



**Universidade Federal de Campina Grande**  
**Centro de Tecnologia e Recursos Naturais**  
**Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**



**TESE DE DOUTORADO**

**FERTIRRIGAÇÃO COM FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO NO CULTIVO  
DO CAPIM TIFTON 85**

**Orientadores:** Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo

Prof.<sup>a</sup> Dra. Joelma Sales dos Santos

**Área de concentração:** Irrigação e Drenagem

**CAMPINA GRANDE, PB**

**2024**

**TESE DE DOUTORADO**

**MARIA TERESA CRISTINA COELHO DO NASCIMENTO**

**FERTIRRIGAÇÃO COM FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO NO CULTIVO  
DO CAPIM TIFTON 85**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola.

**CAMPINA GRANDE, PB  
2024**

N244f

Nascimento, Maria Teresa Cristina Coelho do.

Fertirrigação com fontes alternativas de potássio no cultivo do Capim Tifton 85 / Maria Teresa Cristina Coelho do Nascimento. – Campina Grande, 2024.

74 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.

“Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Profa. Dra. Joelma Sales dos Santos”.

Referências.

1. Irrigação e Drenagem. 2. *Cynodon*. 3. Potássio – Cultivo do Capim Tifton 85. 4. Reuso – Resíduos Sólidos e Líquidos. 5. Adubação Mineral. 6. Impactos Ambientais. I. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. II. Santos, Joelma Sales dos. III. Título.

CDU 631.62/.67(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA  
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

## FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

**MARIA TERESA CRISTINA COELHO DO NASCIMENTO**

FERTIRRIGAÇÃO COM FONTES ALTERNATIVAS  
DE POTÁSSIO NO CULTIVO DO CAPIM TIFTON  
85

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola como pré-requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 12/05/2023

Carlos Alberto Vieira de Azevedo - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Joelma Sales dos Santos - Orientador(a) - CDSA/UFCG

Vera Lucia Antunes de Lima - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Maria Sallydelândia Sobral de Farias - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Ana Cristina Chacon Lisboa - Examinador(a) Externo(a) - CDSA/UFCG

Agenor Correia de Lima Júnior - Examinador(a) Externo(a) - CDSA/UFCG



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 16/05/2023, às 12:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/05/2023, às 14:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOELMA SALES DOS SANTOS, PROFESSOR 3 GRAU**, em 16/05/2023, às 14:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **AGENOR CORREIA DE LIMA JUNIOR, TECNICO EM AGROPECUARIA**, em 19/05/2023, às 15:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **ANA CRISTINA CHACON LISBOA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/06/2023, às 09:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **MARIA SALLYDELANDIA DE FARIAS ARAUJO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 06/06/2023, às 11:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **3397026** e o código CRC **5F0713A0**.

---

*"Educação não transforma o mundo. Educação muda  
pessoas. Pessoas transformam o mundo."  
(Paulo Freire)*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha saúde, pela força para continuar, pelas graças recebidas, pelas inúmeras oportunidades que tive até aqui e pelas pessoas que ele colocou no meu caminho, que foram essenciais para o meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus pais, José Adailton e Maria do Socorro, que são minha base, enfim, à minha família maravilhosa, que sempre esteve presente, torcendo e colaborando em todas as etapas da minha vida.

As minhas filhas queridas, Isadora Freitas e Jhulia Maciel, pela paciência nos momentos que precisei ficar ausente, vocês são as responsáveis pela minha força, persistência e dedicação para chegar até aqui.

Ao meu esposo, Flavinho, que sempre me apoiou e incentivou, além de compreender os momentos ausentes.

Ao meu orientador, Carlos Azevedo, por todos os ensinamentos repassados com paciência e dedicação, principalmente, pela compreensão nos momentos mais delicados.

A minha orientadora, Joelma Sales, por quem tenho um enorme carinho, que contribuiu de forma efetiva na minha vida acadêmica e pessoal, não tenho palavras para agradecer a Deus por ter permitido lhe conhecer, obrigada por tudo.

A professora Vera Lucia por todos os ensinamentos, contribuição e apoio em todas as etapas da minha Pós-Graduação.

A todos os professores que tive o privilégio de conhecer nessa trajetória, não apenas como professores e orientadores, mas também como verdadeiros amigos.

Aos meus colegas de curso da Graduação no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido e do Mestrado e Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, que com companheirismo, dividindo as angústias, dificuldades e os momentos de alegrias, foram verdadeiros parceiros e amigos.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) ”.

A todos que me auxiliaram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho, de coração o meu muito obrigada!

## RESUMO

### FERTIRRIGAÇÃO COM FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO NO CULTIVO DO CAPIM TIFTON 85

A produção agrícola tem sido alvo de diversas pesquisas voltadas para o reaproveitamento de resíduos sólidos e líquidos, para minimizar os custos dessa atividade e reduzir os possíveis impactos ambientais. A fertirrigação, por exemplo, é uma técnica que pode ser empregada na reutilização desses resíduos e as pastagens possuem características favoráveis para serem fertirrigadas com efluentes. Diante do exposto, objetivou-se avaliar manejos de fertirrigação potássica com manipueira e com cinza de biomassa vegetal no cultivo do capim Tifton 85. Para tanto, o experimento foi conduzido em ambiente protegido no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Sumé – PB entre novembro de 2021 a abril de 2022. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com esquema de parcelas subdivididas, as parcelas foram os cortes do capim e as subparcelas as combinações de fontes (manipueira, cinza de biomassa vegetal e mineral) e doses de potássio (60%, 80%, 100% e 120% da dose recomendada). No momento dos cortes foram analisadas variáveis de crescimento, de produção e bromatológicas da parte aérea do Tifton 85, e no final do experimento foram analisados os efeitos dos tratamentos no solo com base nas características físico-químicas. Os resultados mostraram que as fertirrigações com manipueira e cinza de biomassa vegetal promoveram maior crescimento, produção de massa e melhor qualidade nutricional do capim Tifton 85, indicando a dose de 100% (100 kg ha<sup>-1</sup> de K) como a mais viável no uso do adubo mineral e das fontes alternativas de potássio na produção desse capim. Além de garantirem efeitos positivos nas características físico-químicas do solo no final do experimento.

**Palavras-chave:** *Cynodon*, pastagem, potássio, reuso, adubação, impactos ambientais.

## ABSTRACT

### FERTIRRIGATION WITH MANIPUEIRA AND BIOMASS ASH IN THE CULTIVATION OF TIFTON 85

Agricultural production has been the target of several researches aimed at the reuse of solid and liquid waste, to minimize the costs of this activity and reduce possible environmental impacts. Fertigation, for example, it is a technique that can be used to reuse this waste and pastures have favorable characteristics for being fertigated with effluents. In light of the above, The objective was to evaluate potassium fertigation management with manipueira and plant biomass ash in the cultivation of Tifton 85 grass. Para tanto, o experimento foi conduzido em ambiente protegido at the Semiarid Sustainable Development Center of the Federal University of Campina Grande, Sumé Campus – PB between November 2021 and April 2022. The experimental design was completely randomized with a split-plot scheme, the plots were the grass cuts and the subplots were the combinations of sources (manipueira, vegetable and mineral biomass ash) and doses of potassium (60%, 80%, 100% and 120% of the recommended dose). At the time of the cuts, growth variables were analyzed, production and chemical analysis of the aerial part of Tifton 85, and at the end of the experiment, the effects of treatments on the soil were analyzed based on physical-chemical characteristics. The results showed that fertigation with manipueira and plant biomass ash promoted greater growth, mass production and better nutritional quality of Tifton 85 grass, indicating the dose of 100% (100 kg ha<sup>-1</sup> of K) as the most viable in the use of mineral fertilizer and alternative sources of potassium in the production of this grass. In addition to ensuring positive effects on the physical-chemical characteristics of the soil at the end of the experiment.

**Keywords:** *Cynodon*, pasture, potassium, reuse, fertilization, environmental impacts.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.1. GERAL.....	17
2.2. ESPECÍFICOS.....	17
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
3.1. FERTIRRIGAÇÃO .....	18
3.2. FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA .....	19
3.3. SANEAMENTO RURAL .....	20
3.4. GERAÇÃO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS .....	21
3.5. A CULTURA DA MANDIOCA.....	21
3.6. MANIPUEIRA E SEU REAPROVEITAMENTO NA AGRICULTURA.....	23
3.7. PODA URBANA E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS .....	24
3.7.1. Cinzas de biomassa vegetal e seu reaproveitamento.....	25
3.8. EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO SOBRE O SOLO .....	27
3.9. O CAPIM TIFTON 85 .....	28
3.9.1. Necessidades nutricionais do tifton 85.....	29
3.9.2. Adubação potássica para o tifton 85 .....	30
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
4.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO EXPERIMENTO .....	31
4.2. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	31
4.3. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	32
4.4. IRRIGAÇÃO .....	34
4.5. VARIÁVEIS ANALISADAS .....	37
4.5.1. Crescimento.....	37
4.5.2. Produção.....	37
4.5.3. Bromatológicas.....	37
4.5.4. Efeitos dos tratamentos sobre o solo .....	38
4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	38
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
5.1. VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO.....	39
5.2. VARIÁVEIS BROMATOLÓGICAS .....	44
5.3. VARIÁVEIS DO SOLO .....	50

<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>59</b>
<b>7. RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>60</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>61</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Imagem das unidades experimentais após o plantio das mudas de Tifton 85.....	29
<b>Figura 2.</b> Imagem das unidades experimentais após ser realizado o corte de uniformização no capim Tifton 85.....	31
<b>Figura 3.</b> Tanque Classe A instalado dentro da casa de vegetação.....	34
<b>Figura 4.</b> Altura do capim Tifton 85 em função das doses de Potássio (K) aplicadas nos três cortes realizados.....	39
<b>Figura 5.</b> Interação entre os fatores fontes e doses de Potássio (K) sobre a Altura do capim Tifton 85, nos três cortes realizados.....	40
<b>Figura 6.</b> Produção de Massa Verde e Massa Seca do capim Tifton 85 no primeiro e segundo corte em função das doses de Potássio (K) .....	43
<b>Figura 7.</b> Produção de Massa seca total e Matéria mineral do capim Tifton 85 no terceiro e primeiro corte, respectivamente, em função das doses de Potássio (K) .....	45
<b>Figura 8.</b> Teor de Proteína bruta (PB) e Fibra em detergente ácido (FDA) do capim Tifton 85 no primeiro e segundo corte, respectivamente, em função das doses de Potássio (K) .....	48
<b>Figura 9.</b> Características de proporção de Argila e Densidade do solo (DS) em função da aplicação das doses de Potássio (K) .....	50
<b>Figura 10.</b> Porosidade do solo em função das doses de Potássio aplicadas durante o experimento .....	51
<b>Figura 11.</b> Teores de Potássio e Matéria Orgânica (MO) presentes no solo das unidades experimentais após a aplicação dos tratamentos.....	55
<b>Figura 12.</b> Teores de Fósforo e Cálcio presentes no solo das unidades experimentais após a aplicação dos tratamentos.....	55

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características físico-químicas do solo utilizado no experimento.....	30
<b>Tabela 2.</b> Características químicas da manipueira utilizada na fertirrigação.....	32
<b>Tabela 3.</b> Características químicas da cinza de biomassa vegetal utilizada na fertirrigação....	32
<b>Tabela 4.</b> Características físico-químicas da água de abastecimento utilizada na irrigação das unidades experimentais.....	33
<b>Tabela 5.</b> Resumo da análise de variância para o crescimento do capim Tifton 85 nos três cortes realizados.....	37
<b>Tabela 6.</b> Médias das Alturas de Planta (AP) do Tifton 85 em função das diferentes fontes de Potássio (K) .....	38
<b>Tabela 7.</b> Resumo da análise de variância para a produção de Massa Verde e Massa Seca (MV, MS) do capim Tifton 85 em função das diferentes fontes e doses de potássio (K) nos três cortes sucessivos.....	41
<b>Tabela 8.</b> Médias da produção de Massa Verde (MV) e Massa Seca (MS) do capim Tifton 85 em função da fonte de Potássio (K) .....	42
<b>Tabela 9.</b> Resumo da análise de variância para as características bromatológicas Massa seca total (MST) e Matéria mineral (MM) do capim Tifton 85 em função das diferentes fontes e doses de potássio (K) nos três cortes sucessivos.....	44
<b>Tabela 10.</b> Médias da Massa seca total (MST) e da Matéria mineral (MM) do capim Tifton 85 em função da fonte de Potássio (K) .....	44
<b>Tabela 11.</b> Resumo da análise de variância para Proteína bruta (PB) e Lignina (LIG) do capim Tifton 85 em função das diferentes fontes e doses de potássio (K) nos três cortes sucessivos...	45
<b>Tabela 12.</b> Resumo da análise de variância para Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA) do capim Tifton 85 em função das diferentes fontes e doses de potássio (K) nos três cortes sucessivos.....	46

<b>Tabela 13.</b> Médias de Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA) do capim Tifton 85 em função da fonte de Potássio (K) .....	47
<b>Tabela 14.</b> Resumo da análise de variância para as características físicas do solo das unidades experimentais, após o período experimental e aplicação dos tratamentos.....	49
<b>Tabela 15.</b> Resumo da análise de variância para as características químicas do solo das unidades experimentais, após o período experimental e aplicação dos tratamentos.....	52
<b>Tabela 16.</b> Médias das características químicas do solo, Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade Elétrica (CE), Matéria Orgânica (MO), Carbono Orgânico (CO), Nitrogênio (N), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca) e Sódio (Na), em função das fontes de Potássio (K) utilizadas no experimento.....	53
<b>Tabela 17.</b> Desdobramento da Fonte dentro de cada dose de Potássio para os teores de Matéria Orgânica (MO), Nitrogênio (N), Potássio (K), Fósforo (P) e Magnésio (Mg) do solo das unidades experimentais.....	56

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios mundiais na atualidade para o setor agrícola é a busca por práticas econômicas e ecologicamente corretas, sobretudo, nas regiões semiáridas que os desafios são ainda maiores em razão da escassez de água e altas taxas de evapotranspiração, sendo a disponibilidade de água o fator mais importante para assegurar a produção na agricultura. Nesse sentido, de acordo com Cechinel et al., (2022), longos períodos de estiagem causa o déficit hídrico e, conseqüentemente, causa redução na absorção de água e nutrientes pela planta, quando há disponibilidade, a cultura absorve a água e os nutrientes são absorvidos conforme a necessidade.

Nesse cenário, a fertirrigação pode ser alternativa para fornecimento de água e nutrientes, de acordo com a demanda da planta e seus estádios de desenvolvimento proporcionando melhor crescimento, desenvolvimento e rendimentos de culturas. Além de possibilitar que os nutrientes sejam aplicados de forma parcelada, beneficiando a distribuição ao longo do tempo e de acordo com a demanda da planta (CARR et al., 2020). Para Bortoni et al. (2018) técnica permite o reaproveitamento e destinação dos resíduos, com benefícios efetivos para a cultura e o solo, pois, nos últimos anos aconteceram vários impactos ambientais consideráveis em decorrência da crescente geração de resíduos e sua destinação inadequada.

São diversas atividades antrópicas que geram resíduos poluentes, pois, são descartados de forma inadequada no meio ambiente, causando degradação do solo e poluição dos recursos hídricos, assim, o aumento crescente na geração desses materiais tornou-se uma preocupação também devido a sua difícil gestão (MAGALHÃES et al., 2014). Como é o caso da manipueira, um líquido de aspecto leitoso amarelado, resultante do processo de fabricação da farinha de mandioca (ARAÚJO et al., 2015). Dentre as suas características está o odor desagradável e a alta concentração de cianeto, efeito do elevado processo de fermentação dos microrganismos presentes (BOTASSINI et al., 2017). Esse resíduo apresenta considerável carga orgânica e elevada concentração de nitrogênio, potássio e fósforo, causando efeitos negativos no solo e a eutrofização de rios e córregos quando descartado incorretamente (FERREIRA et al., 2020).

Com a crescente preocupação sobre o desenvolvimento de sistemas de produção agropecuária sustentáveis, aumenta também a procura por alternativas que minimizem os impactos ambientais de insumos agrícolas, sem reduzir a produtividade da atividade (COSTA et al., 2015). Dessa forma, de acordo com Araújo (2016) a prática de reaproveitamento da manipueira promove o aumento de produtividade e ainda reduz a poluição do solo e dos rios.

Outro resíduo que pode ser considerado promissor é a cinza de biomassa vegetal, que gera diversos benefícios para o solo e o crescimento das plantas, minimiza os impactos ambientais e reduz a necessidade de adubos inorgânicos, sendo uma alternativa de destinação desse resíduo e diminuição dos custos com insumos (MORETTI NETO, 2020). Além do seu potencial para substituir os fertilizantes comerciais, que já reduz os custos e aumenta a produtividade agrícola (RIBEIRO et al., 2015). De acordo com Moretti Neto (2020), a cinza de biomassa vegetal apresenta em sua composição elevados teores de nutrientes e alto teor de pH, mas para viabilizar o uso como corretivo de acidez do solo e fonte de nutrientes para as plantas, são necessárias mais pesquisas com foco na dosagem adequada para um maior aproveitamento e nutrição de gramíneas forrageiras.

No semiárido brasileiro, a alimentação animal é dependente da sazonalidade de produção durante o ano, a quantidade e qualidade das forragens são afetadas devido as chuvas nessa região se concentrarem em poucos meses do ano (COSTA et al., 2018). Por outro lado, de acordo com Almeida (2015) as gramíneas proporcionam aumento potencial de forragem, logo, eleva a produção e qualidade dos pastos, podendo atender de forma satisfatória os pecuaristas do semiárido. O Tifton 85, por exemplo, é uma gramínea que apresenta fácil adaptação à fertirrigação com água residuária, exibindo aumento de produtividade, nos teores de proteína bruta e nutrientes, se revelando uma ótima opção de alimento para os animais (MUFATTO et al., 2016).

Vários trabalhos confirmam o potencial da manipueira como fertilizante agrícola em diversas culturas (ARAÚJO et al., 2015; DANTAS et al., 2015; DANTAS et al., 2017; ARAÚJO et al., 2019; MAGALHÃES et al., 2014; PESSUTI et al., 2015). O mesmo caso das cinzas de biomassa com resultados satisfatórios como fornecedora de nutrientes para algumas culturas (BONFIM-SILVA et al., 2011; CORREA et al., 2013; PRADO et al., 2002; RIBEIRO et al., 2015; SANTOS, 2012). No entanto, não existe na literatura dados relacionados aos efeitos do uso da fertirrigação com manipueira e de cinza de biomassa vegetal no desenvolvimento do capim Tifton 85. Além disso, sabe-se que o Tifton 85 responde linearmente à adubação nitrogenada, porém, os dados na literatura dessa cultura em função da adubação potássica são raros.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.GERAL**

Analisar o efeito de manejos de fertirrigação potássica com manipueira e cinzas de biomassa vegetal no desenvolvimento do capim Tifton 85 e no solo ao final da produção.

### **2.2.ESPECÍFICOS**

1. Definir a melhor fonte alternativa de potássio para o Tifton 85;
2. Avaliar a dose mais indicada de fontes alternativas de potássio para o Tifton 85;
3. Avaliar as variáveis de crescimento, produção e bromatológicos do capim Tifton 85;
4. Analisar os efeitos dos tratamentos nas características físico-química do solo ao final do experimento.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1.FERTIRRIGAÇÃO

A fertirrigação que é definida como aplicação de fertilizantes através da água de irrigação, representa o meio mais eficiente de fertilização, que envolve os dois principais fatores indispensáveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas, a água e os nutrientes (PINTO e FEITOSA FILHO, 2009). É ainda umas das maneiras de aplicar adubação, realizada na água de irrigação para substituir à adubação convencional, objetivando elevar a eficiência na disponibilidade de nutrientes para as plantas e diminuir os custos com fertilizantes e mão-de-obra (BISCARO et al., 2014). Assim, planta absorve a água justamente com os nutrientes presentes na solução do solo de acordo com suas necessidades (CECHINEL et al., 2022). Segundo Bortoni (2016) é um processo de aplicação de fertilizantes no solo usando a água como veículo de transporte dos íons que se tem interesse e bastante consolidado mundialmente.

De acordo com Pinto e Feitosa Filho (2009), existem inúmeros fertilizantes disponíveis no mercado que podem ser usados na fertirrigação, porém, para a escolha é necessário levar em consideração o sistema de irrigação, as características da cultura, o tipo de solo, a solubilidade do produto e o seu custo.

Sobre o tema, Souza et al. (2012) afirmam que, a maior eficiência no uso de fertilizantes é o principal benefício da fertirrigação, pois nesse método é possível parcelar a adubação e assim favorecer o ajuste no fornecimento de nutrientes de acordo com a demanda da planta em todo o seu ciclo de desenvolvimento. De acordo com Carr et al. (2020) para fornecer a demanda de nutrientes pelas plantas em função do acúmulo e distribuição durante todo o cultivo, é interessante que as quantidades de fertilizantes aplicadas via solução nutritiva sejam parceladas.

É importante salientar que, em solos tropicais na prática de fertirrigação é indicado optar por fertilizantes de melhor qualidade que contenham menor índice salino, ou seja, que apresente preferencialmente reação neutra ou ligeiramente alcalina. No entanto, no geral, eles possuem custo mais elevado com relação aos convencionais (SOUZA et al., 2012). Assim, a fertirrigação é usada com o objetivo de suprir a demanda nutricional da cultura, pois, diversas pesquisas comprovam os benefícios dessa prática para o desenvolvimento de plantas e para as características do solo, apesar de ainda não ser conhecido o efeito residual no solo (BORTONI, 2016).

### 3.2.FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA

A escassez de água é um dos fatores climáticos que mais afeta a produção de gramíneas em regiões tropicais, pois na falta dos recursos hídricos há uma paralização do crescimento e até mesmo a morte da parte aérea da cultura, que conseqüentemente, limita a produção animal em decorrência da redução da produção de pastagens (ALMEIDA, 2015).

Para Gonçalves (2016) a fertirrigação com água residuária, garante aumento de produtividade por ser fonte de matéria orgânica e nutrientes minerais, portanto, seu uso além de trazer benefícios financeiros para o produtor rural, também reduz os impactos ambientais aos recursos hídricos, concebendo uma agricultura mais sustentável.

Por isso, Bortoni (2016), o incremento de macro e micronutrientes promove o crescimento exagerado de algas na superfície nos corpos de água, dificultando a passagem de luz e a produção de oxigênio no meio, causando mortes de seres vivos e redução na qualidade da água. Ainda de acordo com o autor, é necessário quantificar e qualificar as águas residuárias para fazer um melhor tratamento e destinação final, pois se não forem dispostas de forma correta, elas representam um alto risco ambiental, alterando as características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente.

Em seu estudo, Gonçalves (2016) menciona que, o descarte de água residuária quando realizado sem planejamento, pode ocasionar contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, além de problemas de toxicidade às plantas, no entanto, se for feito de acordo com os critérios agrônômicos e ambientais, pode trazer benefícios por representar fonte de água e nutrientes para as plantas, o que diminui o uso de fertilizantes e seu potencial de poluição. Dessa forma, aplicações frequentes de água residuária podem causar impactos positivos no solo pela incorporação de matéria orgânica em altas quantidades (BORTONI, 2016).

Na pesquisa de Bortoni et al. (2018), sobre os efeitos da fertirrigação com água residuária de bovinocultura em um solo, os autores observaram que essa prática promoveu benefícios a longo prazo, como a mineralização da matéria orgânica, disponibilidade de macro e micronutrientes em até seis meses após a aplicação. Os dados corroboram com as afirmações de Alves et al. (2018), que descrevem os benefícios do uso agrícola de água residuária como manejo viável, suprindo as exigências hídricas e nutricionais das culturas, possibilitando uma destinação segura de resíduos, representando uma redução na utilização de água de melhor qualidade para a irrigação.

### 3.3.SANEAMENTO RURAL

O saneamento básico consiste no conjunto de medidas que visam garantir a saúde da população através de sistemas de abastecimento de água e esgoto sanitário, bem como de assegurar a destinação correta dos resíduos, evitando a poluição do meio ambiente (SENAR, 2019).

No ano de 1854, houve o entendimento e a relação do saneamento com as doenças das pessoas, quando em Londres na Inglaterra, o médico John Snow rompeu paradigmas, pois, nessa época era predominante a crença na teoria miasmática da doença, também conhecida “teoria anticontagiosa”, ele provou que a “cólera” era causada através do consumo de águas contaminadas com microrganismos patogênicos (ROSEN, 1994).

Apesar da falta de especificações e regimento para o saneamento rural, as políticas públicas destinadas para o desenvolvimento sustentável desse setor constituem-se no uso adequado dos recursos naturais e preservação do meio ambiente (RESENDE, FERREIRA, FERNANDES, 2018). Segundo Coelho, Reinhardt e Araújo (2018) essas medidas desempenham impactos mútuos na saúde e no ambiente, pois consistem na preservação e garantia da qualidade dos recursos hídricos e redução da poluição, portanto, favorece o desenvolvimento social e econômico da região.

Portanto, é fundamental preservar o meio ambiente para a garantia da existência humana. No entanto, o saneamento básico rural ainda é irrelevante e as soluções existentes não estão de acordo para um esgotamento doméstico adequado, como por exemplo as fossas rudimentares, valas, além de despejos de efluentes diretamente em rios, lagos e corpos d’água, alternativas não recomendáveis, já que contaminam o subsolo e as águas subterrâneas representando prejuízos ao meio ambiente e para a saúde humana (SENAR, 2019). Silva (2014), enfatiza que a ausência de saneamento rural causa diversas doenças para o ser humano, acarretando até a morte de crianças e idosos, devido a ingestão de água contaminada e o contato com lixo e solo contaminado.

Nesse sentido, profissionais da área da saúde avaliam que para cada R\$ 1,00 investido em saneamento, é possível economizar R\$ 4,00 em tratamento de doenças causadas pela falta dessa infraestrutura, já que com base nos dados do Sistema Único de Saúde (SUS) os custos com o tratamento de doenças relacionadas à ausência de higiene, chegam a R\$ 300,00 milhões por ano (FUNASA, 2011). Por isso, é importante incentivar cada vez mais os produtores a adotarem boas práticas sanitárias, que permitem prosperidade econômica, segurança energética e uma melhoria de vida no meio rural (SENAR, 2019).

### 3.4.GERAÇÃO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS

O crescimento populacional ligado ao consumo acentuado induz o aumento na produção agroindustrial e agropecuária, portanto, um dos maiores desafios da sociedade atual é a busca por uma gestão adequada dos resíduos (PEIXOTO e RESCH, 2018). Ou seja, existe uma necessidade de atitudes ambientais renovadas, que a tomada de decisão seja em função da otimização dos recursos naturais, a exemplo do reuso na agricultura por controlar a poluição e surgir como uma ferramenta de gestão dos recursos (SILVA et al., 2018).

Devido a probabilidade de escassez dos recursos naturais, é imprescindível a busca pelo desenvolvimento de sistemas agrícolas mais ativos e sustentáveis, que os diversos insumos utilizados, assim como os fertilizantes minerais sejam aplicados visando o aumento da produtividade e a redução dos impactos ambientais (SILVA et al., 2015). Nessa perspectiva, o reaproveitamento surge como um manejo inovador na gestão desses materiais, cuja preocupação fundamental é a proteção dos recursos naturais (MAGALHÃES et al., 2014).

A destinação final dos resíduos ainda é incorreta prejudicando o meio ambiente, no entanto, uma saída pode ser a aplicação desses resíduos na substituição dos adubos químicos, por conter nutrientes essenciais para as plantas e aumentar o nível de matéria orgânica do solo, além de reduzir os possíveis impactos causados ao solo e na água (BEZERRA, 2014).

Os pesquisadores Araújo et al. (2019) defendem a prática de uso de resíduos orgânicos na agricultura como alternativa sustentável que promovem a redução de impactos ambientais negativos e a reciclagem de nutrientes. Para Magalhães et al. (2014), o desenvolvimento da cultura pode ser beneficiado com o uso de resíduos como fertilizantes agrícolas.

Embora a adubação mineral seja a mais utilizada na agricultura, a orgânica é muito aplicada para atender às necessidades nutricionais das culturas, e nos últimos anos no Brasil essa prática vem ocupando cada vez mais espaço (PEREIRA et al., 2013). Além disso, Trazzi et al. (2013) afirmam que, o uso de materiais renováveis como fonte nutricional para as plantas, ajuda na solução do destino adequado dos resíduos e reduz os custos de insumos necessários para a produção. De acordo com Moretti Neto (2015), os elevados custos de produção têm sido crescentes, com o uso de fertilizantes minerais e corretivos químicos, induzindo os agricultores a buscarem produtos alternativos que reduzam esses custos.

### 3.5.A CULTURA DA MANDIOCA

A cultura da mandioca (*manihot esculenta*) teve sua origem na América do Sul, na região central do Brasil, começou a ser cultivada pelos indígenas bem antes da chegada dos

portugueses, e posteriormente, foi levada por eles para os continentes Asiático e Africano (VITA, 2021). Atualmente, é cultivada em uma média de 90 países, entre Nigéria, Tailândia, Indonésia, Congo e o Brasil, sendo o amido o seu principal produto comercial que é aplicado em vários setores, como alimentação animal, indústrias têxteis, farmacêuticas e papelaria (MORAIS et al., 2014).

De acordo com Silva et al. (2015), a propagação da mandioca, em geral, não é através de sementes, ela é feita pelos ramos maduros e sadios, e isso favorece a propagação, a fixação e o aparecimento de diversas variedades em regiões diferentes. É uma cultura que se destaca por ser possível aproveitar a planta integralmente, tanto a parte aérea como a raiz (SEBRAE, 2015), sendo a raiz a parte mais importante economicamente.

O Brasil é o 4º maior produtor de raiz de mandioca do mundo, alcançando um total de 21,08 milhões de toneladas de raiz, cultivada em uma área total de 1,4 milhões de hectares (CONAB, 2018). Segundo o levantamento da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), no ano de 2016, a produção mundial de raiz de mandioca correspondeu a 277,1 milhões de toneladas, o Brasil ficou na quarta posição entre os países produtores (FAO, 2018). Portanto, essa cultura apresenta importante relevância econômica para o Brasil, estando inserida na Agenda Estratégia 2010-2015, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), objetivando realizar o levantamento das áreas de produção agrícola, safras, produção industrial e seu processamento, bem como o incentivo da produção sustentável em consonância com as Legislações Ambientais brasileiras, principalmente no processamento da mandioca, devido a elevada quantidade de resíduo gerado nesse processo (BRASIL, 2011).

Essa cultura é cultivada por muitos produtores rurais devido à facilidade de produção, pois, possui características de muita rusticidade, sem a necessidade de diversas manutenções para alcançar máxima produção (VITA, 2021). Segundo Motta et al. (2011), nos cultivos tradicionais da mandioca a maior porcentagem da parte aérea dessa cultura é descartada, pois a finalidade principal é a produção do caule que será destinado para propagação em novas áreas, no entanto, esse material pode ser aproveitado na alimentação animal ao invés de ser descartado. Em comparação ao milho, a mandioca apresenta maior digestibilidade favorecendo a ruminação, sendo também um alimento nutritivo e volumoso para os ruminantes, por causa do seu elevado teor proteico, podendo ser fornecido de forma natural ou armazenado como feno e silagem (VITA, 2021; ANDRÉ e SANTOS, 2012).

### 3.6.MANIPUEIRA E SEU REAPROVEITAMENTO NA AGRICULTURA

Durante o processamento da mandioca são gerados diversos resíduos, tanto sólidos quanto líquidos, como cascas, entrecasca, farelo, manipueira, entre outros (SANTOS, 2019). A manipueira, por exemplo, é um efluente gerado no processamento das raízes da mandioca ralada, que apresenta aspecto líquido leitoso de cor amarela e odor fétido, com amplo potencial para a reciclagem dos nutrientes por meio do uso na agricultura (ARAÚJO et al., 2019).

Esse efluente é um produto com elevadas concentrações de matéria orgânica, e macronutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas como nitrogênio, fósforo e potássio, além de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo e promover a mineralização dos elementos da mesma forma que os fertilizantes minerais (ARAÚJO et al., 2019; SANTOS, 2019). Além disso, possui em sua composição o ácido cianídrico, o que justifica a sua importância devido ao grau de periculosidade e potencial de poluição (SANTOS, 2019). A dificuldade de padronização de suas características físico-químicas e quantificação de volume dependem de fatores como qualidade da raiz, variedade da mandioca, manejo utilizado durante o cultivo etc. (AMORIM, 2015). De acordo com o autor supracitado, os dados sobre a caracterização desse efluente encontrados na literatura ainda são insuficientes, limitando-se a poucas variáveis como demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST) e o cianeto ( $CN^{-1}$ ).

Com relação ao processamento da mandioca, destaca-se que uma quantidade elevada de manipueira quando não reaproveitada ou descartada adequadamente, pode causar efeitos negativos ao meio ambiente (BEZERRA, 2014). Ainda de acordo com o autor citado anteriormente, esses efeitos podem ser verificados quando lançados e depositados diretamente na água e no solo, causando a morte dos organismos aeróbios devido à diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água e o aumento da salinidade e redução do pH como consequência do desequilíbrio dos nutrientes no complexo de troca do solo.

A manipueira é continuamente descartada no meio ambiente de forma inadequada, provocando problemas ambientais como a eutrofização dos mananciais (MAGALHÃES et al., 2013). Duarte et al. (2013) afirmam que, a disposição desse efluente diretamente no solo sem tratamento prévio, pode causar efeitos negativos no equilíbrio entre macro e micronutrientes, afetar o pH e aumentar a salinidade. Os próprios produtores de mandioca têm prejuízos ambientais em suas propriedades causados pela manipueira, devido à falta de conhecimento e a percepção dos efeitos negativos causados por esse resíduo só é possível quando já está em estágio de degradação com difícil controle ou remediação (GASPAR E SILVEIRA NETO, 2020).

Portanto, são necessários manejos adequados para aplicação desse efluente como inseticida e biofertilizante, pois se lançado diretamente sem tratamento prévio pode causar efeitos adversos no meio ambiente e na biodiversidade, como alterar os atributos físico-químicos do solo, aumentar a salinização e ainda ocorrer a percolação alcançando os lençóis freáticos, e assim provocar déficit de oxigênio, toxicidade e eutrofização nos corpos hídricos devido ao aumento de nutrientes (DUARTE et al., 2013; OKUNADE e DEKALU., 2013; ARIMORO et al., 2008).

De acordo com Amorim (2015), nas indústrias, a manipueira é depositada em lagoas de estabilização e permanece até ocorrer processo de decomposição, precipitação e atividade microbiana naturalmente, sem nenhum tratamento para acelerar esses processos, e assim possibilitar o aproveitamento desse efluente como fertilizante. Segundo Silva (2015) a manipueira tem elevado poder de contaminação ambiental, porém, ainda são inexistentes os investimentos e interesses para o seu reaproveitamento.

Inúmeros trabalhos confirmam o seu potencial fertilizante agrícola em diversas culturas (ARAÚJO et al., 2015; DANTAS et al., 2015; DANTAS et al., 2017; ARAÚJO et al., 2019; MAGALHÃES et al., 2014; PESSUTI et al., 2015). Em experimento realizado por Magalhães et al., (2014), as doses crescentes de manipueira promoveram melhor desenvolvimento das plantas, sendo todos os parâmetros fenológicos analisados superiores em relação as plantas que não receberam o resíduo, apontando a concentração de aporte de nutriente desse insumo, porém, os autores destacam que caso a dose não seja em quantidade adequada, poderá causar efeitos negativos como o desequilíbrio nutricional às plantas. Gaspar e Silveira Neto (2020) destacam que, comunidades e pequenos produtores familiares, através do manejo correto desse resíduo, poderiam se beneficiar com o seu reaproveitamento em diversas finalidades, alcançando resultados positivos na qualidade da produção, reduzindo os danos ambientais em suas propriedades e obtendo lucros financeiros.

### 3.7. PODA URBANA E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Aos poucos os centros urbanos veem sendo arborizados, com o plantio de diversas espécies de árvores nesses locais, objetivando melhorar o microclima e a estética local, além de minimizar a poluição visual, sonora e atmosférica. Em contrapartida, os resíduos resultantes da poda urbana são definidos como um problema ambiental, pela quantidade gerada e a necessidade de recursos financeiros para a sua destinação em aterros sanitários (MANGUEIRA, GOMES E SOUSA, 2019). Assim, Passaglia et al. (2022) destacam que, entre os resíduos

sólidos urbanos, aqueles gerados pela poda e manutenção das árvores dos espaços públicos, merecem uma atenção especial, pois apresentam particularidades e difícil gestão para sua destinação.

O Manual de arborização da Prefeitura de Fortaleza (FORTALEZA, 2013) diz que uma poda adequada é definida como a eliminação das ramificações da árvore, que promove um melhor desenvolvimento e para diminuir a brotação de ramos é indicado que a poda seja no período posterior ao processo de floração. Segundo Souza et al. (2020), a poda de árvores urbanas é uma prática que acontece periodicamente, e torna-se preocupante a quantidade de materiais gerados, indicando que é importante avaliar e buscar alternativas de reaproveitamento levando em consideração a sua composição.

De acordo com Neves (2018), grande parte dos resíduos gerados da poda urbana são destinados aos aterros sanitários junto com demais resíduos produzidos nas cidades, causando preocupações como os efeitos do contato entre esses resíduos e pelos espaços necessários para suportar os elevados volumes de resíduos de poda, prejudicando a vida útil dos aterros sanitários. Dessa forma, Souza et al. (2020) afirmam que a tomada de decisão sobre o reaproveitamento dos resíduos da poda urbana deve ser criteriosa e analisar os principais benefícios, pois existem diversos processos e opções de reaproveitamento que proporcionam diferentes benefícios econômicos, sociais e ambientais.

É importante destacar que esses resíduos originários de poda ou corte de árvores e plantas, na maioria das vezes, na sua composição há vários materiais, além de que a produção desses materiais depende do fator sazonalidade, ou seja, são resíduos heterogêneos que apresentam dificuldade para a sua caracterização (PEREIRA, 2013). Nesse sentido, apresentam características de acordo com sua composição, se proveniente de troncos, galhos, raízes e da espécie vegetal, sendo as opções do seu reaproveitamento dependentes dessas características devido ao grau de processamento (SOUZA et al., 2020).

### 3.7.1. Cinzas de biomassa vegetal e seu reaproveitamento

As cinzas de biomassa é o produto resultante da incineração de material vegetal para a obtenção de energia (HORTA et al., 2010). Um dos objetivos dessa prática é o tratamento do resíduo, que visa a redução do volume do material, (SANTOS, 2019). A incineração de resíduos é realizada corriqueiramente nos continentes Europa e Ásia, devido a mudança de hábitos e o

aumento de separação coletiva, acompanhados de entrada de legislação ambiental adequada (LOMBARDI, CARNEVALE, CORTI, 2015; SILVA, 2016).

E seu uso na agricultura surge como estratégia na gestão desse resíduo, contribuindo na preservação do meio ambiente e, adubação alternativa, reduzindo os custos relacionados à fertilização (BONFIM-SILVA et al., 2019). Essa prática tem se tornado uma alternativa viável, podendo atuar como fertilizante por fornecer nutrientes ao solo como cálcio, magnésio, nitrogênio, potássio, fósforo e micronutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas, além de ser neutralizador da acidez do solo (HANSEN et al., 2018; SANTOS et al., 2013).

De acordo com Bonfim-Silva et al. (2019) a incorporação de cinza no solo promove o aumento da capacidade de retenção de água que ajuda na redução da quantidade de água necessária para as pastagens. Além de fornecer nutrientes, também se mostra como importante para a garantia da máxima produção das pastagens mesmo em períodos secos, por reduzir os efeitos do estresse hídrico. Segundo Correa et al. (2013), a adição de cinzas ao solo promove adequada formação de agregados com elevada quantidade de macro e micro porosidade, permitindo maior qualidade ao mesmo.

Os solos brasileiros, em geral, são pobres em bases e tem características ácidas, com baixa fertilidade, o que limita a produção das culturas, podendo ser melhorada essa condição de nutrição das culturas com a aplicação de cinzas (HORTA et al., 2010).

Assim, Horta et al. (2010) acrescentam que a destinação mais segura para as cinzas de madeira seria seu aproveitamento como fertilizante agrícola, no entanto, por se tratar de uma prática recente, não existem ainda muitos dados disponíveis sobre essa utilização, sobretudo, para a condição climática de cada região. Para Ribeiro et al. (2015), atendendo à Política Nacional de Resíduos Sólidos na gestão desse resíduo e realizando estudos regionais, a fim de definir quantidades e manejos adequados, é possível identificar as possibilidades de uso da cinza como insumo agrícola, e conseqüentemente, diminuir os custos com as adubações.

Costa et al. (2019) avaliando a eficiência de fontes e fertilizantes ricos em potássio, na nutrição do pimentão em sistema orgânico de produção e ambiente protegido, observaram diferenças significativas entre o sulfato de potássio e a cinza de madeira, destacando-se a cinza de madeira como fonte promissora de fonte de potássio, pois promoveu elevada produtividade, além de plantas e frutos com excelentes características físicas e químicas do pimentão.

### 3.8.EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO SOBRE O SOLO

A prática da fertirrigação promove benefícios não apenas para a planta, mas também para o solo, com melhorias nas suas características químicas, físicas e biológicas, porém, as informações em relação aos efeitos dessa prática no solo ainda são escassas (BORTONI et al. 2018; SILVA, 2012). Mas em estudos já realizados, como os autores Erthal et al. (2010), que observaram promoção na qualidade do solo após fertirrigação com água residuária, como aumento do pH, na troca de cátions, no índice de saturação por bases, na concentração de cálcio, magnésio e potássio trocáveis.

De acordo com Bortoni et al. (2018) a aplicação de fertirrigação com água residuária continuamente no solo, promove melhoria principalmente no teor de nutrientes que são essenciais para o crescimento das culturas, no entanto, eles destacam que altas doses de água residuária aumenta os teores de sódio, que por sua vez pode diminuir o desempenho das culturas, portanto, é importante conhecer a dose adequada para ser usada. Pois como aponta Bortoni (2016), os principais efeitos negativos causados pela presença de sódio na solução do solo são a redução da absorção dos demais nutrientes e condições físicas desfavoráveis para o crescimento da planta, especialmente, para o desenvolvimento do sistema radicular.

Com a incorporação de MO no solo em quantidades consideráveis, é possível diminuir a concentração de elementos tóxicos, como o ferro, alumínio e o manganês, pois a matéria orgânica libera ácidos orgânicos que tem a capacidade de fixar os íons tóxicos, reduzindo a mobilidade desses elementos no solo (Bortoni, 2016). Em pesquisa realizada por João e Carvalho (2018), a aplicação da dose máxima de dejetos suíno no solo não correspondeu ao maior teor de MO determinado na análise do solo, devido ao processo de mineralização da matéria orgânica. Logo, como a matéria orgânica apresenta uma diversidade química na sua composição, sua aplicação no solo pode ter efeito tampão em uma extensa faixa de pH e assim ocorrer resultados adversos, que vai depender dos processos de liberação e consumo de hidrogênio (BORTONI, 2016).

A aplicação de águas residuárias na fertirrigação do solo de forma inadequada e por longos períodos pode ocasionar degradação, pois esses efluentes apresentam em sua composição uma concentração elevada de nutrientes, causando efeito negativo, sobretudo, em solos de textura arenosa que contém alta taxa de drenagem (RIBEIRO et al., 2015). Além disso, as propriedades químicas de um solo são alteradas pelo despejo de elementos proveniente de água residuária quando não é realizado um tratamento prévio que minimize a concentração de nutrientes antes da sua utilização na fertirrigação.

Portanto, quando doses elevadas de água residuária são aplicadas no solo de forma frequente, ocorre a incorporação de matéria orgânica em níveis consideráveis, o que promove alterações químicas e nas características físicas do solo (BORTONI, 2016).

### 3.9.O CAPIM TIFTON 85

Para manutenção da pecuária é preciso pastagem o ano inteiro, no entanto, há uma maior produtividade de forragem no período chuvoso com queda da produtividade no período seco, o que acentua o uso de irrigação para elevar a produção nos períodos secos, porém, causam impactos negativos com o intenso uso dessa prática (SEVERIANO et al., 2010). Contudo, como a necessidade de alimentação animal é durante todo o ano, são necessárias técnicas e alternativas que resolvam ou minimizem a falta de alimentos aos animais durante a estação seca (RODRIGUES, 2010). É importante que as pastagens sejam práticas sustentáveis, ou seja, que além de alcançar altas produtividades, seja garantida a preservação do meio ambiente (NERES et al., 2012).

Nas últimas décadas, as gramíneas do gênero *Cynodon* vêm ganhando espaço nas propriedades pecuárias brasileiras, destinadas as pastagens dos animais, competindo com gêneros como *Brachiaria* e *Panicum*. Contudo, em melhoramentos realizados com *Cynodon*, buscando variabilidades genéticas de características forrageiras, foram efetuados cruzamentos resultando em híbridos estéreis que produzem poucas sementes que, conseqüentemente são inviáveis, já que a propagação deve ser feita de forma vegetativa (RODRIGUES, 2010). As espécies de *Cynodon*, como o Tifton 85 são perenes, estoloníferas e rizomatosas, por isso, são indicadas no controle de erosão, e adaptadas aos mais variados tipos de solos, nem mesmo a topografia é problema para o cultivo, entretanto, essas espécies não suportam solos encharcados por muito tempo (TAPPARO, 2008).

Além desses aspectos mencionados, é também um capim que tem rizomas e estolões reforçados, crescimento rápido, que favorece cortes mais frequentes e bastante adaptado às diversas condições climáticas das regiões brasileiras (MATOS et al., 2010). As características específicas de seus rizomas promovem maior resistência da cultura em condições de seca e de frio, além de apresentar uma boa resistência ao pisoteio animal (PATZLAFF et al., 2020). Vale destacar que, o capim Tifton 85 do gênero *Cynodon*, é uma forrageira com elevado valor comercial e de grande valor nutritivo, isso quando o manejo, a irrigação e fertilidade do solo são favoráveis (SOUSA, 2009).

Ademais, essa forrageira é considerada uma planta daninha, por apresentar fácil propagação e possui rápido desenvolvimento, podendo ser recomendada para pastejo, silagem

e fenação. (SANTOS et al., 2010). Na perspectiva de Soares (2016), é indicado para essas finalidades devido a ótima relação lâmina foliar/colmo, tendo ao mesmo tempo, boa aceitação por vários animais, como bovinos, caprinos, ovinos e equinos, além de apresentar alta resistência a doenças e déficit hídrico.

### 3.9.1. Necessidades nutricionais do tifton 85

A adubação não é uma necessidade exclusiva de solos com baixa fertilidade, pois ocorre a degradação mesmo em solos com alto teor de nutrientes, sendo uma prática extremamente importante na manutenção da produtividade de pastagens, levando em consideração a viabilidade econômica dessa prática contínua, pois são insumos que elevam os custos de produção (CABRAL et al., 2021). Segundo Pereira et al. (2018), as espécies forrageiras são divididas em grupos de acordo com sua exigência nutricional, o capim Tifton 85 pertence ao grupo das espécies mais exigentes em fertilidade do solo, ou seja, requerem aplicação de adubação mais frequentes e em maiores quantidades.

Não é comum a prática de adubação em pastagens no Brasil, portanto, quando são efetuadas estratégias de aplicação de N em forragens é possível alcançar resultados satisfatórios de produtividade, maior sustentabilidade na atividade agropecuária e minimizar os impactos ambientais, através da redução de degradação das pastagens, quando esse manejo ocorre corretamente (TAFFAREL et al., 2016; BORGES et al., 2017). De acordo com Almeida (2015) quando é mantido o nível satisfatório de fertilidade do solo através da reposição periódica de nutrientes com a adubação, isso reflete diretamente no teor químico da planta, nos níveis de proteína bruta, fósforo e potássio, e, promovendo melhor digestibilidade e consumo da forragem.

No processo de implantação de capim, é importante considerar o teor de matéria orgânica e a textura do solo, pois na mineralização da MO há o suprimento de parte do nitrogênio requerido, podendo o suprimento de nitrogênio pela adubação ser pequeno (CABRAL et al., 2021). É comum no cultivo de forrageiras a prática da adubação sem uma análise de solo prévia, tendo um conceito equivocado que a produção é diretamente proporcional ao aumento da quantidade de adubo aplicado, ou até mesmo a prática de diminuir essa quantidade para tentar economizar nos custos de produção (PATZLAFF, et al., 2020).

De acordo com Francisquini Junior et al. (2013), o nutriente mais utilizado no manejo de adubação de forrageiras é o N, pois é conhecido o efeito linear dessas forrageiras em função do nitrogênio. E segundo os autores, esse efeito pode ser potencializado com a adubação

potássica, e ainda o potencial produtivo pode ser elevado ao máximo quando suas exigências nutricionais são atendidas com a fertilização do solo, ou seja, o N e o K são os maiores responsáveis pelo crescimento da forrageira, se aplicados em quantidades adequadas no solo.

### 3.9.2. Adubação potássica para o tifton 85

Os nutrientes mais extraídos na manutenção dos pastos são o nitrogênio e o potássio, como a adubação nitrogenada já é uma prática usada em alguns sistemas de produção, são necessários estudos relacionados à interação desses nutrientes e da adubação potássica. Além disso, o nutriente escolhido para a formação de pasto é o fósforo, já nitrogênio e potássio são usados para manutenção dos pastos (CABRAL et al., 2021).

De acordo com sua disponibilidade para as plantas e microrganismos, o potássio se apresenta em quatro formas diferentes no solo, solúvel em água (K-solução), trocável, não trocável e potássio estrutural ou mineral, no entanto, existe uma limitação na produção de fertilizantes potássicos no território brasileiro, e quando aplicados em solos com características arenosas, há baixa eficiência no seu uso (DIAS et al., 2020). A forma de reserva imediata para os microrganismos do solo é o potássio trocável, que apresenta retido pelas cargas negativas dos minerais de argila e da matéria orgânica, portanto, o teor de MO no solo pode promover a eficiência de disponibilidade desse nutriente (BASAK et al., 2017).

O segundo elemento extraído em maior quantidade pela planta é o potássio K, um elemento participante da regulação da pressão osmótica, abertura e fechamento de estômatos, fotossíntese, e resistência a doenças e condições climáticas, ou seja, o K participa de praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos da planta (PEREIRA et al., 2018). Além disso, o principal sintoma, quando há baixa disponibilidade de K para as forrageiras é a redução no crescimento, pois plantas deficientes em potássio apresentam o sistema radicular pouco desenvolvido, prejudicando a absorção de água e nutrientes.

Almeida (2015) destaca que, o potássio é um nutriente requerido pelas gramíneas em quantidade elevada, faz parte da estrutura da planta, tem função de ativador de enzimas e no processo da fotossíntese atua na translocação dos carboidratos sintetizados e como ele também interfere na ciclagem de nutrientes, o seu aproveitamento vai depender do manejo realizado. Para Lemaire (2001), esse nutriente quando disponibilizado em quantidade favorável, proporciona boa capacidade de rebrota da forragem, pois, atua no processo fotossintético, que por sua vez, impacta positivamente a fotossíntese dos tecidos foliares remanescentes, consequentemente, a deficiência de K pode comprometer a rebrota do Tifton 85.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido durante um período de 120 dias, entre os meses de novembro de 2021 e março de 2022, em ambiente protegido, localizado em uma área experimental pertencente ao Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA) da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Sumé, PB, cujas coordenadas geográficas são 7° 40' 18" Latitude Sul e 36° 52' 54" Longitude Oeste e altitude média de 518 m. O município possui precipitação média anual de 538 mm, temperatura média de 22,9 °C e segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Bsh (Semiárido quente com chuvas de verão).

### 4.2. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos experimentais foram manejos de fertirrigação potássica em três cortes do capim, aos 30, 60 e 90 dias após o plantio (DAP), em delineamento experimental inteiramente casualizado e esquema de parcelas subdivididas, sendo os cortes do capim as parcelas e as subparcelas as combinações de fontes (Manipueira, cinza de biomassa vegetal e mineral) e doses de potássio (60%, 80%, 100% e 120% da dose recomendada de K, 100 kg/ha, de acordo com Erthal et al. (2010)). As combinações corresponderam a: M1 (manipueira + dose de 60%), M2 (manipueira + dose de 80%), M3 (manipueira + dose de 100%), M4 (manipueira + dose de 120%) , M5 (cinza de biomassa vegetal + dose de 60%), M6 (cinza de biomassa vegetal + dose de 80%), M7 (cinza de biomassa vegetal + dose de 100%), M8 (cinza de biomassa vegetal + dose de 120%), M9 (mineral + dose de 60%), M10 (mineral + dose de 80%), M11 (mineral + dose de 100%), M12 (mineral + dose de 120%), com quatro repetições, totalizando em 48 unidades experimentais. Todas as unidades experimentais receberam as doses de 150 kg/ha de N e 50 kg/ha de P, na forma de ureia e de superfosfato simples, respectivamente, de acordo com Santos et al. (2008). A aplicação da manipueira e da cinza de biomassa vegetal ocorreu via fertirrigação, e o adubo mineral aplicado via cobertura, e reaplicados após cada corte realizado, exceto o superfosfato simples que foi aplicado via fundação na ocasião do preenchimento das unidades experimentais com o solo, visando um melhor aproveitamento desse elemento.

### 4.3. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos com capacidade para 10 L, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Para o preenchimento foi utilizada uma camada de brita (número zero) em quantidade para cobrir a base do vaso, e o solo de classificação Areia Franca misturado com a dose recomendada de fósforo. Antes de iniciar o experimento foram determinados os atributos físicos e químicos do solo (Tabela 1):

**Tabela 1.** Características físico-químicas do solo utilizado no experimento

Características químicas									
pH (H <sub>2</sub> O) (1:2, 5)	M.O. %	P (mg/100g)	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	N (%)	CEes (mmhos cm <sup>-1</sup> )
..... (meq/100g) .....									
7,06	0,55	13,06	0,17	0,23	12,95	7,00	0,00	0,03	0,29
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (%)			Classe textural	Umidade		AD	Porosidade total %	DS	DP (g cm <sup>-3</sup> )
Areia	Silte	Argila		% base solo seco					
71,18	23,57	5,25	AF	0,48		9,94	50,38	1,31	2,64

AF – Areia Franca; AD – Água disponível; DS - Densidade do Solo; DP - Densidade de partículas.

Após o preenchimento dos vasos, o teor de umidade foi elevado até atingir a capacidade de campo, mantendo essa condição por um período de 48 horas, para então seguir com o plantio do capim Tifton 85, com mudas provenientes de uma pastagem estabelecida de uma propriedade rural do município de Sumé, PB, colocando três mudas em cada vaso, Figura 1.



**Figura 1.** Imagem das unidades experimentais após o plantio das mudas de Tifton 85

Aos 30 dias após o plantio foi realizado um corte de uniformização do capim, para promover homogeneidade das unidades experimentais, e também aplicadas as fertirrigações e adubações via cobertura de acordo com os tratamentos, Figura 2.



**Figura 2.** Imagem das unidades experimentais após ser realizado o corte de uniformização no capim Tifton 85

A manipueira proveniente de uma casa de farinha situada no município de Puxinanã, PB, sendo coletada apenas a quantidade total necessária para as fertirrigações e armazenada em recipiente fechado durante um período de 60 dias, passando por um processo de digestão anaeróbica, em seguida, coletou-se uma amostra desse efluente para análise química, cujo resultado encontra-se na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características químicas da manipueira utilizada na fertirrigação

Atributo	Valor	VMP
Condutividade Elétrica $\mu\text{mho/cm}$ a 25 °C	12.630,0	...
Potencial Hidrogeniônico, pH a 25,8 °C	3,4	6,0 a 9,5
Turbidez, uT	>1000	5,0
Cor, Unidade Hazen, mg Pt-Co/L	>1000	15,0
Dureza em Cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), mg/L	378,0	...
Dureza em Magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), mg/L	718,8	...
Dureza Total ( $\text{CaCO}_3$ ), mg/L	3.940,0	500,0
Sódio ( $\text{Na}^+$ ), mg/L	924,2	200,0
Potássio ( $\text{K}^+$ ), mg/L	2.740,0	...
Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), mg/L	2,67	0,2
Ferro Total, mg/L	44,11	0,3
Alcalinidade em Hidróxidos ( $\text{CaCO}_3$ ), mg/L	0,0	...
Alcalinidade em Carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ), mg/L	0,0	...
Alcalinidade em Bicarbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ), mg/L	0,0	...
Alcalinidade Total ( $\text{CaCO}_3$ ), mg/L	0,0	...
Sulfato ( $\text{SO}_4^+$ ), mg/L	361,0	250,0
Fósforo Total, mg/L	512,29	...
Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), mg/L	3.905,0	250,0
Amônia ( $\text{NH}_3$ ), mg/L	400,0	...
Sílica ( $\text{SiO}_2$ ), mg/L	141,1	...
STD (Sólidos Totais Dissolvidos a 180 °C), mg/L	7.390,0	1.000,0

VMP-Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira Portaria 2914/11 MS incorporada pela Portaria de Consolidação nº 5, no Anexo XX.

A cinza de biomassa vegetal usada no experimento foi oriunda da queima do material resultante da poda urbana do município de Sumé, PB, prática que na época era realizada periodicamente no Aterro Sanitário do município. Na ocasião coletou-se a quantidade total de cinza necessária para todas as aplicações das fertirrigações de acordo com os tratamentos, e antes de iniciar sua aplicação foi coletada uma amostra para a análise química o resultado pode ser observado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Características químicas da cinza de biomassa vegetal utilizada na fertirrigação

N	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Fe	Mn
(%)	-----g kg <sup>-1</sup> -----								
0,11	33,39	59,49	232,2	30,69	19,88	112	38	3462	495

#### 4.4.IRRIGAÇÃO

A irrigação das unidades experimentais foi diária e sempre no mesmo horário usando água de abastecimento, cujas características físico-químicas estão na Tabela 4.

**Tabela 4.** Características físico-químicas da água de abastecimento utilizada na irrigação das unidades experimentais

Atributo	Valor	VMP
pH	7,56	6,0 a 9,5
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	664,0	...
Cálcio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	35,0	100,0
Magnésio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	39,0	40,0
Sódio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	54,40	200,0
Potássio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	14,80	10,0
Cloretos ( $\text{mg L}^{-1}$ )	105,29	250,0
Sulfatos ( $\text{mg L}^{-1}$ )	26,78	250,0
Bicarbonatos ( $\text{mg L}^{-1}$ )	167,75	250,0
Carbonatos ( $\text{mg L}^{-1}$ )	4,50	...
Ferro ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,14	0,3
Oxigênio consumido ( $\text{mg L}^{-1}$ )	1,50	2,0
Alcalinidade em Carbonato – $\text{CO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,0	...
Alcalinidade em Bicarbonato – $\text{HCO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,0	...
Alcalinidade Total - $\text{CaCO}_3$	0,0	...
Dureza Total ( $\text{mg L}^{-1}$ )	361,0	250,0
Amônia Livre - $\text{NH}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	512,29	...
Nitritos – $\text{NO}_2^-$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	3.905,0	250,0
Nitrato – $\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg L}^{-1}$ )	400,0	...

VMP - Valor Máximo Permissível dos elementos que representam riscos à saúde recomendável pela OMS (1999), Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 e a Portaria nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, incorporada pela Portaria de Consolidação 05/2017, no Anexo XX.

O volume de água aplicado diariamente nas unidades experimentais foi mensurado de acordo com a evapotranspiração diária da cultura, estimada através da evaporação do tanque Classe A instalado dentro da casa de vegetação, Figura 3.



**Figura 3.** Tanque Classe A instalado dentro da casa de vegetação

Para o cálculo da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) dentro da casa de vegetação foi utilizado  $K_p$  (coeficiente do tanque) igual a 1,0 recomendado por Fernandes et al. (2004) para tanques Classe A instalados em ambiente protegido, conforme a seguinte equação 1:

$$ET_0 = K_p \times EV \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

$ET_0$  = Evapotranspiração de referência do ambiente protegido, em  $\text{mm dia}^{-1}$

$K_p$  = Coeficiente do tanque

$EV$  = Evaporação do tanque, em  $\text{mm dia}^{-1}$

Para determinar a evapotranspiração do Tifton 85 foi aplicada a Equação 2, adotando um  $K_c$  constante igual a 0,8, conforme indicação de Alencar et al. (2009) para pastagens

tropicais, uma vez que esse capim ainda não possui um  $K_c$  específico para suas fases fenológicas.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

$ET_c$  = Evapotranspiração da cultura, em  $\text{mm dia}^{-1}$

$K_c$  = Coeficiente de cultivo

$ET_0$  = Evapotranspiração de referência do ambiente protegido, em  $\text{mm dia}^{-1}$

Os volumes foram calculados diariamente multiplicando a  $ET_c$  pela área de abertura do vaso das unidades experimentais, obtendo a quantidade de água a ser aplicada em cada vaso, mensurada em litros.

## 4.5. VARIÁVEIS ANALISADAS

### 4.5.1. Crescimento

Nos dias anteriores à cada corte do Tifton 85, foram mensuradas as alturas do capim, com auxílio de uma régua graduada em cm, levando em consideração o nível do solo até o ápice da última folha, em quatro pontos representativos de cada vaso, obtendo assim um valor médio por unidade experimental.

### 4.5.2. Produção

Para determinação da massa fresca e seca do capim, os materiais colhidos de cada corte foram armazenados em sacos pré-identificados, pesados em balança analítica de precisão, para obtenção da massa verde, e posteriormente colocados em estufa de ventilação forçada de ar a  $65\text{ }^\circ\text{C}$  durante 72 h, sendo pesados novamente, obtendo-se a massa seca.

### 4.5.3. Bromatológicas

Após o procedimento de secagem do material, as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley, com base nas orientações de Silva e Queiroz (2002), em seguida determinados os teores de matéria seca total (MST), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em

detergente neutro (FDN), já a fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) de acordo com Campos et al. (2004).

#### 4.5.4. Efeitos dos tratamentos sobre o solo

Ao final do experimento foram coletadas amostras de solo das unidades experimentais, que passaram pelo laboratório para determinações dos atributos físicos e químicos do solo após o uso dos tratamentos, definindo os seus possíveis efeitos.

#### 4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados passaram pela análise de variância e a comparação entre médias, pelo teste de Scott-Knott para as combinações e teste de Tukey para os cortes, a 5% de significância com o software estatístico SISVAR ESAL (FERREIRA, 2019).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO

A partir da análise de variância (Tabela 5) para a variável Altura de Planta (AP), massa verde (MV) e massa seca (MS) do capim Tifton 85, observa-se que houve efeito significativo para a interação dos tratamentos na AP e MS ( $p \leq 0,01$ ) e MV ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância para a altura (AP) e produção de massa verde (MV) e massa seca (MS) do capim Tifton 85 em função dos tratamentos.

Fonte de Variação (FV)	GL	Quadrados Médios		
		AP	MV	MS
Tempo (T)	2	69,922986**	35449,841379**	1190,228874**
Erro 1	33	6,838367	295,430978	31,165932
Manejo (M)	11	610,223838**	892,594983**	105,627455**
Erro 2	72	7,272963	114,740007	14,121489
M × T	22	164,592759**	192,102597*	45,359764**
CV 1 (%)		4,18	25,48	36,15
CV 2 (%)		4,32	15,88	24,33
Média Geral	140	62,49	67,44	15,44

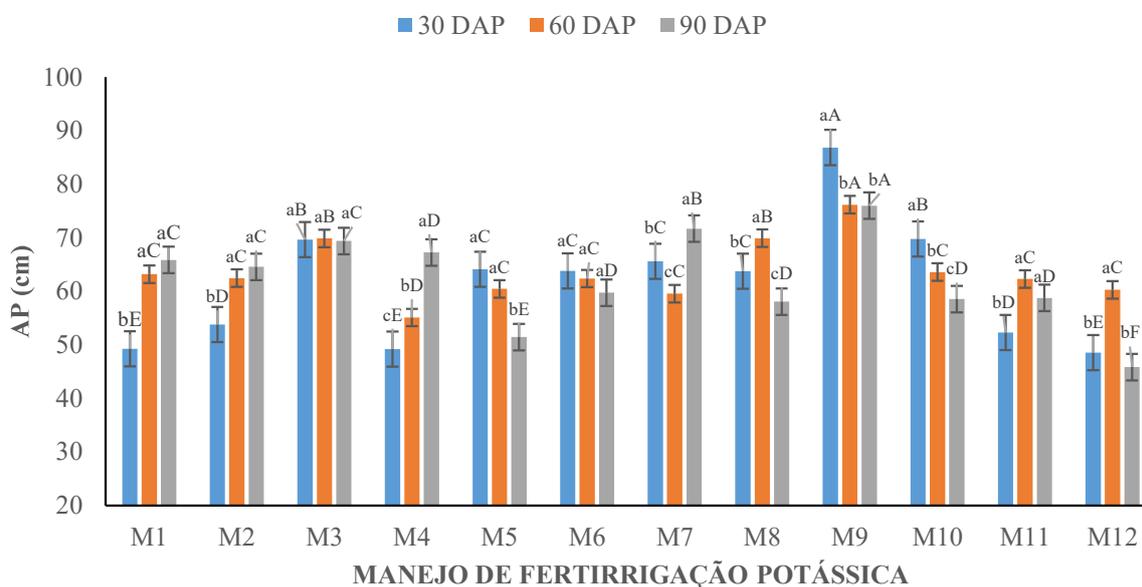
\*, \*\* respectivamente significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ . CV - Coeficiente de variação, GL - Grau de liberdade.

O crescimento e produção de massa são parâmetros importantes para indicar a qualidade do capim, que em geral, são influenciados pelas condições do clima e do ambiente local, bem como dos manejos de fertirrigação potássica aplicados no referente trabalho, ressaltando que o crescimento do Tifton 85 tem influência direta na disponibilidade de nutrientes no solo (NERES et al., 2012; TAFFAREL et al., 2016; ANDRADE, 2017; VIÇOSI et al., 2018). Segundo Taiz e Zeiger (2013) o espectro de luz em ambiente sombreados é abundante em vermelho extremo, dessa forma há uma tendência de crescimento longitudinalmente das plantas, conseqüentemente, aumentando a altura dos colmos na tentativa de posicionar as lâminas foliares nas camadas mais iluminadas do dossel.

A idade também afetou crescimento do capim, destacando que a idade do capim também é caracterizada pela formação de colmos, que para Andrade (2017) o aumento da AP do capim está diretamente relacionado ao colmo, que é o principal responsável pela formação do dossel forrageiro.

Nesse sentido, o capim Tifton 85 apresentou um crescimento extremamente elevado, indicando que a disponibilidade de potássio é fator indispensável para a produtividade dessa forragem, além de que fontes desse nutriente provenientes de resíduos orgânicos são alternativas viáveis para o produtor.

A figura 4 expõe o crescimento do Tifton 85 em função dos manejos de fertirrigação potássica aos 30, 60 e 90 DAP, é possível visualizar a diferença estatística para os diferentes tratamentos.



AP - Altura de planta; DAP - Dias após o plantio; M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos dias após o corte.

**Figura 4.** Altura do capim Tifton 85 em função dos tratamentos.

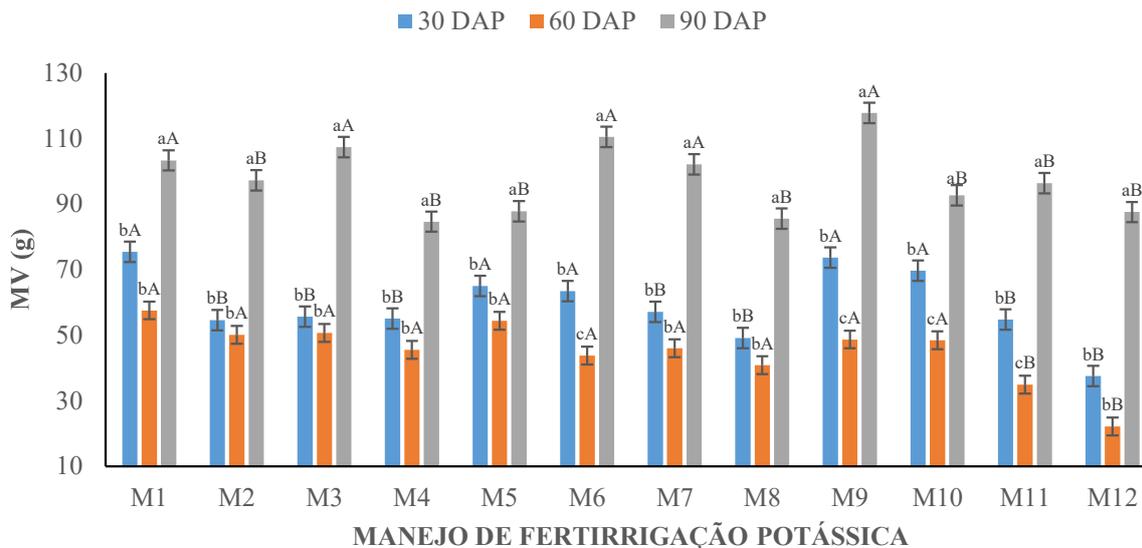
As alturas de plantas em função do tempo (DAP) apresentaram uma variação em cada manejo de fertirrigação potássica, com destaque para o M9 (mineral + dose de 60%) que promoveu as maiores AP do capim aos 30, 60 e 90 DAP. Observa-se especificamente nos manejos de fertirrigação potássica de fonte mineral houve uma redução da altura do Tifton 85 com o aumento das doses de K em todos os tempos, e os manejos com manipueira e cinza de biomassa vegetal proporcionaram alturas semelhante do capim, podendo aplicar doses mínimas e máximas de K provenientes dessas fontes. No entanto, esses manejos possuem melhor atuação na dose de 100%, justificando a necessidade do uso da dose de potássio indicada pelos pesquisadores. O crescimento do Tifton 85 em função dos tratamentos com manipueira foram superiores aos 90 DAP, exceto na dose de 100% não houve efeito significativo, provavelmente, indicando que a disponibilidade de nutrientes através dessa fonte, precisa de um certo período para melhor absorção pela planta. Ao passo que, esse aumento pode ter relação com a idade do capim, pois Andrade (2017) observou altura média do dossel forrageiro com efeito linear

crecente em função da idade de rebrota do capim, e o autor afirma que esse resultado é decorrente do crescimento linear do comprimento do colmo.

Para os manejos com cinza de biomassa vegetal houve uma redução da AP aos 90 DAP, apresentando efeito contrário na dose de 100%, indicando uma redução na altura a cada corte realizado, ou seja, um efeito oposto no crescimento do capim em função do manejo de fertirrigação com manipueira. No trabalho de Bonfim-Silva et al. (2011), usando cinza vegetal no desenvolvimento do capim marandu, esse resíduo contribui na redução do tempo para a forrageira atingir alturas elevadas, por isso, a adubação com cinza torna-se uma alternativa viável no manejo das pastagens. Nessa mesma perspectiva, Silva et al. (2015) utilizando cinza vegetal, constataram que a adubação com esse resíduo aumenta a disponibilidade de nutrientes como potássio e magnésio, que são componentes centrais da molécula de clorofila e responsáveis pelo processo de fotossíntese da planta, que eleva os compostos orgânicos que são fundamentais para o crescimento vegetativo. Nos estudos de Santos (2012), com relação as doses de cinza vegetal sobre espécies do gênero *Brachiaria* concluíram que a eficiência no uso desse resíduo orgânico foi ajustada ao modelo de regressão linear decrescente, logo, o aumento das doses de cinzas vegetal na adubação reduz a eficiência de sua utilização.

Portanto, as alturas do capim obtidas na presente pesquisa confirmam que a disponibilidade de potássio é fator determinante para o crescimento dessa forragem, de acordo com Lemaire (2001), uma nutrição adequada em potássio é positiva para fotossíntese, sendo, fator determinante para o processo de rebrote da forrageira, pois esse processo depende da capacidade fotossintética do tecido foliar remanescente. Por outro lado, doses elevadas de K podem comprometer a altura do pasto, segundo Patzlaff et al. (2020), quando os nutrientes são disponibilizados em níveis tóxicos, geralmente as plantas respondem com redução do crescimento.

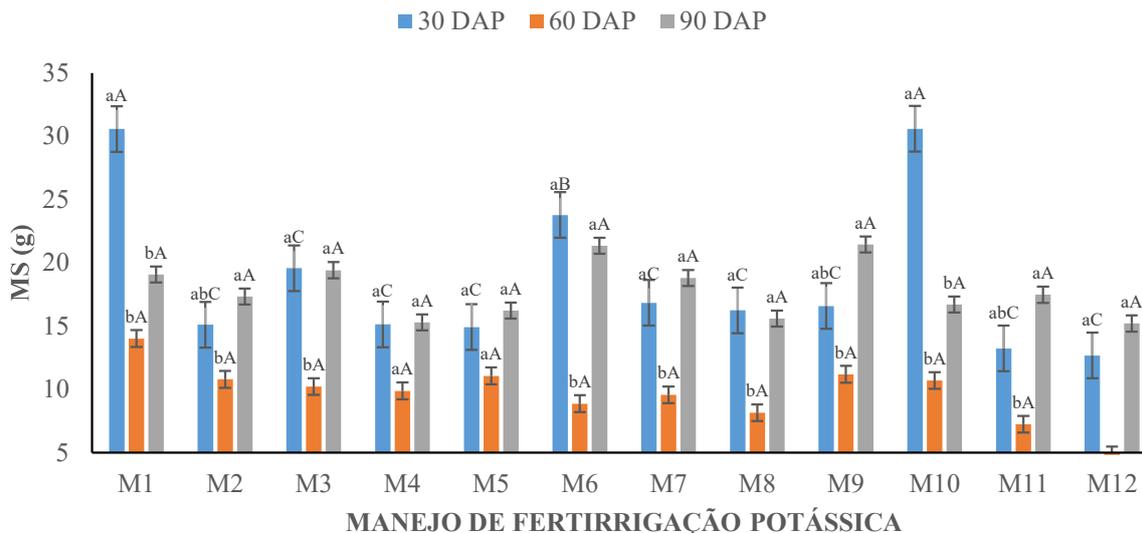
Em relação a produção de massa verde, como verifica-se na Figura 5, os manejos de fertirrigação potássica apresentaram resultados semelhantes aos 30, 60 e 90 DAP, destacando-se o tempo de 90 dias com maior produção. Os dados confirmam que o aumento da idade das plantas resulta em maiores rendimentos de massa e vigor no processo de rebrota, no entanto, há a possibilidade de uma redução nas características químicas da parte aérea do capim (COSTA et al., 2015). No geral, as menores produções de massa verde foram obtidas aos 60 dias. Porém, em todos os tempos e manejos observa-se uma redução de produção na dose máxima de potássio.



MV - Massa verde; DAP - Dias após o plantio; M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos dias após o corte.

**Figura 5.** Massa verde do Tifton 85 em função dos tratamentos.

A figura 6 expõe a produção de massa seca do capim com uma similaridade com a produção de MV, no entanto, manejo de fertirrigação potássica com manipueira apresentou uma melhor produtividade na dose de 60%, já para os manejos com cinza de biomassa vegetal e adubo mineral o melhor desempenho na dose de 80%.



MS - Massa seca; DAP - Dias após o plantio; M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos dias após o corte.

**Figura 6.** Massa seca do Tifton 85 em função dos tratamentos.

Portanto, a produção de massa verde alcançada na presente pesquisa, maior que 100g/vaso, foi superior as de outros pesquisadores, bem como a produção de MS, que superou valores de 30g/vaso. Os teores baixos de MS do capim podem prejudicar a sua qualidade, afetando o nível de respiração e promover o surgimento de fungos. Costa et al. (2015), por exemplo, obtiveram produções de massa seca de 9,85 g/vaso com intervalo de 28 dias e 10,59 g/vaso com intervalo de 35 dias. Para uma alta produtividade de massa, são imprescindíveis os fatores como umidade adequada do solo que favorece o desenvolvimento da cultura, e temperaturas ideais, para beneficiar o desenvolvimento através da assimilação de CO<sub>2</sub>, de água e nutrientes (COSTA et al., 2005).

De acordo com as produções de massa obtidas na referente pesquisa, os manejos de fertirrigação com manipueira e cinza de biomassa vegetal promoveram resultados semelhantes em relação aos manejos com adubo mineral aos 30, 60 e 90 DAP, confirmando a possibilidade de alcançar altas produtividades de pastagens com a prática de reutilização de resíduos, ao mesmo tempo que possibilita reduzir os custos de produção substituindo os fertilizantes comerciais, além da minimização dos impactos ambientais.

## 5.2. VARIÁVEIS BROMATOLÓGICAS

No resumo da análise de variância (Tabela 6), observa-se que houve efeito significativo dos manejos de fertirrigação potássica ( $p \leq 0,05$ ) e do tempo de 30, 60 e 90 DAP ( $p \leq 0,01$ ) na Matéria Mineral. A interação dos tratamentos promoveu significância ( $p \leq 0,01$ ) sobre a proteína bruta, a fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido da Lignina.

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância para as características bromatológicas Matéria Mineral (MM), Proteína Bruta (PB), Fibra em detergente neutro (FDN), Fibra em detergente ácido (FDA) e Lignina (LIG) do capim Tifton 85 em função dos tratamentos.

Fonte de Variação (FV)	GL	Quadrados Médios				
		MM	PB	FDN	FDA	LIG
Tempo (T)	2	68,833751**	53,273753**	107,196727**	30,165172**	0,062002 <sup>ns</sup>
Erro 1	33	0,795897	5,740780	6,098621	3,243899	0,245833
Manejo (M)	11	1,711967*	14,993904*	7,555087 <sup>ns</sup>	2,722088 <sup>ns</sup>	0,267462 <sup>ns</sup>
Erro 2	72	0,592839	2,597147	4,010583	1,222485	0,234126
M x T	22	0,455968 <sup>ns</sup>	12,868573**	10,262230**	3,317898**	0,587074**
CV 1 (%)		8,35	13,22	3,53	5,44	19,84
CV 2 (%)		7,21	8,89	2,86	3,34	19,36
Média Geral	140	10,68	18,12	69,95	33,11	2,49

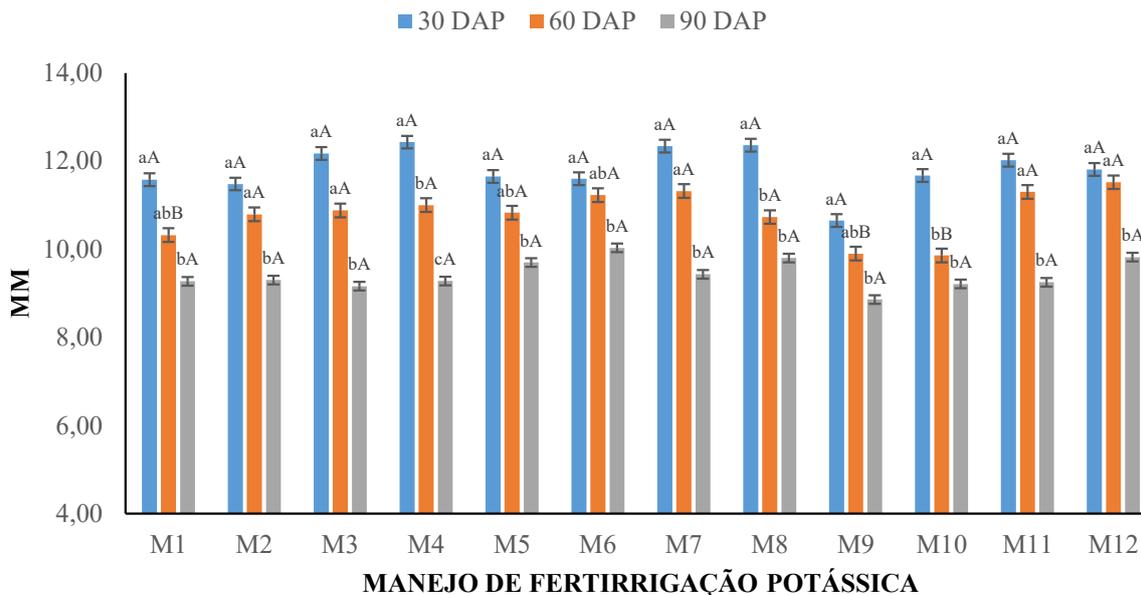
\*, \*\* respectivamente significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , ns - não significativo, CV - Coeficiente de variação, GL - Grau de liberdade.

De forma geral, é possível notar a influência dos manejos de fertirrigação potássica e do tempo de rebrota nas características nutricionais do capim Tifton 85, confirmando a importância de pesquisas voltadas para a assimilação do potássio por essa cultura.

A matéria mineral representa o nível de nutrientes minerais presentes na forragem, portanto, a média geral dos valores obtidos nessa pesquisa (10,68%) ainda foi superior aos alcançados por Andrade (2017) da matéria mineral de feno de Tifton 85 em quatro idades de rebrota e adubado com duas doses de nitrogênio, com valores que variaram entre 6,68% e 8,41% de MM.

Dentre os parâmetros de qualidade da forragem, a proteína bruta representa uma das mais importantes, conforme Viçosi et al. (2018), a PB extraída pela planta é de extrema importância no manejo da nutrição dos animais. Assim como a Lignina que representa a composição fibrosa da forragem, ou seja, tem relação com a digestibilidade dela.

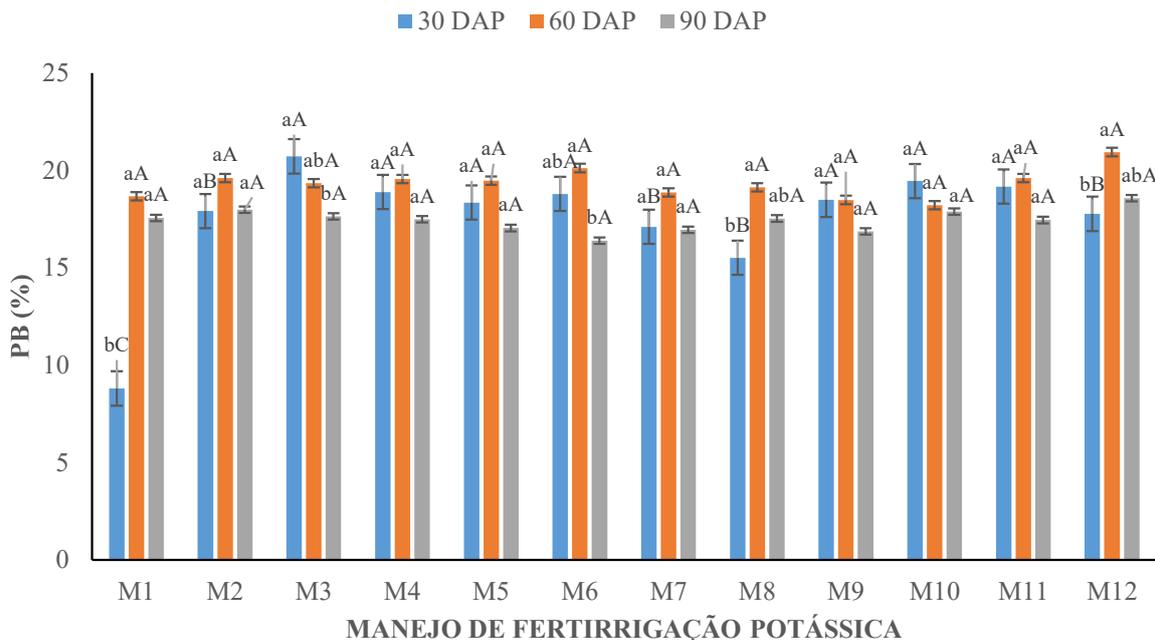
A Figura 7 aponta que, os manejos de fertirrigação potássica tiveram resultados semelhantes aos 30, 60 e 90 DAP, reduzindo o nível de MM a cada corte. Portanto, as três fontes de K promoveram níveis favoráveis dessa variável, indicando a perda da matéria mineral com a idade de rebrota do capim.



MM – Matéria mineral; DAP - Dias após o plantio; M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos dias após o corte.

**Figura 7.** Teores de Matéria mineral do capim Tifton 85 em função dos tratamentos.

Com base na Figura 8, para os teores de proteína bruta do capim, foram obtidos níveis considerados elevados dessa variável, em função de todos os manejos de fertirrigação potássica e do tempo de rebrota do Tifton 85, exceto para os manejos referentes a manipueira com a dose de 60%, que promoveram valor médio em torno de 9% de PB.



PB – Proteína bruta; DAP - Dias após o plantio; M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos dias após o corte.

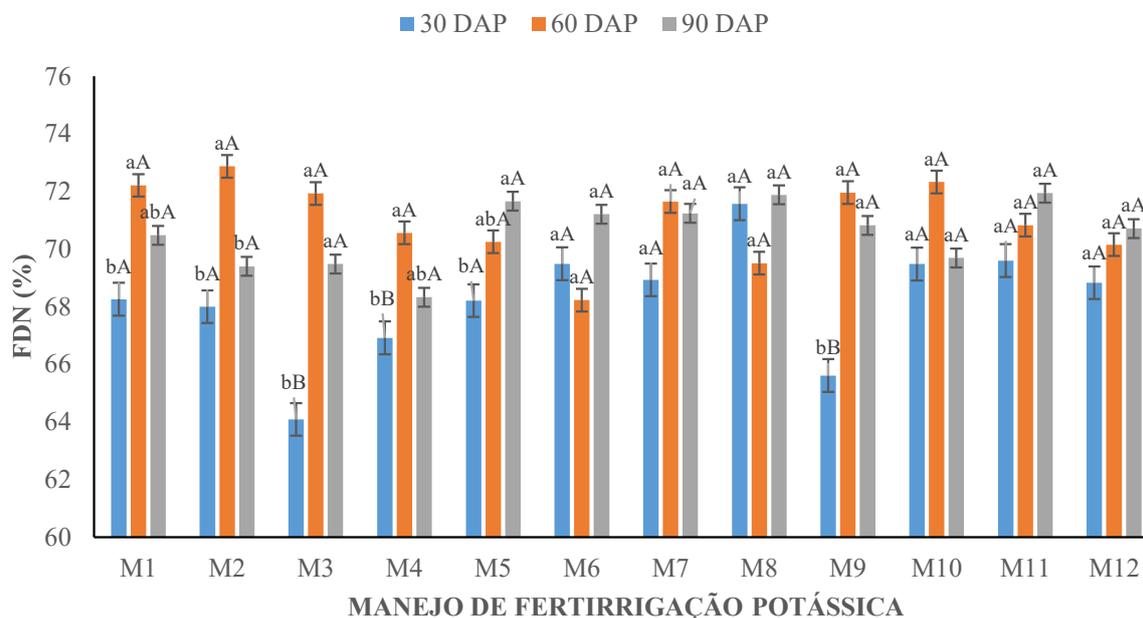
**Figura 8.** Teores de Proteína Bruta do capim Tifton 85 em função do manejo de fertirrigação potássica

Os teores de proteína bruta ultrapassaram níveis de 20%, confirmando a relevância do uso de fontes alternativas de potássio nessa cultura, indicando que, as maiores concentrações de proteína da parte aérea do Tifton 85 foram observadas na menor produção de massa, conforme mostra os dados na Figura 6. Resultado semelhante ao de Nascimento (2017), analisando o valor nutritivo do Tifton 85 irrigado com água residuária doméstica tratada e usando doses de composto orgânico, com teor superior de PB no segundo corte que apresentou menor crescimento de massa.

Os valores de proteína bruta do Tifton 85 encontrados na presente pesquisa, corroboram com Sanches et al. (2016), pois, os pesquisadores afirmam que o teor de PB de Tifton 85 se apresenta, em geral, na faixa de 14 a 19%, e esse valor corresponde à temperatura e o fotoperíodo ao longo do ciclo.

Na Figura 9 os valores de fibra em detergente neutro em função dos manejos de fertirrigação potássica aos 30, 60 e 90 DAP do Tifton 85, sendo possível verificar que os menores teores de FDN encontrados pertenceram ao primeiro corte do capim para o manejo

com manipueira na dose de 100% e o manejo com adubo mineral na dose de 60%, com os valores médios obtidos entre 64% a 67%, respectivamente.



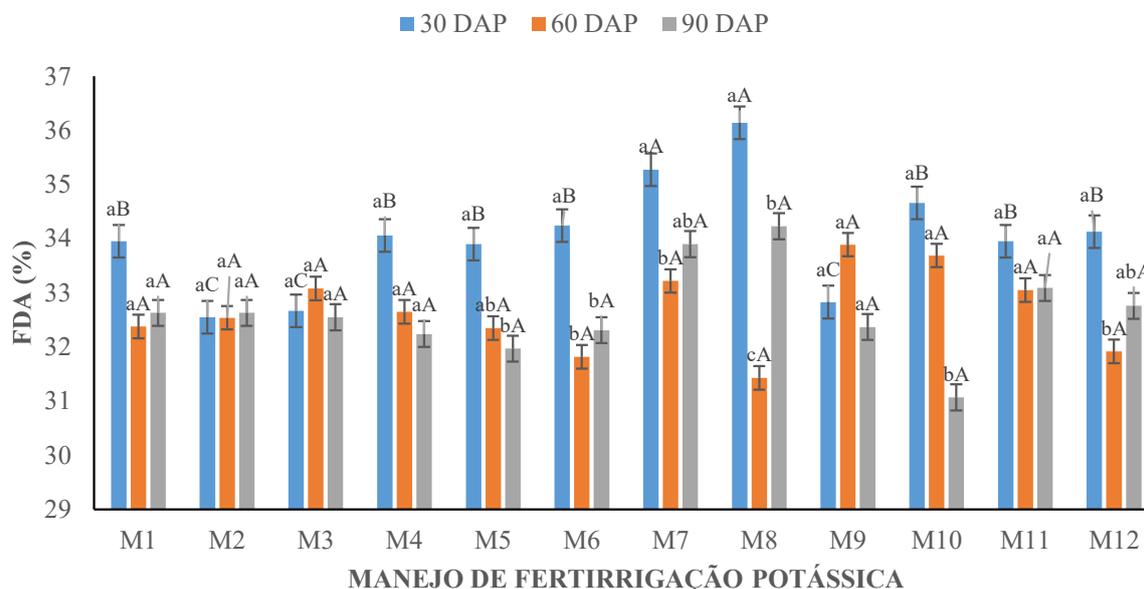
FDN – Fibra em detergente neutro; DAP - Dias após o plantio; M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos dias após o corte.

**Figura 9.** Teores de Fibra em detergente neutro do capim Tifton 85 em função dos tratamentos.

Importante indicar que, no primeiro corte obteve-se a melhor qualidade do capim, em relação ao teor de fibra para todos os tratamentos, exceto em função do manejo de fertirrigação potássica com cinza de biomassa vegetal na dose de 120% que ultrapassou os 70%. Nos demais cortes, aos 60 e 90 DAP, o teor de fibra foi superior, ou seja, impacto da idade do capim para o aumento de uma forragem fibrosa. A variação da FDN esteve entre 64% e 73%, sendo assim, esses resultados são favoráveis em termos de valor nutritivo do capim, pois de acordo com Soares et al. (2009) teores considerados aceitáveis dessa variável em forragens estão entre 70% e 73%, destacando que a FDN tem relação direta com o consumo do alimento pelo animal. Nascimento (2017) em pesquisa com cultivo de Tifton 85, utilizando água residuária e doses de adubo orgânico, obtiveram médias de Fibra em detergente neutro variando entre 70% e 75,3%, comprovando os benefícios da água residuária como fonte de água e nutrientes para a forragem.

A Fibra em detergente ácido (Figura 10) apresentou uma variação em função dos tratamentos, sugerindo uma redução no teor de fibra a cada corte realizado, com os valores

superiores de FDA alcançados em função dos manejos de fertirrigação potássica com cinza de biomassa vegetal no tempo de 30 DAP do capim Tifton 85.



FDA – Fibra em detergente ácido; DAP - Dias após o plantio; M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos dias após o corte.

**Figura 10.** Teores de Fibra em detergente ácido do capim Tifton 85 em função dos tratamentos.

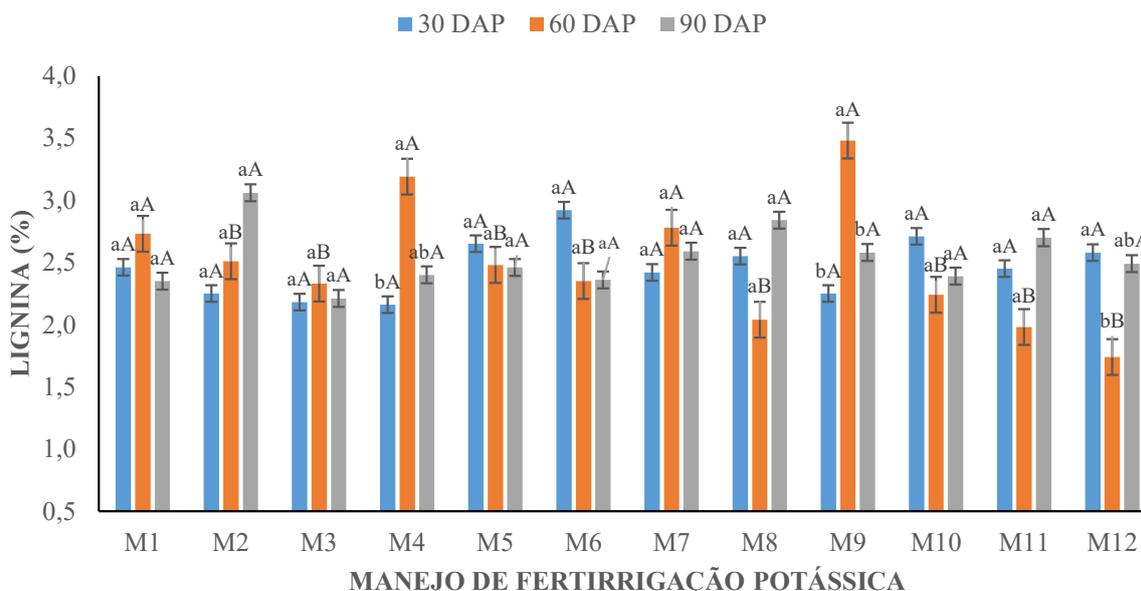
Os valores médios de FDN e FDA do Tifton 85 em função dos tratamentos, apresentaram uma variação nos resultados nos três cortes realizados. Esses parâmetros representam a composição fibrosa da forragem, e possuem uma relação direta com a digestibilidade pelo animal, portanto, valores elevados de FDN e FDA, podem comprometer a qualidade do capim. Sobre o assunto, Van Soest (1994) afirma que, o valor de FDN tem uma correlação negativa com o consumo da forragem, quando essa variável apresenta teores superiores a 55% acontece um efeito de enchimento e na taxa de passagem do alimento no trato digestivo.

Além disso, pode-se fazer uma relação direta com a produção de massa e os teores de fibra, no terceiro corte, por exemplo, foram encontradas as maiores produções de massa (Figuras 5 e 6) e, conseqüentemente os valores de fibra mais favoráveis, recomendando que o fornecimento de K através dos tratamentos utilizados na pesquisa, podem ser aplicados para alcançar boa produtividade e qualidade das pastagens. Já que conforme citado por Falk (2020)

no manejo de pastagens, é importante que se estabeleça a garantia de quantidade e qualidade da massa das forragens para melhor produção do sistema.

A idade e a temperatura do capim podem favorecer o acúmulo de tecidos fibrosos, de acordo com Sanches et al. (2016), altas temperaturas causam o envelhecimento celular de forragens e, como consequência, teores elevados de fibra, já que o aumento da temperatura favorece a senescência que causa o acréscimo de tecidos fibrosos. Falk (2020) destaca que, a quantidade de fibra na alimentação dos animais, as suas propriedades físicas e o tamanho de partículas comprometem a utilização da dieta, pois o excesso dessas características promove densidade energética baixa, ingestão de matéria seca reduzida e prejuízos na produtividade, logo, afeta o desempenho do animal.

Os Níveis de Lignina do Tifton 85 observados na presente pesquisa foram aceitáveis, conforme Figura 11, os manejos de fertirrigação potássica, usando fontes alternativas e doses elevadas desse nutriente podem promover uma produção de forragem mais sustentável.



DAP - Dias após o plantio; M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos dias após o corte.

**Figura 11.** Teores de Lignina do capim Tifton 85 em função dos tratamentos.

Os valores médios de LIG encontrados nessa pesquisa variaram entre 1,70% e 3,5%, representando teor de fibra favorável para o capim. Andrade (2017) em pesquisa realizada com

forragens, percebeu uma diminuição na qualidade da forragem em função da idade devido ao aumento na proporção de colmo, obtendo valor médio de LIG igual a 5,4%. Para o autor o teor de lignina exerce a função de sustentabilidade as plantas, estando presente na parede celular e no colmo das gramíneas. Van Soest (1994) afirma que a LIG é um polímero influenciador da degradação da parede celular dos alimentos volumosos.

### 5.3.VARIÁVEIS DO SOLO

Na análise de variância (Tabela 7) para as características físicas do solo após o experimento, os manejos de fertirrigação potássica promoveram efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) sobre o teor de argila, e significância ( $p \leq 0,01$ ) na densidade e porosidade do solo.

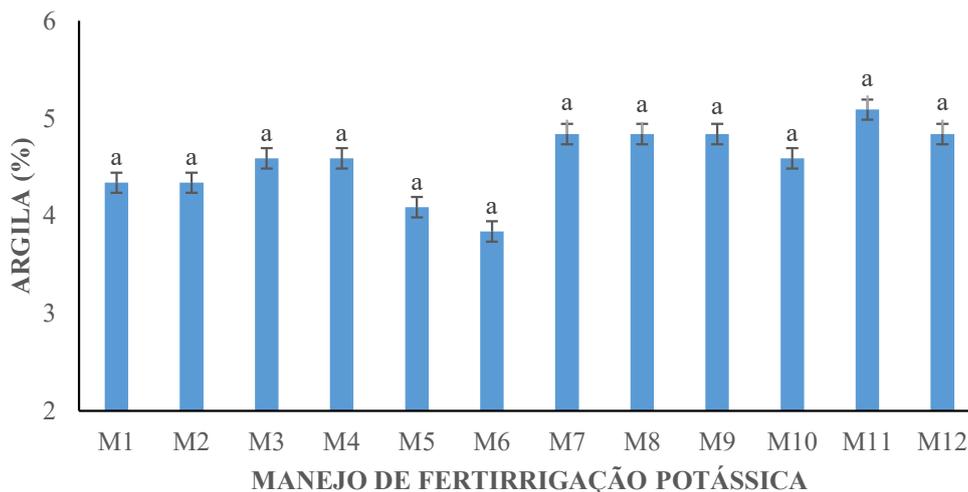
**Tabela 7.** Resumo da análise de variância para as características físicas do solo das unidades experimentais, após o período experimental e aplicação dos tratamentos.

Fonte de Variação (FV)	GL	Quadrados Médios			
		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Umidade (%)
Manejo	11	1,349364 <sup>ns</sup>	0,985207 <sup>ns</sup>	0,524792*	0,002411 <sup>ns</sup>
Erro	36	1,803538	1,962799	0,244735	0,004969
Total	47				
CV (%)		1,78	7,11	10,48	14,53
Média Geral		75,65	19,71	4,57	0,48
		Densidade do solo (DS)	Densidade de partícula (DP)	Porosidade	
Manejo	11	0,000764**	0,000073 <sup>ns</sup>	2,844270**	
Erro	36	0,000290	0,000074	0,235045	
Total	47				
CV (%)		1,31	0,32	0,96	
Média Geral		1,29	2,65	50,68	

\*, \*\* respectivamente significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , ns - não significativo, CV - Coeficiente de variação, GL - Grau de liberdade.

Em geral, as características físicas do solo quase não são afetadas com a aplicação de adubos a médio e longo prazo, sobretudo, quando as fontes são de origem orgânica.

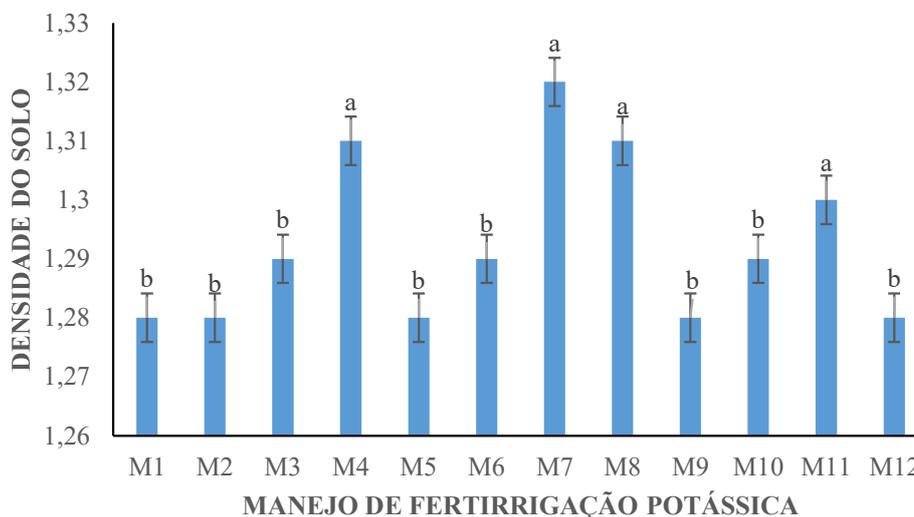
A Figura 12 mostra o teor de argila do solo após o período experimental em função dos manejos de fertirrigação potássica, para todas as fontes de K, os maiores teores dessa variável foram obtidos com as doses de 100% e 120% de potássio, e os menores nas doses de 60% e 80% de adubo mineral. Portanto, a aplicação de altas quantidades de K a longo prazo pode modificar algumas características importantes do solo.



M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados.

**Figura 12.** Teor de argila no solo após o período experimental em função dos tratamentos.

Após a aplicação dos manejos de fertirrigação potássica ocorreram alterações na densidade do solo, a manipueira e a cinza de biomassa vegetal causaram maior densidade quando comparados ao adubo mineral, conforme expõe a Figura 13.

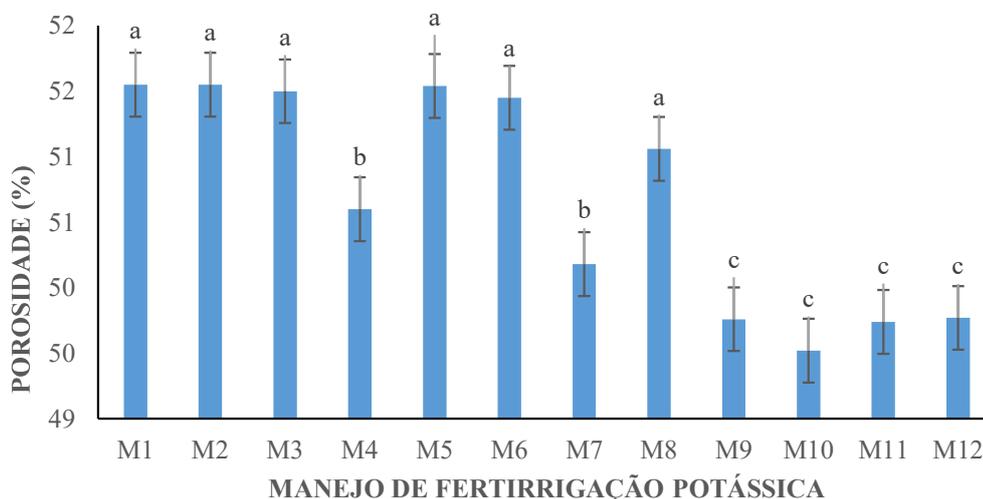


M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados.

**Figura 13.** Densidade do solo após o período experimental em função dos tratamentos.

A maior DS foi obtida com o uso da cinza de biomassa vegetal com a dose de 100%, seguida dessa mesma fonte e da manipueira, com a dose de 120%. No entanto, usando essas mesmas fontes de K com as doses de 60% e 80% foram alcançadas as menores densidades do solo. Conforme definição de Meurer (2012) a DS representa a relação entre o peso das partículas sólidas do solo e o volume total do solo seco, quanto maior a densidade, maior será a dificuldade de permeabilidade da água e de crescimento das raízes das plantas, reduzindo a disponibilidade de ar no solo, que é fonte de oxigênio para as raízes e microrganismos, sendo considerado ainda um parâmetro importante nos projetos de irrigação para determinar a quantidade de água a ser aplicada.

Em relação à porosidade do solo, os menores valores dessa característica física do solo foram obtidos quando aplicados os manejos de adubo mineral (Figura 14).



M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados.

**Figura 14.** Porosidade do solo após o período experimental em função dos tratamentos.

As alterações na porosidade do solo indicam que no manejo e fornecimento de nutrientes às plantas, é preciso levar em consideração e ainda fazer o monitoramento dos possíveis efeitos no solo, que são causados pelo uso a longo prazo de fertilizantes. A porosidade do solo representa o espaço ocupado pela água e pelo ar, salientando que normalmente solos arenosos são menos porosos (MEURER, 2012). É uma variável importante para o monitoramento dos efeitos no solo causados pela fertirrigação com efluentes. Na presente pesquisa com o uso de fontes alternativas de potássio, houve um efeito considerável na porosidade, e um efeito na

densidade e na porcentagem de argila do solo, conforme Figuras 12 e 13. Em contrapartida, Bortoni (2016) destaca que para efeitos a médio prazo, é possível que a incorporação da matéria orgânica proveniente de água residuária no solo, age como agente cimentante, aumentando a formação de agregados, que acaba elevando a porosidade do solo.

A partir da análise de variância (Tabela 8) para os atributos químicos do solo das unidades experimentais, após a aplicação dos tratamentos, observa-se que em função dos manejos de fertirrigação potássica todas as variáveis apresentaram efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ), exceto para nitrogênio e carbono orgânico que os efeitos foram de ( $p \leq 0,05$ ).

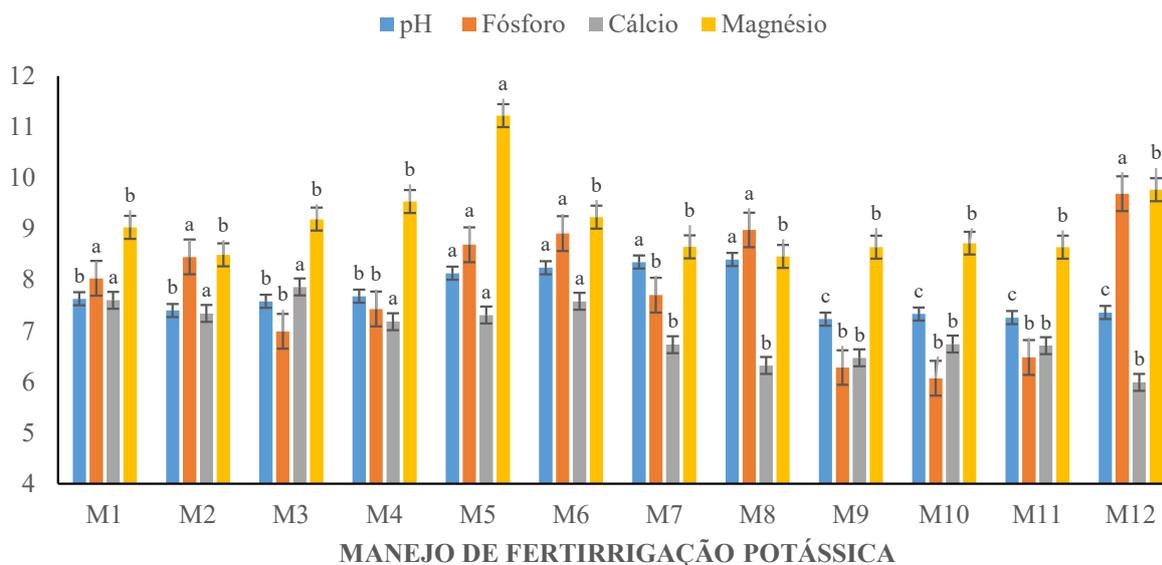
**Tabela 8.** Resumo da análise de variância para as características químicas do solo das unidades experimentais, após o período experimental e aplicação dos tratamentos.

Fonte de Variação (FV)	GL	Quadrados Médios				
		pH H <sub>2</sub> O	Condutividade Elétrica .....mmhos/cm.....	Nitrogênio .....(%).....	Potássio meq/100g solo	Fósforo mg/100g solo
Manejo	11	0,787475**	0,005606**	0,000438*	0,181272**	5,573699**
Erro	36	0,034619	0,000322	0,000207	0,009100	1,808436
Total	47					
CV (%)		2,41	12,98	23,33	23,10	17,21
Média Geral		7,71	0,13	0,06	0,41	7,81
		Matéria Orgânica .....(%).....	Carbono Orgânico .....(%).....	Cálcio meq/100g solo	Magnésio meq/100g solo	Sódio meq/100g solo
Manejo	11	0,179997**	0,030506*	1,325916**	2,429350**	0,004398**
Erro	36	0,012258	0,012592	0,312528	0,770688	0,001380
Total	47					
CV (%)		10,56	18,50	8,00	9,61	10,96
Média Geral		1,04	0,60	6,99	9,13	0,33

\*, \*\* respectivamente significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , CV - Coeficiente de variação, GL - Grau de liberdade.

Diferente das características físicas do solo (Tabela 7), todos os parâmetros químicos apresentaram alterações em função das aplicações dos manejos de fertirrigação potássica, essa diferença acontece, provavelmente, porque os parâmetros físicos necessitam de um período maior para apresentar alterações quando são submetidos a tratamentos orgânicos. Assim, na presente pesquisa foram identificadas modificações favoráveis nos atributos químicos do solo. Contudo, de acordo com Bortoni (2016), os macronutrientes, que são aqueles requeridos em maior quantidade pela planta, bem como os micronutrientes fazem parte da composição da matéria orgânica, tendo a necessidade de ocorrer o processo de mineralização para que se tornem disponíveis para as plantas.

A Figura 15 mostra os valores de pH, Fósforo, Cálcio e Magnésio após o período do experimento, é possível perceber alterações importantes nessas variáveis, que podem auxiliar a tomada de decisão na utilização de fontes alternativas de adubação.



pH – Potencial hidrogeniônico; M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados.

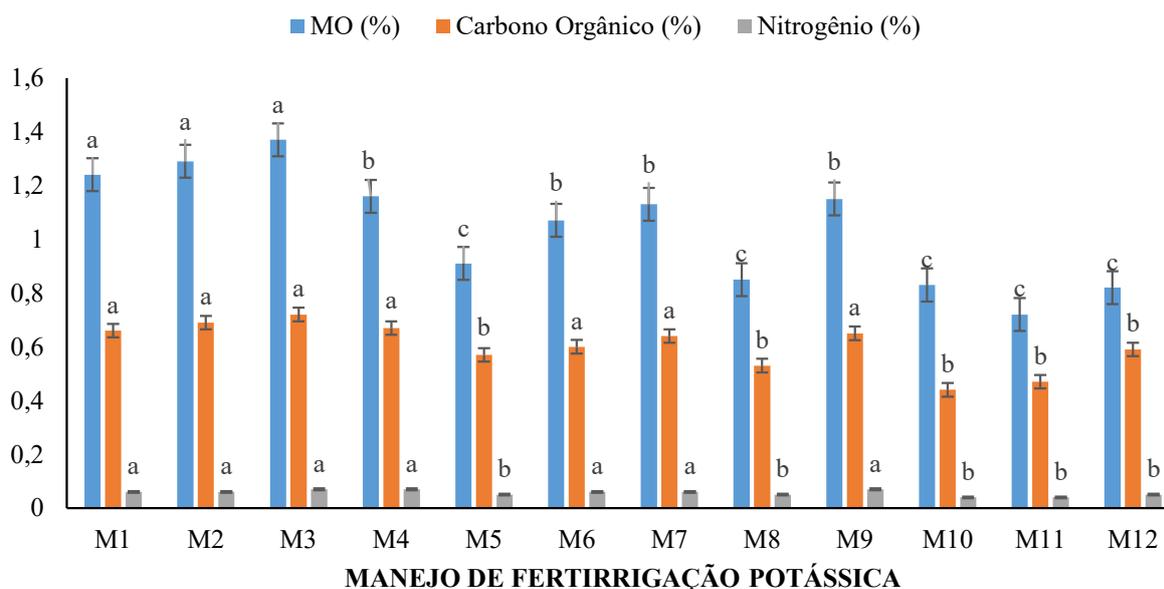
**Figura 15.** Valores de pH ( $H_2O$ ), Fósforo (mg/100g de solo), Cálcio (meq/100g de solo) e Magnésio (meq/100g de solo) do solo após o período experimental em função dos tratamentos.

Em relação ao pH, houve superioridade nesse parâmetro com o uso dos manejos de fertirrigação com manipueira e cinza de biomassa vegetal, elevando o pH do solo de 7,06 (Tabela 1) no início do experimento para valores de até 8,50, se mostrando uma excelente alternativa como adubo orgânico. Diferente dos manejos com o adubo mineral que não promoveram alterações significativas no pH do solo. De acordo com Ribeiro et al. (2015), o cálcio presente nas cinzas é encontrado na forma de  $CaO$ , e após um certo período passa para a forma de carbonato de cálcio e com a adição de água torna-se hidróxido de cálcio, esses processos contribuem para a formação alcalina em sua base, logo, as cinzas podem ser usadas como fertilizantes e para correção de acidez do solo. Por outro lado, Moretti Neto (2020) afirma que, o aumento excessivo do pH do solo através da aplicação de cinza vegetal pode afetar a oferta de nutrientes, causando redução no crescimento e na produtividade, pois altera a mineralização, a dinâmica de cargas elétricas e o poder tampão do solo.

Nas alterações no teor de Fósforo, Cálcio e Magnésio do solo após o experimento, é visível que as fontes alternativas de nutrientes podem substituir o adubo comercial de forma igualitária ou até mesmo com superioridade, pois essas alterações foram semelhantes aos manejos com as três fontes de potássio.

No final do experimento houve uma redução na quantidade de P, no entanto, a aplicação de manejos de fertirrigação potássica com manipueira e cinza de biomassa vegetal se sobressaíram em comparação ao adubo mineral, promovendo uma redução mínima dessa variável. O adubo mineral proporcionou uma redução mínima quando aplicado na dose máxima de potássio. Também se observou aumento no teor de magnésio no solo, destacando-se a manipueira e a cinza de biomassa vegetal como fontes viáveis de K. Os dados mencionados confirmam as informações de Novais et al. (2007), que nos sítios de absorção ocorre uma competição entre o potássio e outros cátions, especialmente, o magnésio, assim, conforme diminui a disponibilidade de um desses nutrientes, aumenta a absorção do outro.

Os parâmetros de MO, carbono orgânico e nitrogênio estão na Figura 16, indicando as possíveis modificações no solo após a aplicação dos tratamentos é bastante aparente a superioridade da manipueira e da cinza de biomassa vegetal como fontes alternativas de potássio no aumento desses parâmetros.



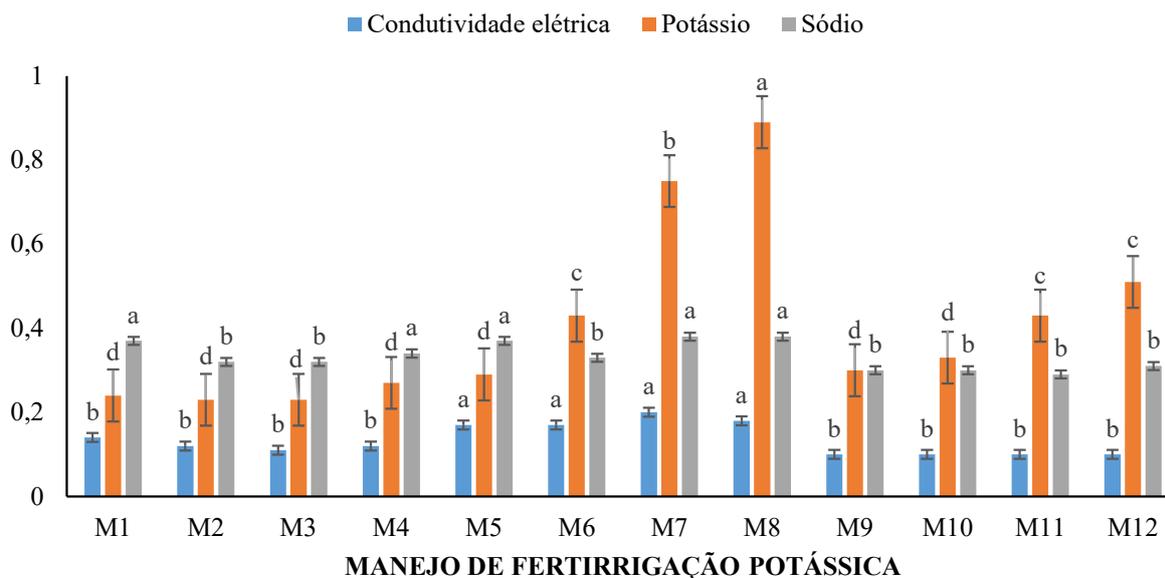
MO - Matéria orgânica; M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados.

**Figura 16.** Valores de MO, Carbono orgânico e Nitrogênio do solo após o período experimental em função dos tratamentos.

Os manejos de fertirrigação potássica com manipueira elevaram o nível de MO do solo acima de 100% do seu nível inicial, enfatizando que a quantidade de matéria orgânica presente no solo é uma característica importante para a estrutura, retenção de água e incorporação de nutrientes. Bortoni (2016) destaca que em solos alcalinos, com a incorporação da MO, durante o processo de mineralização é elevada concentração de CO<sub>2</sub>, em seguida, aumenta a concentração de ácido carbônico e, conseqüentemente, reduz o pH do solo. E também que, a adição de matéria orgânica no solo promove aumento da CTC, que favorece a realização de adsorção de nutrientes da solução do solo deixando disponíveis para as raízes das plantas. Segundo Meurer (2012), o teor de matéria orgânica no solo indica a ação de organismos biológicos, em que a associação entre eles, a relação com o meio e as transformações bioquímicas dessas atividades contribuem para a produtividade agrícola, reciclagem de nutrientes e manutenção da qualidade ambiental, favorecendo diversas características e propriedades do solo.

De forma geral, percebe-se que a matéria orgânica do solo foi superior com a aplicação dos manejos de fertirrigação com manipueira e cinza de biomassa vegetal, em especial, na dose de 100%. O nível de nitrogênio também foi superior em função dessas fontes alternativas de K. Portanto, é importante o uso de resíduos orgânicos que podem ser reaproveitados como fonte de nutrientes para as plantas, além de aplicar a dose que aumente a produtividade e não cause danos negativos a longo prazo.

Além disso, nos teores de condutividade elétrica, potássio e sódio ocorreram alterações (Figura 17), valores superiores aos desses atributos quando utilizadas as fontes alternativas de potássio.



M1 - manipueira + dose de 60%; M2 - manipueira + dose de 80%; M3 - manipueira + dose de 100%; M4 - manipueira + dose de 120%; M5 - cinza de biomassa vegetal + dose de 60%; M6 - cinza de biomassa vegetal + dose de 80%; M7 - cinza de biomassa vegetal + dose de 100%; M8 - cinza de biomassa vegetal + dose de 120%; M9 - mineral + dose de 60%; M10 - mineral + dose de 80%; M11 - mineral + dose de 100%; M12 - mineral + dose de 120%. Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente em função dos manejos de fertirrigação potássica aplicados.

**Figura 17.** Valores de Condutividade elétrica (mmhos/cm), Potássio (meq/100g de solo) e Sódio (meq/100g de solo) do solo após o período experimental em função dos tratamentos.

No início do experimento a CE do solo estava mais elevada (Tabela 1) em comparação com o momento final, indicando os efeitos positivos da adubação a longo prazo em atributos químicos dos solos. O adubo mineral, por exemplo, pode receber destaque já que reduziu mais de 50% da condutividade elétrica do solo, após o período do experimento, seguida da manipueira e da cinza de biomassa vegetal, respectivamente. Na avaliação de Bortoni (2016), quanto maior a concentração iônica no solo, maior é a CE e menor o potencial osmótico do solo, ou seja, quanto maior a concentração de sais do solo, menor é o gradiente osmótico e a disponibilidade de água para a planta.

Os manejos de fertirrigação potássica contribuíram para aumentar também os teores de potássio e sódio, sugerindo a necessidade de ter cautela na aplicação de fontes alternativas de K, pois o acréscimo excessivo de alguns atributos químicos do solo pode salinizar o mesmo e prejudicar o desenvolvimento das culturas. Vale salientar que em solos de textura arenosa, como é o caso do solo da presente pesquisa, por apresentar características físicas e químicas peculiares, há maiores limitações na retenção e aproveitamento desse nutriente, porém, nas diferentes fontes e doses de K pode ter resultado positivo (DIAS et al., 2020).

De acordo com Dias et al. (2020), as características do solo determinam a mineralização da fração orgânica do fertilizante organomineral, ela é desacelerada em solos argilosos e estimulada em solos arenosos, e nesse tipo de solo é superior a assimilação de nutrientes pelas plantas. A aplicação em excesso de água residuária com elevado teor de sais dissolvidos, pode promover a salinização do solo, pois os nutrientes presentes no solo que não são absorvidos pela cultura e nem removidos por lixiviação ou infiltração, se acumulam causando um gradiente osmótico, provocando uma condição de estresse para a planta (BORTONI, 2016).

## 6. CONCLUSÕES

As fertirrigações com manipueira e cinza de biomassa vegetal promoveram maior crescimento, produção de massa e melhor qualidade nutricional para o capim Tifton 85;

As doses  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de K melhoraram altura, produção de massa, matéria mineral, proteína bruta, teor de lignina e de fibra do capim Tifton 85, para todas as fontes de potássio;

As fertirrigações com manipueira e cinza de biomassa vegetal tiveram efeitos positivos sobre as características físico-químicas do solo no final do experimento.

## 7. RECOMENDAÇÕES

Com base no que foi exposto, sugere-se que seja realizado experimento em campo com o Tifton 85 usando a fertirrigação com manipueira e cinza de biomassa vegetal, a fim de observar as possíveis diferenças no desenvolvimento e qualidade do capim, bem como nas características físico-químicas do solo em condições de cultivo em campo.

É recomendado testar doses de micronutrientes presentes em resíduos orgânicos no cultivo do Tifton 85, para obter informações sobre a necessidade desse capim em relação a esse grupo de elementos químicos.

É importante utilizar outros resíduos orgânicos gerados em diversas atividades da agricultura e industrial na adubação do Tifton 85, determinando um aproveitamento adequado para esses resíduos que quando descartados diretamente no meio ambiente causam impactos negativos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, C. A. B.; CUNHA, F. F.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; ROCHA, W. S. D.; ARAÚJO, R. A. S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 98-108, 2009.

ALMEIDA, B. A. S. Capim-tifton 85 irrigado com efluente de tanque de piscicultura e fertilizado com níveis de NPK no semiárido. *Dissertação* (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 2015.

AMORIM, M. C. C. Estudos de caracterização, biodegradabilidade e tratamento de manipueira proveniente de casas de farinha. *Tese* – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 220 f., Recife, 2015.

ANDRADE, E. R. Produção de capim e feno de tifton 85 sob doses de nitrogênio em diferentes dias de rebrotação. *Dissertação de Mestrado – Pós-Graduação em Zootecnia*, Universidade Estadual de Montes Claros, UNIMONTES, MG, 2017.

ANDRÉ, TB; SANTOS, AC. Uso de produtos da cultura da mandioca (Manihot) na produção animal. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15, p.1622-1647, 2012.

ARAÚJO, H. B. Potencialidades do uso da manipueira na agricultura. *Monografia* (Graduação), Curso de Agronomia – Universidade Federal do Maranhão, p. 32, Chapadinha, 2016.

ARAÚJO, N. C.; LIMA, V. L. A.; SENA, L. F.; LIMA, G. S.; ANDRADE, E. M. G.; CARDOSO, J. A. F.; OLIVEIRA, S. J. C. Produção de milho ‘Potiguar’ fertirrigado com água amarela e manipueira. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42(1), p. 166-174, 2019.

ARAÚJO, N. C.; OLIVEIRA, S. J. C.; FERREIRA, T. C.; LIMA, V. L. A.; QUEIROZ, A. J. P. & ARAÚJO, F. A. C. Crescimento e produtividade de milho fertilizado com manipueira

como fonte alternativa de nutrientes. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, vol. 9, n. 2, p. 31-35, 2015.

ARIMORO, F. O., IWEGBUE, C. M. AND ENEMUDO, B. O. Effects of Cassava effluent on benthic macroinvertebrate assemblages in a tropical stream in southern Nigeria. *Acta Zool. Lituanica*, v.18, p. 147-156, 2008.

ALVES, P. F. F.; SANTOS, S. R.; KONDO, M. K.; ARAÚJO, E. D.; OLIVEIRA, P. M. Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 23, n. 5, p. 833-839, 2018.

BASAK, B. B.; SARKAR, B.; BISWAS, D. R.; SARKAR, S.; SANDERSON, P.; NAIDU, R. Chapter Three - Bio-intervention of naturally occurring silicate minerals for alternative source of potassium: challenges and opportunities. Eds: SPARKS, D.L., In: *Advances in Agronomy*, Academic Press, v. 141, p. 115-145, 2017.

DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.10.016>

BEZERRA, M. G. S. Água residuária da mandioca como fertilizante orgânico em pasto de *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu. 55 p. *Dissertação-Mestrado em produção animal: Sistema de produção*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Macaíba, RN, 2014.

BISCARO, G. A.; GOMES, E. P.; GEISENHOF, L. O.; CRUZ, R. L.; OLIVEIRA, A. C. *Sistema de Irrigação Localizada*. ed 1. Dourados, UFGD, 262 p., 2014.

BONFIM-SILVA, E. M.; BEZERRA, M. D. L.; SILVA, T. J. A.; FENNER, W.; DAMASCENO, A. P. A. B. Wood ash and water availability in the production of Paiaguás-grass. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 14, n. 6, 2019.

BONFIM-SILVA, E.M; SILVA, T. J. A; CABRAL, C. E. A; VALADARES, E. M.; GOLDONI. Características morfológicas e estruturais de capim marandu adubado com cinza vegetal em Latossolo Vermelho do Cerrado Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer-Goiânia, v.7, n.12, p. 1-9, 2011.

BORGES, B. M.; SILVEIRA, M. L.; CARDOSO, S. S.; MOLINE, E. F.; COUTINHO NETO, A. M.; LUCAS, F. T.; MURAOKA, T.; COUTINHO, E. L. Growth, herbage accumulation, and nutritive value of 'Tifton 85' bermudagrass as affected by nitrogen fertilization strategies. *Crop Science*, Madison, v. 57, n. 6, p. 3333-3342, 2017.

DOI: 10.2135/cropsci2016.10.0890.

BORTONI, S. F. Efeito residual da fertirrigação com água residuária de bovinocultura na qualidade de um solo. *Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Ambiental e Sanitária*, Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF, 2016.

BORTONI, S. F.; SILVA, J. B. G.; SOUSA, C. P. Efeito residual da fertirrigação com água residuária de bovinocultura na qualidade de um solo argilo-arenoso. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 26, n. 5, p. 452-463, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i5.886>

BOTASSINI, M., SANCHES, R. E., MANNIGEL, A. R., LONGHINI, K. L., & NASCIMENTO, L. M. B. Avaliação da aplicação de manipueira no crescimento e desenvolvimento de plantas de feijão carioca. In: X Encontro Internacional de Produção Científica. Maringá-PR, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mandioca / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Executiva. – Brasília: Mapa/ACS, 2011. 43 p. (Agenda Estratégica 2010 – 2015). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais/tematicas/agendas/arquivos/mandioca.pdf>> . Acessado em: 22 jan. 2021.

CABRAL, C. E. A.; CABRAL, C. E. A.; SANTOS, A. R. M.; MOTTA, A. M.; MOTA, L. G. Impactos técnico-econômicos da adubação de pastos. *Revista Nativa, Sinop, Pesquisas Agrárias e Ambientais*, v. 9, n. 2, p. 173-181, 2021.

DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i2.12047>

CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. *Métodos de análise de alimentos*. Piracicaba: FEALQ, 2004.

CARR, N. F.; BARZAN, R. R.; ALMEIDA, L. H. C.; FREGONEZI, G. A. F.; TAKAHASHI, H. W. Acúmulo e partição de biomassa e macronutrientes de cultivares de feijão-vagem em cultivo protegido fertirrigado. *Colloquium Agrariae*, v. 16, n. 3, p. 1-11, 2020.

CARNEIRO, J. S. S.; SILVA, P. S. S.; SANTOS, A. C. M.; FREITAS, G. A.; SILVA, R. R. Response of grass Mombasa under the effect of sources and doses of phosphorus in the fertilization formation. *Journal of Bioenergy and Food Science*, v. 4, p. 12- 25, 2017.

DOI: <https://doi.org/10.18067/jbfs.v4i1.117>

CARVALHO, J. P. F. Avaliação da composição química do solo, da produtividade e da composição bromatológica da forragem de *Cynodon dactylon* cv. vaquero submetida a doses crescentes de nitrogênio, aplicadas na forma de dejetos de suínos. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - Universidade Federal do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2018.

CECHINEL, J. H.; CIOTTA, M. N.; NAVA, G.; ERNANI, P. R. Influência da irrigação e da fertirrigação no rendimento de frutos de macieiras ‘Kinkas’. *Revista Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.35, n.1, p.67-72, jan./abril 2022.

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v35i1.1078>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. *Preços da mandioca em raiz, fécula e farinha*. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-domercado-agropecuaria-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-demandioca>. Acesso em 16 de outubro de 2018.

CORREA, A. F.; LUZ, P. B.; SERAFIM, M. E.; FAVARE, H. G. Efeito da estrutura do solo e de doses de cinza na densidade do substrato para produção de mudas de maracujazeiro In: Congresso de Iniciação Científica, 5ª. (JC), 2013, Cáceres/MT. *Anais...* Cáceres/MT: PróReitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG, 2013. v. 8 (2013). Cód. 9100. ISSN ONLINE 2237-9258. CDROM 2178-7492.

COSTA, H. H. A.; SALIBA, E. O. S.; GALVANI, D. B.; LANDIM, A. V.; BORGES, A. L. C. C.; BONFIM, M. A. D.; BORGES, I.; SILVA, F. A. Efeito da suplementação com sulfato de zinco ou propilenoglicol em ovinos em uma pastagem nativa da Caatinga no período chuvoso:

desempenho, características da carcaça e da carne. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 70, n. 3, p. 993-1003, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8998>

COSTA, K. A. P. et al. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Ciência Animal Brasileira, Goiânia*, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; RODRIGUES, A. N. A. Produção de forragem, composição química e morfogênese de *Cynodon dactylon* cv. Vaquero em diferentes idades de rebrota. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia – PUBVET, Maringá*, v. 9, n. 11, 2015.

COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. S. F.; NAVES, D. C. F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of secondharvest maize. *Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia*, v. 45, n. 3, p. 304-311, 2015.

COSTA, W. R. S.; CARVALHO, P. H. M. S.; PINTO, P. A. C. Adubação potássica em cultivo protegido de pimentão sob sistema orgânico. *Revista Verde*, v.14, n.2, p.224-228, 2019.

DANTAS, M. S. M.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; PEDROSA, E. M. R.; TABOSA, J. N.; DANTAS, D. C. Crescimento do girassol adubado com resíduo líquido do processamento de mandioca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 19, n. 4, p. 350-357, 2015.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p350-357>

DANTAS, M. S. M.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; LIMA, L. E.; SILVA, M. M. Production and morphological components of sunflower on soil fertilized with cassava wastewater. *Revista Ceres*, v. 64, n. 1, p. 77-82, 2017.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201764010011>

DIAS, R. C.; CASTRO, T. A. V. T.; GONÇALVES, R. G. M.; POLIDORO, J. C.; ZONTA, E.; PEREIRA, M. G.; STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, P. S. Acúmulo de biomassa e potássio

em gramíneas em função da fonte fertilizante e do solo. *Revista Braziliam Journal of Development*, v. 6, n. 6, p. 33506-33518, Curitiba, 2020.

DUARTE, A. S.; ROLIM, M. M.; SILVA, E. F. DE F.; PEDROSA, E. M. R.; ALBUQUERQUE, F. S.; MAGALHÃES, A. G. Alterações dos atributos físicos e químicos de um Neossolo após aplicação de doses de manipueira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 9, p. 938-946, 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual De métodos de análise de solo*. 3 ed. Brasília. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2017, 575p.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; PEREIRA, O. G.; MATOS, A. T. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* – v. 14, n. 5, p. 458-466, 2010.

ERTHAL, V. J. T. Fertirrigação de capim-Tifton 85 e a aveia preta com águas residuárias de bovinocultura: efeitos no solo e nas plantas. 84 f., *Tese (Doutorado)* – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

FALK, D. R. Produção e qualidade de biomassa de pastagens do gênero *Cynodon* sob diferentes estratégias de manejo. *Dissertação de Mestrado* - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, PR, 2020.

FAO - Food and Agriculture Organization. Produção mundial de mandioca. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acessado em: 12 fev. 2021.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; ARAÚJO, J. A. C. de. Utilização do tanque classe A para estimativa da evapotranspiração de referência dentro de casa de vegetação. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 46-50, 2004.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, p.529-535, 2019.

FERREIRA, E. F.; OLIVEIRA, L. S.; MOURÃO, F. V. Os efeitos da aplicação de manipueira como biofertilizante no desenvolvimento vegetativo de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, 2020.

DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3722>

FERREIRA, W. A.; BOTELHO, S. M.; CARDOSO, E. M. R.; POLTRONIERI, M. C. Manipueira: *Um adubo Orgânico em Potencial*. Embrapa Amazônia Oriental, p. 21, (Documentos nº 107), Belém, PA, 2001.

FORTALEZA, Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Urbanismo –SEUMA. Manual de Arborização: Procedimentos Técnicos para Plantio, Transplântio, Poda e Corte. Fortaleza, 2013. 37 p.

FRANCISQUINI JUNIOR, A.; GUERRA, W. E. X.; TIRITAN, C. S.; CATUCHI, T. A.; CACHEFFO, M. B.; FEITOSA, L. E. M. Nitrogênio e Potássio na Produção de Matéria seca e na qualidade Bromatológica De Tifton 85. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do solo – Florianópolis, SC, 2013.

FUNASA. Saneamento Rural: o poder de universalizar o saneamento rural. Boletim Informativo, Publicação da Fundação Nacional de Saúde, Ed. nº 10, 2011.

GASPAR, G. V.; SILVEIRA NETO, J. W. Avaliação do uso de manipueira como insumo para cultura de coentro-verdão (*Coriandrum Sativum*). 1º Encontro Latino-Americano de Engenharia e Sociedade, 2020.

GONÇALVES, J. M. *Fertirrigação com água residuária de agroindústria (ara) em forrageiras: monitoramento de elementos químicos no perfil do solo*. Uberaba. 71 p., 2016.

HANSEN, M.; KEPFER-ROJAS, S.; BJERAGER, P. E. R.; HOLM, P. E.; SKOV, S.; INGERSLEV, M. Effects of ash application on nutrient and heavy metal fluxes in the soil and soil solution in a Norway spruce plantation in Denmark. *Forest Ecology and Management*, v. 424, p. 494-504, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.005>

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: Dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro. Proceedings..., p. 29-37.

HORTA, C.; LUPI, S.; ANJOS, O.; ALMEIDA, J. Avaliação do potencial fertilizante de dois resíduos da indústria florestal. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, v. 33, n. 2, p.147-159, 2010.

MAGALHÃES, A. G.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; BEZERRA NETO, E.; TABOSA, J. N.; PEDROSA, E. M. R. Desenvolvimento inicial do milho submetido à adubação com manipueira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 7, p. 675–681, 2014.

MAGALHÃES, A. G.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; TAVARES, U. E.; PINHEIRO, L. C.; LEITÃO, D. A. H. S. Reutilização da água residuária de casa de farinha em substituição à adubação mineral: efeitos no solo e na planta. *Revista EDUCamazônia*, v. X, n. 1, p. 93108, 2013.

MANGUEIRA, R. D.; GOMES, A. F.; SOUSA, W. N. Reaproveitamento dos resíduos de poda para compostagem e produção de mudas no horto municipal de Fortaleza. 2º Congresso Sul-Americano de resíduos sólidos e sustentabilidade, Foz do Iguaçu, 2019.

MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; MARTINEZ, M. A.; TÓLOLA, M. R.; AZEVEDO, A. A. Tifton grass yield on constructed wetland used for swine wastewater treatment. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* – v. 14, n. 5, p. 510-516, 2010.

MATOS, A. T.; SILVA, D. F.; LO MONACO, P. A. V.; OLIVEIRA, O. G. Produtividade e composição química do capim-tifton 85 submetido a diferentes taxas de aplicação do percolado de resíduo sólido urbano. *Revista de Engenharia Agrícola*, v. 33, n. 1, p. 188-200, 2013.

MEURER, E. J. *Fundamentos de química do solo*. 5ª Ed., 280 p., Porto Alegre, 2012.

MORAIS, M. S.; MEDEIROS, E.V.; MOREIRA, K. A.; CAVALCANTI, M.S.; OLIVEIRA, N. T. Epidemiologia das doenças da parte aérea da mandioca no Município de Alagoa Nova, Paraíba. *Summa Phytopathologica*, v. 40, n. 3, p. 264- 269, 2014.

MORETTI NETO, M. J. Cinza de biomassa de eucalipto com corretivo de acidez de solo e fonte de nutrientes para o capim massai inoculado ou não com *azospirillum Brasilense*. *Dissertação – Faculdade de Engenharia, Unesp, Ilha Solteira, SP, 2020.*

MOTA, ADS; ROCHA JUNIOR, VR; SOUZA, AS; REIS, ST; TOMICH, TR; CALDEIRA, LA; MENEZES, GCC; COSTA, MD. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. *Revista brasileira de zootecnia*, v.40, n.7, p.1466-1473, 2011.

MUFATTO, L. M.; NERES, M. A.; NATH, C. D.; TANGARLIN, J. R.; SCHEIDT, K. C.; CASAROTTO, L.; SARTO, J. R. W.; SUNAHARA, S. M. M. Characterization and quantification of the population of fungi in area of Tifton 85 bermudagrass hay fertilized with swine biofertilizer. *Revista Ciência Rural*, vol. 46, n. 3, p. 486-491, 2016.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20150467>

NASCIMENTO, M. T. C. C. Cultivo do capim Tifton 85 sob adubação orgânica e irrigação com diferentes qualidades de água. *Dissertação - Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UFCG*, p. 86, Campina Grande, 2017.

NAZÁRIO, A. A.; GARCIA, G. O.; REIS, E. F.; MENDONÇA, E. S.; MELLINE, J. G. B. Acúmulo de nutrientes por forrageiras cultivadas em sistema de escoamento superficial para tratamento de esgoto doméstico. *Revista Ambiente & Água*, vol. 9, n. 1, Taubaté – jan/mar, 2014.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. *Fertilidade do Solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1017p., 2007.

NERES, M. A.; CASTAGNARA, D. D.; SILVA, F. B.; OLIVEIRA, P. S. R. de.; MESQUITA, E. E.; BERNARDI, T. C.; GUARIANTI, A. J.; VOGT, A. S. L. Características produtivas,

estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. *Ciência Rural, Santa Maria*, v. 42, n. 5, p. 862-869, 2012.

NEVES, V. F. Caracterização de resíduos de poda, amostragem de poluentes advindos de sua queima e eficiência de combustão. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Itapeva, 2018.

OKUNADE, D. A.; ADEKALU, K. O. Physicochemical analysis of contaminated water resources due to cassava waste water effluent disposal. *European international journal of science and technology*, v. 2, n. 6, p. 75-84, 2013.

PASSAGLIA, P. G.; COELHO, S. T.; ANATER, M. J. N. Aproveitamento energético de resíduos de poda no campus aeroporto da Universidade de Uberaba-Uniube. *BIOFIX Scientific Journal*, v. 7, n. 2, p. 160-169, 2022.

PATZLAFF, N. L.; ZULPO, A. P.; ROSSI, D. S. A importância do uso da dose correta na adubação nitrogenada de Tifton 85. *Revista Científica Rural, Bagé-RS*, v. 22, n. 2, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.30945/rcr-v22i2.3256>

PEIXOTO, T. S.; RESCH, S. RESÍDUOS DE MANDIOCA: um estudo sobre a destinação da massa de mandioca pelas fecularias brasileiras. II Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação – II *EIGEDIN*, Naviraí, MS, 2018.

PEREIRA, A.I.C. Co-digestão anaeróbia de resíduos verdes e lamas de ETAR para produção de biogás. 2013. P.98. *Dissertação* (Mestrado em Energia e Bioenergia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal. 2013.

PEREIRA, D. C.; WILSEN NETO, A.; NÓBREGA, L. H. P. Adubação orgânica e algumas aplicações agrícolas. *Revista Varia Scientia Agrárias* v. 03, n.02, p. 159-174, 2013.

PEREIRA, L. E. T.; NISHIDA, N. T.; CARVALHO, L. R.; HERLING, V. R. *Recomendações para correção e adubação de pastagens tropicais*. Pirassununga - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, 56 p., 2018.

PESSUTI, C.A.A.; HERMES, E.; NEVES, A.C.; SILVA, R.P.; PENACHIO, M.; ZENATTI, D.C. (2015) - Diferentes doses de biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia de efluente de processamento de mandioca no cultivo de soja. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, vol. 4, p. 556-564.

PINTO, J. M.; FEITOSA FILHO, J. C. *Fertirrigação*. Embrapa Semiárido, Petrolina, p. 49, 1 ed., 2009.

RODRIGUES, J. F. H. Aditivos químicos em ensilagem e fenação de capim-tifton 85. *Tese* (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.

ROSEN, George. Uma história da Saúde Pública. São Paulo: Hucitec/Rio de Janeiro, 1994.

RIBEIRO, E. B., BARBOSA, P. S., DAMASCENO, A. C., CAVALCANTI, M. C. A., OLSZEWSKI, N. Efeitos da manipueira oriunda de lagoa de disposição sobre o solo no município de Araripina-PE. XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, São Pedro - SP, setembro de 2015.

RIBEIRO, R. M.; AMENDOLA, E. C.; ANDRADE, V. H. F.; MIRANDA, B. P. Utilização da cinza vegetal para calagem e correção de solos – um estudo de caso para a região metropolitana de Curitiba (rnc). *Agrarian Academy*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 02, n. 03, 2015.

SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FRISKE, E. Produtividade, composição botânica e valor nutricional do Tifton 85 nas diferentes estações do ano sob irrigação. *Irriga*, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas, p.221-232, 2016.

SANTOS, C. C. Cinza vegetal como corretivo e fertilizante para os capins marandu e xaraés. Dissertação - Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, MT, 2012.

SANTOS, E. F. Co-digestão anaeróbia com manipueira e esterco bovino visando a produção de biogás e biofertilizante. *Dissertação* – Programa de pós-Graduação em Agroenergia, 73 f., 2019.

SANTOS I. P. A.; PINTO J. C.; FURTINI NETO A. E.; MORAIS A. R.; MESQUITA E. E.; FARIA D. J. C.; ROCHA G. P. Frações de fósforo em gramíneas forrageiras tropicais sob fonte e doses de fósforo. *Ciência e Agrotecnologia*, 30:961-970, 2006.

SANTOS, M. V.; FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, F. A.; CARVALHO, A. J.; BRAZ, T. G. S.; CAVALI, J.; RODRIGUES, O. L. Tolerância do Tifton 85 ao Glyphosate em diferentes épocas de aplicação. *Planta Daninha – Viçosa, MG*, v. 28, n. 1, p. 131-137, 2010.

SANTOS, R. A.; MONÇÃO, O. P.; SILVA, B. S. O.; SANTOS, J. J. X.; BARROS, B. C.; SOUZA, A. X. Influência de substratos e bandejas para a produção de mudas de tomateiro rasteiro. *Cultivando o Saber*, Cascavel, v.6, n.1, p.95-102, 2013.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; JUNIOR, M. S. D.; COSTA, K. A. P.; CASTRO, M. B.; MAGALHÃES, E. N. Potencial de descompactação de um Argissolo promovido pelo capim-tifton 85. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 1, p. 39-45, 2010.

SILVA, A. C. M.. Estudo prospectivo dos resíduos gerados no processamento da mandioca. *Cad. Prospec.*, Salvador, v. 8, n. 2, p. 265-271, abr./jun. 2015.

SILVA, A. O.; SILVA, E. F. F.; KLAR, A. E. Manejo da fertirrigação e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 35, n. 2, p. 230-241, 2015.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p230-241/2015>

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análises de Alimentos - Métodos Químicos e Biológicos*. Viçosa: Imprensa Universitária, 2002.

SILVA, J.B.G. Uso de água residuária de bovinocultura de leite no cultivo da figueira (*Ficus carica* L.): efeitos no solo e na cultura. 2012. *Tese* (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2012.

SILVA, P. L.; OLIVEIRA, D. G.; MELO, M. C.; CAMARGO, D. D.; DRUMOND, L. C. D. Avaliação de parâmetros produtivos do capim vaqueiro fertirrigado com água residuária de agroindústria. *The Journal of Engineering and Exact Sciences – JCEC*, v. 04 n. 03, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.18540/jcecv14iss3pp0353-0358>

SILVA, S. C. *Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes*. Brasília – Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia, 2ª Ed., 627 p., 2009.

SILVA, S.; FERREIRA, F. F.; GATO, A. A. G. Efeitos de diferentes concentrações de 6-Benzilaminopurina no cultivo in vitro de *Manihot esculenta* Crantz. *Scientia Amazonia*, v. 4, n. 1, p.105-111, 2015.

SILVA, W. T. L. *Saneamento básico rural*. Embrapa, 68 p, Brasília, DF, 2014.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELLA, A. C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. *Revista Brasileira Zootecnia*, v.38, n.3, p.443-451, 2009.

SOARES, A. P. Produção e extração de nutrientes pelo capim-tifton 85 submetido à aplicação de dejetos líquidos de suíno. *Tese* – Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, 2016.

SOUZA, C. A.; GUIMARÃES, C. C.; VELASCO, G, D. N. Reaproveitamento de resíduos de poda e sua colaboração para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. 13 Seminário Internacional / *International Seminar* – NUTAU, 2020.

SOUZA, C. C. M. Avaliação do uso de esgoto doméstico tratado na irrigação do capim Tifton 85, Aquiraz – CE. *Dissertação*, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2009.

SOUZA, T.R.D., BÔAS, R.L.V., QUAGGIO, J.A., SALOMÃO, L.C.; FORATTO, L. C. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citrus. *Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília*, v. 47, n. 6, p.846-854, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v47n6/47n06a16.pdf>> Acesso em: 17 ago. 2017.

TAFFAREL, L. E.; MESQUITA, E. E.; CASTAGNARA, D. D.; GALBEIRO, S.; COSTA, P. B.; DE OLIVEIRA, P. S. R. Tifton 85 grass responses to different nitrogen levels and cutting intervals. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 37, n. 4, p. 2067-2083, 2016.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4p2067>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TAPPARO, S. A. Irrigação de precisão em diferentes variedades de gramíneas sob condição simulada de pastejo rotacionado em pivô central. *Dissertação*, ESALQ/USP, Piracicaba, 2008.

TILLEY, J. M.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *The Journal of the British Grassland Society*, 18(2), p. 104-111, 1963.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; PASSOS, R. R.; GONÇALVES, E. O. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 401- 409, 2013.

VAN SOEST, P. J. *Ecologia nutricional do ruminante*. Cornell University Press, 1994.

VIÇOSI, K. A.; AMORIM, A. B.; BRITO, M. A. S.; KARMANHAM, PELÁ, A. Comportamento do capim tifton 85 adubado com diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados. SEAGRO: Anais de Semana Acadêmica do Curso de Agronomia do CCAE/UFES, v. 2, n. 1, 2018.

VITA, W. S. A mandioca (*manihot esculenta*) como alternativa para alimentação da bovinocultura leiteira durante a estação seca. *Monografia* – Engenharia Agrônômica, Centro Universitário AGES, Paripiranga, 2021.