY5rR3SP>. Acesso em: 06 jan. 2023.

SHEPHERD, K. D.; WALSH, M. G. Development of reflectance spectral libraries for characterization of soil properties. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, p. 988-998, 2002. DOI 10.2136/sssaj2002.9880. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2002.9880>. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj2002.9880>. Acesso em: 02 fev. 2023.

SICHOCKI, D.; FUGA, C.A.G.; AQUINO, L.A.; RUA, R.A.A.; NUNES, P.H.M.P. Resposta do milho safrinha à doses de nitrogênio e de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 1, p. 48-58, 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/106225/1/Resposta-milho.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2023.

SILVA, H. C.; LIMA, L. C.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; LEMES, E. M.; CARDOSO, A. F. Effects of organomineral fertilizers formulated with biosolids and filter cake on common bean yield crop (*phaseolus vulgaris* l.). **Australian Journal of Crop Science**, [s.l.], v. 13, n. 10, p. 1566 - 1571, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.10.p1316>. Disponível em: [https://www.cropj.com/silva\\_13\\_10\\_2019\\_1566\\_1571.pdf](https://www.cropj.com/silva_13_10_2019_1566_1571.pdf). Acesso em: 17 dez. 2022.

SILVA, R. C. D. **Fertilização organomineral no milho em condições de cerrado**. 2020. 88f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/31263>. OrganomineralMilho.pdf. Acesso em: 20 fev. 2023.

SIZMUR, T.; QUILLIAM, R.; PUGA, A. P.; MORENO, J. E.; BEESLEY, L.; GOMES, E. J. L. Application of biochar for soil remediation. **Agricultural and Environmental Applications of Biochar: Advances and Barriers**, [s.l.], p. 295-324, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub63.2014.0046.5>. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaspecpub63.2014.0046.5>. Acesso em 21 mar. 2023.

SOUSA, R. T. X. de. **Organomineral fertilizer for the yield of sugar cane**. 2014. 87 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. DOI <https://doi.org/10.14393/ufu.te.2014.6>

SOUSA, A. L. B.; YUYAMA, K. Desempenho agrônômico de cultivares de milho com adubação nitrogenada em cobertura no cerrado de Humaitá. Igápo-AM - **Revista de**

**educação, ciência e tecnologia do ifam**, [s.l.], v. 9, n. 2, 2015. Disponível em: <https://igapo.ifam.edu.br/index.php/igapo/article/view/130>. Acesso em: 20 jan. 2023.

STEENWERTH, L. K.; JACKSON, L. E.; CALDERÓN, F. J.; SCOW, K. M.; ROLSTON, D. E. Response of microbial community composition and activity in agricultural and grassland soils after a simulated rainfall, **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 37, p. 2249-2262, 2005. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.02.038>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071705001549?via%3Dihub>. Acesso em: 20 dez. 2022.

STEWART, R. E. **Fertilizer**: Agriculture. Science e Tech - Encyclopedia Britannica. Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/fertilizer>. Acesso em: 20 jan. 2023.

TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H.; BORDINI, R. A.; FOLONI, J. S. S.; ONISHI, R. Y. Produção de matéria seca de milho em função da adubação fosfatada mineral e organomineral. **Colloquium Agrariae**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 01-07, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2010.v06.n1.a044>. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/290>. Acesso em: 15 out. 2023.

TOZETTI, A. D.; BILLIA, R. C.; SILVA, C.; CERVIGNI, G.; GOMES, O. M. T. Avaliação de progênies de milho na presença e ausência de adubo. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 6, n. 5, p. 6-10, 2004. Disponível em: [http://www.fae.f.unesp.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/j3Djv03T7NG5o0Q\\_2013-4-26-10-26-15.pdf](http://www.fae.f.unesp.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/j3Djv03T7NG5o0Q_2013-4-26-10-26-15.pdf). Acesso em: 4 de jun. 2023.

TRENKEL, M. E. **Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture**. 2. ed. Paris: IFA, 2010. 133 p. Disponível em: [https://www.fertilizer.org/images/Library\\_Downloads/2010\\_Trenkel\\_slow%20release%20book.pdf](https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2010_Trenkel_slow%20release%20book.pdf). Acesso em: 11 jan. 2023.

ULSENHEIMER, A.; SORDI, A.; CERICATO, A.; LAJÚS, C. Formulação de fertilizantes organominerais e ensaio de produtividade. **Unoesc & Ciência**, Joaçaba, v. 2, n. 2, p. 195-202, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/11899>. Acesso em: 16 dez. 2022.

VARGAS, T.; ROISENBERG, A.; PULGATI, F. H. Contaminação de sedimentos de fundo nas bacias de captação de abastecimento público de Caxias do Sul, RS. **Geosciences**, São Paulo, v. 37, n. 22, 2018. DOI: 10.5016/geociencias.v37i2.12019/. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v37i2.12019>. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/12019>. Acesso em: 05 jan. 2023.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S. **Fertilizantes de eficiência aprimorada**. Jaboticabal: Funep, 2017.

VERRUMA-BERNARDI, M. R., PIMENTA, D. M., LEVRERO, G. R., FORTI, V. A., DE MEDEIROS, S. D., CECCATO-ANTONINI, S. R., SALA, F. C. Yield and quality of curly kale grown using organic fertilizers. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 39, p.

112-121, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210116>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/JhHMWr4mzN4PMNqYmhcC74J/>. Acesso em: 29 mai. 2023.

WANG, Z.; ZHANG, H.; LIU, L.; LI, S.; XIE, J.; XUE, X.; JIANG, Y. Screening of phosphate-solubilizing bacteria and their abilities of phosphorus solubilization and wheat growth promotion. **BMC Microbiol**, [s.l.], v. 22, p. 296, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02715-7>. Disponível em: <https://bmcmicrobiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12866-022-02715-7>. Acesso em: 02 fev. 2023.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. *In*: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, JA; FURLANI, A. M. C. (ed). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Fundação IAC, 1996. p. 263-274 (IAC. Boletim Técnico, 100).