



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOMETRIA E ESTATÍSTICA APLICADA**

AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO DO CAPIM BUFFEL SUBMETIDO A DIFERENTES  
NÍVEIS DE SALINIDADE E ANÁLISE DE ÁREA FOLIAR COM PROCESSAMENTO DE  
IMAGENS

Luany Emanuella Araujo Marciano

RECIFE-PE  
FEVEREIRO DE 2022

LUANY EMANUELLA ARAUJO MARCIANO

AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO DO CAPIM BUFFEL SUBMETIDO A DIFERENTES  
NÍVEIS DE SALINIDADE E ANÁLISE DE ÁREA FOLIAR COM PROCESSAMENTO DE  
IMAGENS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, como requisito para obtenção do grau de Mestre.

**Área de concentração:** Biometria e Estatística Aplicada.

**Linha de Pesquisa:** Estatística Aplicada e Experimental

**Orientador:** Prof. Dr. Moacyr Cunha Filho  
**Coorientador:** Prof. Dr. Leandro Ricardo Rodrigues de Lucena

Recife-PE  
Fevereiro de 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- M319a Marciano, Luany Emanuella Araujo  
Avaliação de crescimento do Capim Buffel submetido a diferentes níveis de salinidade e análise de área foliar com processamento de imagens / Luany Emanuella Araujo Marciano. - 2022.  
50 f. : il.
- Orientador: Moacyr Cunha Filho.  
Coorientador: Leandro Ricardo Rodrigues de Lucena.  
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, Recife, 2022.
1. Desenvolvimento vegetal. 2. estatística experimental. 3. forragem. 4. salinidade. I. Filho, Moacyr Cunha, orient. II. Lucena, Leandro Ricardo Rodrigues de, coorient. III. Título

---

CDD 519.5

LUANY EMANUELLA ARAUJO MARCIANO

AVALIAÇÃO DE CRESCIMENTO DO CAPIM BUFFEL SUBMETIDO A DIFERENTES  
NÍVEIS DE SALINIDADE E ANÁLISE DE ÁREA FOLIAR COM PROCESSAMENTO DE  
IMAGENS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biometria e Estatística Aplicada.

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Moacyr Cunha Filho (Orientador)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

---

Prof. Dr. Leandro Ricardo Rodrigues de Lucena  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE/UAST

---

Prof. Dr. Victor Casimiro Piscoya  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

*Dedico este trabalho a minha família.*

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus, por estar sempre ao meu lado, dando força, discernimento e oportunidades para realização dos sonhos.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pela concessão do apoio financeiro, assim como todas as agências de fomento à pesquisa no Brasil, como CAPES e CNPq, que contribuem de forma substancial para o desenvolvimento da educação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, a Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao corpo docente, pela oportunidade do mestrado, ensinamentos e experiências para meu crescimento profissional.

Ao meu orientador, prof. Dr. Moacyr Cunha Filho, pela dedicação, empenho e total envolvimento na realização deste trabalho e na minha formação acadêmica durante o mestrado.

Ao prof. Dr. Leandro Ricardo Rodrigues de Lucena pelas ideias e parcerias.

À minha família, por todo amor e companheirismo, em especial a minha mãe Luciene, que é uma pessoa de sublime empatia, doçura e coragem, e meus irmãos Emanuell e Anny, que estiveram juntos diariamente, compartilhando todos os momentos e tornando a caminhada da vida mais leve.

Ao meu namorado Antônio Marcos, por sempre alegrar meus dias e me auxiliar no que for preciso, e toda sua família pelo carinho.

Aos colegas de curso, que mesmo sem contato presencial, colaboraram para melhor desempenho na condução do mestrado.

A Filipe Mendonça pelo apoio desde o meu ingresso na UFRPE até todo o desenvolvimento deste trabalho.

À banca examinadora, por disponibilizar tempo e dedicação para leitura deste trabalho, como forma de melhorar a minha formação.

Ao secretário Marco Antônio, por toda ajuda durante o curso e ao seu Lulinha pelo apoio durante a execução do experimento.

E a todos que contribuíram de alguma forma para essa pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

*“Mestre não é quem sempre ensina, mas quem de repente aprende”.*  
*“Só se pode viver perto de outro, e conhecer outra pessoa, sem perigo de ódio, se a gente tem amor. Qualquer amor já é um pouquinho de saúde, um descanso na loucura”.*  
*“Tudo que já foi, é o começo do que vai vir, toda a hora a gente está num cômputo”.*

*Guimarães Rosa*

## Resumo

Dentre as plantas forrageiras utilizadas em regiões semiáridas, destaca-se o capim Buffel, que possui características de resistência e recuperação rápida à seca prolongada, entretanto, poucos estudos indicam essa resistência à salinidade. Dessa forma, objetiva-se avaliar a relação do estresse salino e a dinâmica de crescimento, produção de massa verde e área do capim Buffel. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três níveis de salinidade da água de irrigação, e dez repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Foram feitas medidas de altura, corte e pesagem da massa verde em três períodos, com intervalos de 28 dias entre eles, e fotografia das folhas para análise no software *ImageJ* no último período. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Bartlett. Foi aplicado teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis e pós-teste de Dunn para valores que não seguiram a normalidade, e teste ANOVA e pós-teste de Tukey para aqueles que seguiram normalidade e homogeneidade. Utilizou-se o software estatístico R para processar as análises. Os resultados indicam que não houve diferença significativa da altura para os tratamentos com ou sem sal, logo, mesmo com adição de sal não houve interferência no crescimento, mas quando comparada em relação aos períodos, pode-se observar que o último período foi diferente dos demais, isso pode ser explicado por meio do vigor vegetativo da planta, pois quando é mais jovem possui multiplicação celular mais eficiente, mas à medida que vai sofrendo injúrias, o vigor é diminuído e o crescimento fica mais lento. Portanto, é provável que a utilização do capim Buffel em regiões semiáridas, que possuem águas com elevados teores de salinidade torne-se viável, apresentando-se como uma alternativa de forragem produtiva e resistente, necessitando apenas de manejo adequado para maior produtividade da pastagem.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento vegetal; estatística experimental; forragem; salinidade.

## **Abstract**

Among the forage plants used in semi-arid regions, Buffel grass is highlighted, which has characteristics of resistance and rapid recovery to prolonged drought, however, few studies indicate this resistance to salinity. Thus, the objective of this study was to evaluate the relationship between salt stress and the growth dynamics, green mass production and area of Buffel grass. The experiment was conducted in an entirely randomized design, with three levels of salinity of the irrigation water, and ten repetitions, totalizing 30 experimental units. Measurements of height, cutting and weighing of green mass were made in three periods, with intervals of 28 days between them, and photography of the leaves for analysis in ImageJ software in the last period. The data obtained were submitted to the Shapiro-Wilk normality test and Bartlett's homogeneity test. Kruskal-Wallis non-parametric test and Dunn post-test were applied for data that did not follow normality, and ANOVA test and Tukey post-test for those that followed normality and homogeneity. R statistical software was used to process the analyses. The results indicate that there was no significant difference in height for the treatments with or without salt, therefore, even with the addition of salt there was no interference in growth, but when compared in relation to the periods, it can be observed that the last period was different from the others, this can be explained by means of the vegetative vigor of the plant, because when it is younger it has more efficient cell multiplication, but as it suffers injuries, the vigor is diminished and growth becomes slower. Therefore, it is likely that the use of Buffel grass in semi-arid regions that have water with high salinity levels is feasible, presenting itself as an alternative forage that is productive and resistant, requiring only adequate management for greater pasture productivity.

**Keywords:** Plant development; experimental statistics; forage; salinity.

## Lista de Figuras

Figura 1. Mapa do Semiárido brasileiro.....	17
Figura 2. Mapa de localização do experimento no município de Recife-PE.....	29
Figura 3. Gráfico da precipitação pluviométrica das cidades de Recife e Serra Talhada nos meses do período experimental segundo dados da APAC. ....	31
Figura 4. Preparação dos vasos com solo proveniente do município de Serra Talhada	32
Figura 5. Corte de desbaste do capim Buffel .....	32
Figura 6. Medição de altura do capim (a), Secagem (b) e Pesagem do capim seco (c)	33
Figura 7. Imagem das folhas do capim Buffel para análise de área foliar no software <i>ImageJ</i> .....	34
Figura 8. Imagem das folhas do capim Buffel em escala preto e branco para contagem dos pixels pretos para determinação da área no software <i>ImageJ</i> .....	35
Figura 9. Boxplot da área do capim Buffel submetido aos tratamentos A, B e C. ....	41

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Modelo da tabela de análise de variância .....	26
Tabela 2. Dados descritivos de altura e massa verde do capim Buffel .....	36
Tabela 3. Normalidade de Shapiro-Wilk para os dados de altura e massa verde do capim Buffel.....	37
Tabela 4. Teste de Kruskal-Wallis para os valores de altura em função do tratamento .	37
Tabela 5. Teste de Kruskal-Wallis para os valores de altura em função do período .....	38
Tabela 6. Pós-Teste de Dunn para altura em função do período.....	39
Tabela 7. Homogeneidade de Bartlett para massa verde .....	39
Tabela 8. Análise de Variância (ANOVA) da massa verde em função dos tratamentos A, B e C.....	39
Tabela 9. Análise de Variância (ANOVA) da massa verde em função dos períodos 1, 2 e 3. ....	40
Tabela 10. Teste de Tukey para massa verde em função dos períodos 1, 2 e 3. ....	40
Tabela 11. Normalidade de Shapiro-Wilk para os dados de área do capim Buffel.....	42
Tabela 12. Teste de Kruskal-Wallis para os dados de área em função do tratamento ..	42
Tabela 13. Pós-Teste de Dunn para área em função do tratamento.....	43
Tabela 14. Correlação Área e Altura para os tratamento A, B e C.....	43
Tabela 15. Correlação Área e Massa Verde para os tratamento A, B e C .....	44
Tabela 16. Massa Seca do capim Buffel .....	45

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.2 OBJETIVOS .....	15
1.2.1 Objetivo Geral .....	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Região Nordeste do Brasil.....	16
2.1.1 Semiárido.....	16
2.2 Plantas Forrageiras .....	18
2.2.1 Capim Buffel .....	19
2.2.1.1 Crescimento vegetal .....	20
2.3 Disponibilidade de Água e Salinidade .....	21
2.4 Avaliação de área foliar através de imagens .....	23
2.5 Estatística Experimental .....	24
2.5.1 Normalidade de Shapiro-Wilk .....	24
2.5.2 ANOVA e Pós-teste de Tukey.....	25
2.5.3 Teste de Kruskal-Wallis .....	27
2.5.4 Correlação de Spearman .....	28
3. METODOLOGIA.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
5. CONCLUSÃO .....	47
6. REFERÊNCIAS .....	48

## 1. INTRODUÇÃO

O Nordeste Brasileiro ocupa uma área de 1.561.177,8 km<sup>2</sup> (18,27% do território nacional), grande parte dessa área é marcada pela semiaridez de caráter sazonal, no qual há uma grande variabilidade no índice pluviométrico, com precipitações variando de 280 e 800 mm/ano, as chuvas se concentram em períodos curtos, geralmente três ou quatro meses e as temperaturas são elevadas ao longo de todo o ano (SILVA, et al., 2020).

Com a escassez de águas superficiais e chuvas irregulares, é reduzido o volume de água doce, sendo assim, a pouca água existente é proveniente de fontes subterrâneas, muitas vezes, obtidas a partir da perfuração de poços artesianos que em sua maioria apresentam elevado nível de sais, as quais são caracterizadas como águas salobras (LIMA et al., 2020). Então, a utilização dessa água para irrigação da vegetação presente na região, torna-se também um desafio, tendo em vista que as plantas forrageiras além de possuírem resistência à seca, também devem possuir resistência a salinidade.

Altas concentrações de sais, principalmente o cloreto de sódio (NaCl), causam inibição na germinação e crescimento da planta, pois ocorre um desequilíbrio de íons e disponibilidade de minerais, o que reduz a divisão celular, logo, a identificação de culturas forrageiras tolerantes ao sal pode ajudar a lidar com a escassez de água de boa qualidade em muitas áreas, principalmente em regiões áridas e semiáridas, onde há maior concentração de reservas de água salina (SOARES et al., 2015).

Apesar das limitações edafoclimáticas, o Nordeste é uma região de grande potencial agropecuário. Para melhor desenvolvimento dessas atividades faz-se necessário o planejamento forrageiro, pois as forragens são fontes alimentares para animais herbívoros de interesse zootécnico, logo, para uma maior produtividade é necessário escolher a melhor planta a ser implementada na pastagem, conhecer o manejo, buscar formas de conservação para utilização em período seco, assim como, inserir tecnologias e mecanização no campo (NUNES et al., 2015).

As principais atividades econômicas do semiárido brasileiro estão na agricultura e pecuária, com produção de cana-de-açúcar, algodão, frutas, grãos, animais, leite e seus

derivados. Segundo o IBGE (2017), a região Nordeste do Brasil possui maior participação no número total de estabelecimentos de caprinos e ovinos, concentrando 92,8% do rebanho caprino e 65,6% de rebanho de ovinos, evidenciando assim um grande potencial produtivo da região.

A produção de ruminantes tem a forragem como principal fonte alimentar. Nas regiões semiáridas é ofertada pastagem nativa como principal alimento para os animais, contudo, no período de estiagem a produção vegetal é diminuída e a alimentação animal fica a base do material senescente e plantas lenhosas, muitas vezes insuficientes para completa nutrição e desenvolvimento do rebanho (DE PAULA; FERREIRA; VÉRAS, 2020). Com isso, torna-se necessário elaborar estratégias de convivência com a seca, para suprir as necessidades alimentares dos rebanhos nesse período. A inclusão de forragens exóticas resistentes a seca é uma alternativa para aumentar o potencial forrageiro (DE PAULA; FERREIRA; VÉRAS, 2020).

Dentre as plantas forrageiras utilizadas em regiões semiáridas, destaca-se o capim Buffel, pois possui uma série de características que proporcionam maior resistência e recuperação rápida após seca prolongada, pode ser utilizado em sistemas de pastejo contínuo, uma vez que sua biomassa permanece no campo sem perdas significativas, além de ser bem aceito pelos animais e de fácil implantação (MARANHÃO et al., 2019).

O capim Buffel tem sido introduzido com sucesso em muitas áreas tropicais e subtropicais para fins de pastejo, devido ao seu baixo custo de estabelecimento, altos rendimentos nutricionais, tolerância às condições de seca e pragas de pastagens, além da capacidade de resistir ao pisoteio ocasionado pelo pastoreio dos animais. Muitos autores afirmam que este capim é tolerante a seca, no entanto, poucos estudos indicam essa resistência à salinidade (RUIZ; TALEISNIK, 2013).

Entender o comportamento de crescimento e área foliar de uma forrageira sob estresse salino é uma forma de ampliar as opções de forragem para os pequenos e médios produtores da região, diminuindo potencialmente a perda de animais do rebanho em decorrência da falta de alimentos, principalmente no período seco.

O crescimento é o aumento irreversível do tamanho da planta, proporcionado pela multiplicação celular, e é influenciado por alguns fatores, como: disponibilidade de água, oxigênio, dióxido de carbono, temperatura, luz e dos nutrientes e minerais provenientes

do solo. Para analisar o crescimento, pode-se medir a altura ou o peso da massa produzida, com isso, é permitido avaliar variações de desenvolvimento de plantas submetidas a diferentes tratamentos (PEIXOTO; CRUZ; PEIXOTO, 2011).

Outro componente importante para análise de crescimento é a área foliar, existem diversos métodos, que variam com relação à retirada da folha na planta, custo e eficiência. Um dos métodos que vem demonstrando eficácia, praticidade e rapidez é o processamento de imagens por meio de softwares. Com a popularização de câmeras fotográficas digitais e de programas de processamento de imagens, muitos pesquisadores passaram a utilizar fotografias de alta resolução captadas com essas câmeras e processar esses arquivos com softwares. Um software bastante utilizado em diversas áreas é o *ImageJ* (BROEKE; PÉREZ; PASCAU, 2015).

Dessa forma, propõe-se avaliar a relação do estresse salino e a dinâmica de crescimento do capim Buffel, que é uma espécie forrageira bastante resistente a seca e adaptada a região semiárida.

## **1.2OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

- Analisar o desenvolvimento e área do capim Buffel submetido a estresse salino.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Utilizar processamento de imagens por meio do software *ImageJ* para estimar a área foliar do Capim Buffel;
- Determinar as características relacionadas à área foliar;
- Avaliar a altura e produção de matéria verde do capim Buffel através do tempo do estresse salino.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Região Nordeste do Brasil**

A região Nordeste foi a primeira região do Brasil a ser efetivamente ocupada pelos colonizadores, e local produtor de mercadorias que eram exportados para o continente europeu. Inicialmente, a produção de açúcar nas faixas litorâneas era mais expressiva, abrangendo depois para o agreste e sertão, com a pecuária, algodão e minerais preciosos. A partir disso, houve momentos de declínio econômico e a região deixou de ocupar o lugar de maior produtora, e juntamente com o fenômeno natural da seca, foram intensificadas as dificuldades de restabelecimento, mas ainda assim, é possível verificar alguns momentos em que a expansão das atividades no Nordeste foi superior à economia brasileira no geral (CARVALHO, 2018).

Essa região é marcada pela diversidade edafoclimática, ou seja, há uma variação do clima e solo a depender do local estudado. Nas áreas litorâneas o índice pluviométrico é alto, as temperaturas são altas e o solo é geralmente de média fertilidade; em regiões de brejo também há um elevado índice pluviométrico, as temperaturas são baixas e o solo é mais fértil; no semiárido, os níveis de chuva são menores, há maior escassez hídrica, pois as chuvas são irregulares e concentradas em um menor período de tempo, as temperaturas são altas e os solos são, em geral, pobres em nutrientes (LIMA et al., 2020).

A maioria dos municípios do Nordeste concentra-se no Semiárido, diante disso, as dificuldades associadas a esse ecossistema são observadas na região, como, a instabilidade climática, carência no uso de tecnologias adequadas e adaptadas às condições da área, desigualdade de renda, baixa escolaridade e falta de investimentos produtivos. Com isso, além da vulnerabilidade climática, observam-se maiores dificuldades de acesso a serviços básicos essenciais (água encanada, coleta de resíduos etc.), tornando assim o processo de geração de renda mais difícil (LEMOS, 2020).

#### **2.1.1 Semiárido**

O Semiárido Brasileiro é composto por 1.262 municípios (Figura 1), dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. Logo, todos os estados que compõem a região Nordeste

possuem pelo menos um município enquadrado como semiárido (SUDENE, 2017). Para ser caracterizado como semiárido, o município deve ter precipitação pluviométrica anual igual ou inferior a 800 mm, índice de aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50 e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

Figura 1. Mapa do Semiárido brasileiro.



Fonte: Sudene (2017)

Os solos da região Semiárida são predominantemente pouco desenvolvidos, compactados, não absorvem totalmente a água das chuvas, são rasos e pouco profundos, dificultando a formação de rios perenes. Além disso, devido ao desmatamento ocasionado por anos de extração dos recursos naturais, a vegetação também se tornou escassa, deixando o solo propenso à erosão mecânica. E assim, há uma maior propensão para os processos de enchentes, pois em momentos de chuva intensa não há drenagem suficiente da água no solo; e falta de água durante a seca, visto que não há

reservas de água doce suficientes (ARAÚJO, 2011).

A alta variabilidade interanual de precipitação, capacidade limitada para armazenamento de água subterrânea, em decorrência dos solos rasos, rapidez de evapotranspiração e precipitações concentradas em apenas três meses do ano, contribuem coletivamente para episódios recorrentes de seca na região semiárida. É comum ocorrerem episódios de seca que permanecem por anos no Nordeste brasileiro, no entanto, a caracterização destes eventos ainda não é bem definida (INOCÊNCIO et al., 2021).

A seca representa um dos fenômenos naturais mais importantes que ameaçam a segurança alimentar e hídrica em muitas partes do mundo. Um estudo realizado por Marengo et al., (2020), demonstrou que a seca extrema observada nos anos de 1983, 1998 e de 2012 a 2018 dificultou a produção de subsistência, reduzindo a renda e aumentando os preços dos produtos agrícolas.

De acordo com Lemos, (2020), 83% dos municípios que fazem parte do semiárido brasileiro atingem valores de produto interno bruto (PIB) *per capita* de no máximo um salário mínimo. É notório que há desigualdade na distribuição dos recursos financeiros, no qual, a maior parte da população possui renda insuficiente para aumentar o desenvolvimento pessoal e econômico, enquanto a minoria possui renda superior a um salário mínimo.

As regiões que são caracterizadas pelo clima semiárido, vêm sofrendo danos ambientais e são afetadas pela sazonalidade, o que limita o potencial produtivo de vegetações com bom valor nutricional, influenciando assim na manutenção dos rebanhos, especialmente no período de seca. No entanto, o clima semiárido não é só observado no Nordeste brasileiro e no estado de Minas Gerais, mas abrange também partes da América do Norte, África, Europa e Oceania. Sendo assim, há um crescente interesse em expandir o conhecimento sobre plantas forrageiras adaptadas a essas áreas, e buscar estratégias e convivência em situações de adversidade (NUNES et al., 2015).

## **2.2 Plantas Forrageiras**

Plantas forrageiras são culturas de baixo custo e podem ser oferecidas aos animais durante o pastejo na forma natural ou conservadas (feno ou silagem), é fonte

alimentar para animais herbívoros e onívoros, com destaque para os ruminantes na área da produção animal. Existem forrageiras que são recomendadas para cada tipo de região, assim como sua forma de uso e os propósitos desejados na alimentação da espécie animal específica (BUENO; ROCHA, 2018).

No semiárido, a atividade agropecuária é realizada de maneira extensiva, com baixo nível tecnológico e falta de técnicas adequadas de manejo dos solos, plantas e animais. Sendo assim, o estudo dos aspectos climáticos local, de plantas com material genético promissor e dos indicadores de fertilidade do solo são essenciais para a produção eficiente de forragens na região (BUENO; ROCHA, 2018).

Conhecendo o local de estabelecimento das pastagens e os objetivos a serem alcançados, torna-se necessário a realização de um planejamento forrageiro. Para isso, é preciso identificar qual a melhor espécie forrageira a ser implantada, quais as suas necessidades de rega e de fertilidade, quanto essa forragem é capaz de produzir e quais os animais são indicados para essa alimentação. Além disso, é fundamental saber manejar bem o pasto para que se aumente sua vida útil. O manejo das pastagens tem por finalidade obter produção de forragem mais eficiente, melhorando a produtividade animal através do seu uso racional (DE PAULA; FERREIRA; VÉRAS, 2020).

### **2.2.1 Capim Buffel**

Dentre as plantas cultivadas em regiões mais secas, destaca-se o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*), originária da África, Índia e Indonésia, é uma das gramíneas forrageiras que serve de base para exploração pecuária no Semiárido brasileiro, espécie perene, com boa capacidade de rebrota, porte variando de 0,6 a 1,5 m de altura, dependendo da variedade ou cultivar<sup>1</sup>, apresenta tolerância à seca, podendo resistir a longos períodos de estiagem e baixos índices pluviométricos (ALVES; REIS; NETO, 2015).

O capim-buffel apresenta características favoráveis à sua implantação e persistência as condições edafoclimáticas existentes no semiárido brasileiro, sendo uma alternativa forrageira de excelente qualidade para a região. A propagação da planta é por meio de sementes, o enraizamento é profundo, propiciando resistência a queima,

---

<sup>1</sup> Cultivares: espécies de plantas que foram melhoradas devido à alteração ou introdução, pelo homem, de uma característica que antes não possuíam (Lei nº 9.456/1997).

estresse hídrico e altas temperaturas, o crescimento é rápido, além de apresentar bom valor nutritivo e alta digestibilidade da matéria seca e proteína bruta para alimentação animal (COUTINHO et al., 2015).

### **2.2.1.1 Crescimento vegetal**

A principal função das plantas é interceptar a luz solar através das folhas, que absorvem CO<sub>2</sub> e produzem O<sub>2</sub> como resultado da fotossíntese, e absorver água e nutrientes do solo através das raízes. As plantas forrageiras sofrem injúrias frequentes, por meio do corte mecânico ou pastejo pelos animais, logo a área foliar é reduzida. Isso diminui a quantidade de luz interceptada, e conseqüentemente todos os outros processos relacionados ao crescimento (BELTRÁN-LÓPEZ et al., 2005).

O crescimento vegetativo das plantas depende da cultivar implantada e condições ambientais, como mudanças de temperatura, estresse hídrico e fertilidade do solo local também podem interferir na formação da espécie. Sendo assim, a união dos fatores ambientais e genéticos determinam as características estruturais das pastagens, tamanho da folha, densidade e número de folhas por perfilho (COUTINHO et al., 2015)

A folha é um dos órgãos mais importante das plantas, é responsável pela conversão de energia solar em energia biológica por meio da fotossíntese. São encontrados diversos tipos de folhas na natureza, podendo ser mais largas ou mais finas, compostas ou simples e com diversos tipos de textura. Tamanho da folha, número, características funcionais e capacidade fotossintética estão intimamente relacionados ao seu desenvolvimento (HUANG et al., 2019).

No processo de herbivoria ou corte mecânico é retirado parte foliar da planta, e conseqüentemente, diminui-se o acúmulo de forragem devido a necessidade de maior tempo para recuperação da folha. É fundamental que se conheça os limites de altura de corte que a planta pode sofrer e tornar propícia sua recuperação. Para o capim Buffel foi registrado que o maior rendimento e crescimento foliar ocorre quando cortado a 10 cm de altura (BELTRÁN-LÓPEZ et al., 2005). Quando cortado a uma altura inferior pode ocorrer crescimento mais lento, e quando cortado mais tardiamente pode acumular mais material senescente, devido ao sombreamento das folhas superiores nas inferiores, o que reduz a taxa de fotossíntese por unidade de área.

Além das folhas, outra estrutura importante para o crescimento das plantas é o sistema radicular, que é responsável por fixar a planta ao solo e pela absorção de água, nutrientes e sais minerais. Sendo assim, plantas com raízes mais profundas são capazes de aproveitar melhor os nutrientes (como nitrogênio e fósforo) que seriam lixiviados, da forma que acontece com plantas de enraizamento superficial. O capim-buffel possui enraizamento profundo que permite acessar maiores reservas de água ao longo do perfil do solo, e assim resistir aos períodos de seca, pois como órgãos vivos, as raízes são capazes de perceber qualquer mudança no ambiente e ativar processos de adaptação (POTOCKA; SZYMANOWSKA-PULKA, 2018).

Sabendo que as raízes têm função de absorção de água e que sua qualidade pode interferir no desempenho, é importante que se estude esse recurso e definam-se os níveis de estresse que a planta pode suportar em condições semiáridas.

### **2.3 Disponibilidade de Água e Salinidade**

A água é o solvente universal essencial para o desenvolvimento da vida. Sua deficiência mínima pode causar a morte de animais e vegetais, dado que estes possuem a água como elemento em maior proporção para sua formação. Nos sistemas agrícolas, a disponibilidade de água para as plantas é essencial, pois esse recurso faz parte de vários processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem diariamente na natureza (BONETTI; FINK, 2020).

A disponibilidade de água na região semiárida está atrelada a uma série de fatores, que juntos, corroboram para situação de escassez das águas superficiais, são esses: formação geológica da região, baixa densidade de rios, elevadas taxas de evapotranspiração, irregularidade e baixos níveis de precipitação pluviométrica. Na perspectiva da hidrologia, a região Nordeste é dividida em duas grandes unidades: o embasamento cristalino, que é constituído de rochas ígneas e metamórficas, impermeáveis, pouco profundas, o que resulta em baixa capacidade de armazenamento de água, e rios de regime intermitente e de rápido escoamento; e as bacias sedimentares, que são formadas por rochas impermeáveis, solos profundos, com capacidade de infiltração, rios perenes e armazenamento de água em extensos lençóis profundos (AUDRY; SUASSUNA, 1995).

Com rápido crescimento da população humana e conseqüente diminuição de recursos naturais, em especial a água, problemas de salinidade nas produções agrícolas tendem a aumentar, logo, os produtores são coagidos a utilizar água de má qualidade para irrigação, que submete as plantas a mudanças bioquímicas. O estresse salino, por sua vez, retarda a germinação, causa atrofia no crescimento, mortalidade de mudas e reduz o rendimento (AL-DAKHEEL; IFTIKHAR HUSSAIN; ABDUL RAHMAN, 2015).

A economia do semiárido se dá principalmente por meio da agricultura familiar, e como há escassez de água doce, os agricultores utilizam água subterrânea, obtidas em poços, mas que apresentam elevados níveis salinos, permitindo assim a irrigação dos cultivos agrícolas também no período de seca. (LIMA et al., 2020). Porém, o uso de água com altos níveis de sal, deve ser feito com cuidado para não causar o processo de salinização.

A salinidade pode ser medida de diferentes maneiras, que dependem do método ou propósito de mensuração, sendo expressa pela condutividade elétrica (CE), dada em  $\text{dS.m}^{-1}$  ou  $\text{mS.m}^{-1}$  (a letra S refere-se a Siemens, unidade do Sistema Internacional de Unidades que mede condutância elétrica); total de sólidos dissolvidos (TSD) expressa em  $\text{mg.L}^{-1}$ , que é a quantidade de sais por litro de água; e as concentrações totais de cátions solúveis (TSC) e ânions (TSA) expressas em  $\text{mol}_{(c)}.L^{-1}$  (WALLENDER; TANJI, 2011).

Não existe uma relação exata entre essas mensurações, mas, pode-se obter o valor da condutividade elétrica aproximada multiplicando-se o total de sólidos dissolvidos pelo fator 640 para amostras menos salinas e o fator 800 para amostras mais salinas. Sendo assim, torna-se mais fácil classificar o risco de salinidade (WALLENDER; TANJI, 2011).

A salinidade pode ser dividida em quatro classes: classe C1, de risco baixo, no qual a Condutividade Elétrica (CE) é inferior a  $250 \text{ mS.cm}^{-1}$ ; classe C2, risco moderado, CE entre  $250 \text{ mS.cm}^{-1}$  e  $750 \text{ mS.cm}^{-1}$ ; classe C3, risco médio, CE entre  $750 \text{ mS.cm}^{-1}$  e  $2250 \text{ mS.cm}^{-1}$  e classe C4, risco alto, CE entre  $2250 \text{ mS.cm}^{-1}$  e  $5000 \text{ mS.cm}^{-1}$ . A irrigação com CE acima de  $5000 \text{ mS.cm}^{-1}$  já se torna extremamente difícil (AUDRY; SUASSUNA, 1995). Então, quando feita avaliação de plantas submetidas ao estresse salino, é mais

fácil entender os efeitos causados e conhecer o nível de estresse que não afete o desenvolvimento vegetativo.

## **2.4 Avaliação de área foliar através de imagens**

Para compreender as variadas características relacionadas ao crescimento da planta, tais como, razão de área foliar, área foliar específica, razão de massa foliar e índice de área foliar, utiliza-se uma importante ferramenta que é a determinação de área foliar. Trata-se de um indicativo de produtividade que auxilia nos processos de irrigação, aplicação de defensivos agrícolas e fertilização (DE CARVALHO et al., 2017).

Existem diversos métodos para se medir a área foliar, que variam com relação à retirada da folha na planta, custo e eficiência, tais como: uso de medidores eletrônicos; técnicas de planimetria, que consiste em contornar a folha sobre papel milimetrado; métodos de regressão e a utilização de imagens digitais, que é obtida através de câmeras digitais, de modo rápido e simples, e tem demonstrado ótimos resultados para predição da área foliar real da planta (DE CARVALHO et al., 2017).

Com a popularização de câmeras fotográficas digitais e de programas de processamento de imagens, muitos pesquisadores passaram a utilizar fotografias de alta resolução captadas com essas câmeras e processar esses arquivos em softwares. Um software bastante utilizado em diversas áreas é o *ImageJ*, versátil e de código aberto, desenvolvido para o processamento e análise de imagens. A interface principal contém ferramentas básicas para carregar, visualizar, processar e exportar imagens e dados. (BROEKE; PÉREZ; PASCAU, 2015).

Para mensurar a área foliar a partir de imagens digitais no *ImageJ* é preciso seguir algumas etapas, são essas: o processamento da imagem para separar a imagem da folha do fundo da foto; definir a escala usando uma distância conhecida na imagem; estimar a área da folha a partir da contagem de pixels e da escala de calibração; baixar os dados da área foliar de cada imagem para um arquivo de dados e agrupar o valor estimado em único arquivo para análises subsequentes (KATABUCHI, 2015).

O *ImageJ* usa uma medição de contagem de pixels para calcular a área foliar e as imagens podem ser capturadas através de câmeras de aparelhos celulares sem que haja diminuição da qualidade da imagem, além disso, o tempo necessário para captura e análise da área foliar por meio do software, é consideravelmente menor, quando

comparado a métodos tradicionais de scanner de mesa (EASLON; BLOOM, 2014). Posto isso, o próximo passo é analisar estatisticamente os dados obtidos mediante análise no software.

## **2.5 Estatística Experimental**

A estatística experimental utiliza a análise de dados para testar as hipóteses científicas em um estudo. Para isso, existem alguns princípios básicos que regem os procedimentos de experimentação, tais como: repetição, casualização e controle do local. Na repetição, admite-se que existe maior precisão quando as estimativas são realizadas com maior número de repetições, pois essas atendem, com maior efetividade, as variações da área experimental. Na casualização, as amostras são distribuídas de forma casual (aleatoriamente), evitando o favorecimento ou desfavorecimento de algum tratamento. E o controle do local é fundamental para a redução do erro experimental, bem como para obter estimativas não tendenciosas das médias dos tratamentos (CAVALCANTE; GOMES, 2021).

Ao dar início a um experimento é preciso traçar um plano, formular hipóteses e verificá-las. Faz-se necessário adotar um delineamento experimental para indicar a forma que os tratamentos serão organizados. Existem vários tipos de delineamento, os mais amplamente utilizados em ciências agrárias são o inteiramente casualizado (DIC), delineamento em blocos casualizados (DBC), delineamento em quadrado latino (DQL), dentre outros. A escolha do delineamento adequado irá depender da situação experimental, tratamento, quantidade e qualidade das amostras e o número de repetições (CAVALCANTE; GOMES, 2021). Ao obter os dados do experimento, testes de normalidade e homogeneidade precisam ser realizados para identificar o comportamento que permita fazer a escolha do teste estatístico adequado.

### **2.5.1 Normalidade de Shapiro-Wilk**

Em linhas gerais, os testes de normalidade permitem que o pesquisador possa determinar se um conjunto de dados é modelado adequadamente por uma distribuição Normal. Além disso, a normalidade também é um pré-requisito para saber se a estatística utilizada deverá ser paramétrica ou não paramétrica (TORMAN; COSTER; RIBOLDI, 2012).

Existem alguns testes de normalidade que podem ser aplicados aos dados, dentre eles o Teste de Shapiro-Wilk, que foi publicado em 1965 por Samuel Shapiro e Martin Wilk, é utilizado para verificar se os dados seguem a distribuição normal, sendo o mais indicado quando o tamanho da amostra é menor que 50. O teste de Shapiro-Wilk considera como hipótese nula ( $H_0$ ), aquela em que a amostra foi retirada de uma população normalmente distribuída, sendo obtido pela divisão entre o quadrado da combinação linear apropriada dos valores ordenados da amostra e a variância simétrica estimada (FONTELLES, 2012).

A normalidade de Shapiro-Wilk é dada pela seguinte equação:

$$W_{calc} = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_{(i)} - \bar{x})^2} \quad (1)$$

Em que,  $W_{calc}$  é o valor da estatística calculada;  $x_i$  são valores da amostra ordenados;  $\bar{x}$  é a média dos valores, e a constante  $b$  é determinada da seguinte forma:

$$b = \sum_{i=1}^{n/2} a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i), \text{ se } n \text{ for par,}$$

$$b = \sum_{i=1}^{(n+1)/2} a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i), \text{ se } n \text{ for ímpar.}$$

Assim, se o valor de  $W_{calc}$  for menor que o valor crítico, obtido na tabela dos valores críticos para o teste de Shapiro-Wilk, em função do tamanho da amostra ( $n$ ) e do nível de significância preestabelecido, rejeita-se a hipótese  $H_0$  e conclui-se que os dados não seguem a distribuição normal; caso contrário, aceita-se  $H_0$ . Também, pode-se observar o p-valor, que, caso seja maior que o nível de significância adotado ( $P > 0,05$ ), aceita-se a hipótese de que existe normalidade dos dados (FONTELLES, 2012).

### 2.5.2 ANOVA e Pós-teste de Tukey

A análise de Variância (ANOVA) compara todas as médias de um experimento em um único teste. Objetiva-se comparar grupos e identificar se existe pelo menos uma

diferença estatisticamente significativa. Se houver diferença, aplica-se pós-teste para verificar onde a variação ocorreu (FERREIRA; ROCHA; MEQUELINO, 2012).

Para que os dados possam ser submetidos a um teste de análise de variância, é necessário que as variáveis do estudo sejam independentes, normalmente distribuídas na população e homogêneas. Com isso, segue-se com a formulação das hipóteses estatísticas; escolha do nível de significância; realização dos cálculos de graus de liberdade; soma de quadrado total; soma de quadrado de tratamento; soma de quadrado de resíduos; quadrado médio do tratamento; quadrado médio do resíduo; e o valor do teste F, como pode ser observado na Tabela 1, em que “I” é o número de tratamentos e “J” é o número de repetições.

Tabela 1. Modelo da tabela de análise de variância

Fontes de Variação	Graus de Liberdade (gl)	Soma dos Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	F <sub>calc</sub>
Tratamento	I-1	SQT	SQT/(I-1)	QMT/QMR
Resíduo	I(J-1)	SQR	SQR/[I(J-1)]	
Total	IJ-1	SQ Total		

Fonte: Adaptado de Fontelles, 2021.

A soma dos quadrados de tratamentos, soma de quadrados de resíduos e soma de quadrados total são dadas pelas respectivas fórmulas:

$$SQT = \frac{1}{J} \sum_{i=1}^{I,J} T_i^2 - C$$

$$SQR = SQT - SQT_{trat} = \left( \sum_{i=1}^{I,J} Y_{ij}^2 - C \right) - \left[ \sum_{i=1}^{I,J} \left( \frac{T_1^2}{J_1} + \frac{T_2^2}{J_2} + \dots + \frac{T_i^2}{J_i} \right) - C \right]$$

$$SQ \text{ Total} = \sum_{i=1}^{I,J} Y_{ij}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{I,J} Y_{ij})^2}{IJ} = \sum_{i=1}^{I,J} Y_{ij}^2 - \frac{(G)^2}{IJ} = \sum_{i=1}^{I,J} Y_{ij}^2 - C$$

Dessa forma, aplica-se a regra de decisão, no qual, se o valor de F calculado for menor que o F tabelado, não rejeita-se a hipótese nula, mas se o F calculado for maior ou igual ao F tabelado, rejeita-se a hipótese nula, e conclui-se que existe pelo menos uma diferença entre as médias analisadas e se aplica um dos testes de comparações múltiplas (FONTELLES, 2012).

Dentre os testes mais utilizados para comparação de médias, destaca-se o teste de Tukey, que tem como base a diferença mínima significativa (d.m.s) entre as médias comparadas, logo, para que se considere a diferença entre as médias, o valor da diferença deve ser maior ou igual a d.m.s (FONTELLES, 2012).

A estatística do teste de Tukey, para amostras com mesmo número de elementos, é dada por:

$$d.m.s = q_{\alpha;k;glresíduo} \sqrt{\frac{QMR}{n}} \quad (2)$$

Em que,  $q_{\alpha;k;glresíduo}$  é a amplitude total estudentizada obtida na tabela de valores críticos,  $QMR$  é o quadrado médio da variação residual, e  $n$  é o número de elementos submetidos a cada tratamento.

### 2.5.3 Teste de Kruskal-Wallis

Uma alternativa quando os pressupostos de normalidade e homogeneidade dos dados não forem seguidos, é fazer uso da estatística não paramétrica. O teste de Kruskal-Wallis é o método não-paramétrico alternativo à ANOVA de um fator, sendo utilizado nos casos em que as suposições exigidas pela ANOVA não são atendidas. Conhecido também como teste  $H$  tem como objetivo comparar três ou mais amostras independentes, do mesmo tamanho ou de tamanhos desiguais, cujos escores são mensurados em nível ordinal (por postos), do menor ao maior valor (FERREIRA; ROCHA; MEQUELINO, 2012)

O teste envolve o cálculo cuja distribuição é testada contra a hipótese de nulidade. No caso de experimentos onde o número de grupos é pequeno, a significância estatística é verificada com a utilização da tabela de valores críticos da distribuição  $H$  de Kruskal-Wallis, a qual fornece os valores críticos para  $H$ . No caso de grandes amostras, ou quando mais de cinco grupos ( $k > 5$ ) são comparados, a estatística  $H$  tem uma boa aproximação com a distribuição do qui-quadrado ( $X^2$ ), neste caso, o valor  $H_{calc}$  é

comparado com o valor crítico tabelado  $X^2$  com  $(k - 1)$  graus de liberdade (KRUSKAL; WALLIS, 1952).

A estatística do teste de Kruskal-Wallis é dada por:

$$H_{\text{calc}} = \left( \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} \right) - 3(N+1) \quad (3)$$

Em que  $n$  é o número de dados em todos os grupos,  $N$  é o tamanho de cada amostra ou número de sujeitos em cada grupo e  $\sum R_j$  é a soma dos postos de cada amostra, dividido por  $n_j$ , que são a soma dos tamanhos amostrais.

Assim, se o resultado do teste H não é estatisticamente significativo, nenhum outro teste adicional será necessário, uma vez que estima que todas as medidas sejam estatisticamente semelhantes. Entretanto, se ocorrer uma diferença entre as médias das amostras, o teste H não indicará quais destas médias são diferentes entre si, sendo necessária a utilização do teste de Dunn (1964), para detectar onde ocorrem as diferenças. O teste de comparações múltiplas de Dunn também é conhecido como pós-teste de Dunn ou teste *post-hoc* de Dunn, é utilizado após o teste de Kruskal-Wallis, se e somente se a hipótese nula for rejeitada.

#### 2.5.4 Correlação de Spearman

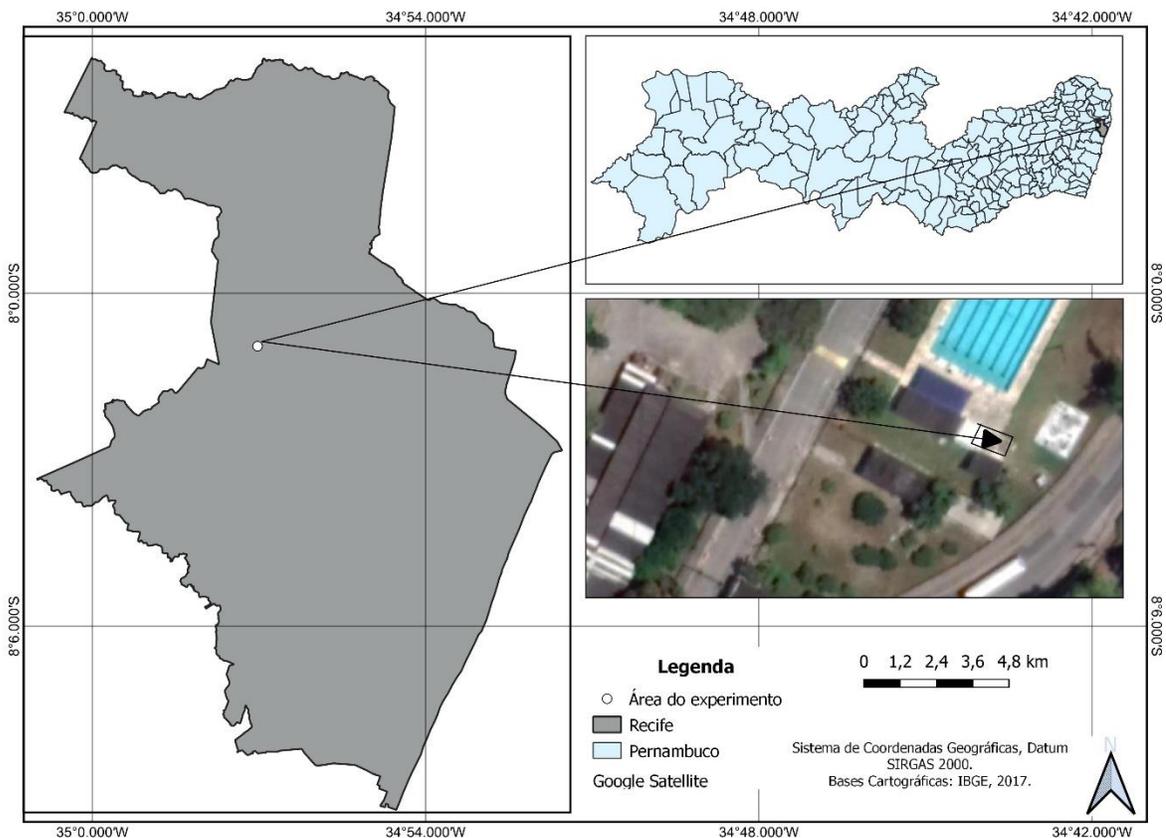
As análises de correlação são utilizadas quando se tem por objetivo avaliar a força da relação entre duas variáveis contínuas ou ordinais, sendo consideradas para realização dessa análise apenas as variáveis dependentes. Com a realização da estatística do teste, é possível determinar através da comparação entre o nível de significância adotado e o p-valor resultante da análise, se a correlação é significativa (FONTELLES, 2012).

A correlação de Spearman, é uma medida não paramétrica similar a correlação de Pearson. Para isso, é feito a comparação do nível de significância adotado com o p-valor resultante, e caso haja significância, avalia-se o sentido e intensidade da correlação em intervalo de -1 a 1. Quanto mais próximo dos extremos, mais forte a correlação, e quanto mais próximo de zero, mais fraca a correlação (FONTELLES, 2012).

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), durante o período de setembro de 2020 a março de 2021, no município de Recife-PE (Figura 2). O clima é tropical, com classificação Aw de acordo com a classificação de Koppen e Geiger e a temperatura média anual é de 25,7 °C. Tem uma pluviosidade média anual de 988 mm. Para uma maior aproximação das características de semiárido, a coleta de solo foi realizada no município de Serra Talhada e o plantio foi realizado no período do verão, no qual os índices de chuva são menores.

Figura 2. Mapa de localização do experimento no município de Recife-PE



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

O solo utilizado na pesquisa foi proveniente da área experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), localizada sob as coordenadas geográficas 07° 57' 01" S e 38° 17' 53" O, com altitude aproximada de 523 m, situada no município de Serra Talhada, Microrregião do Sertão do

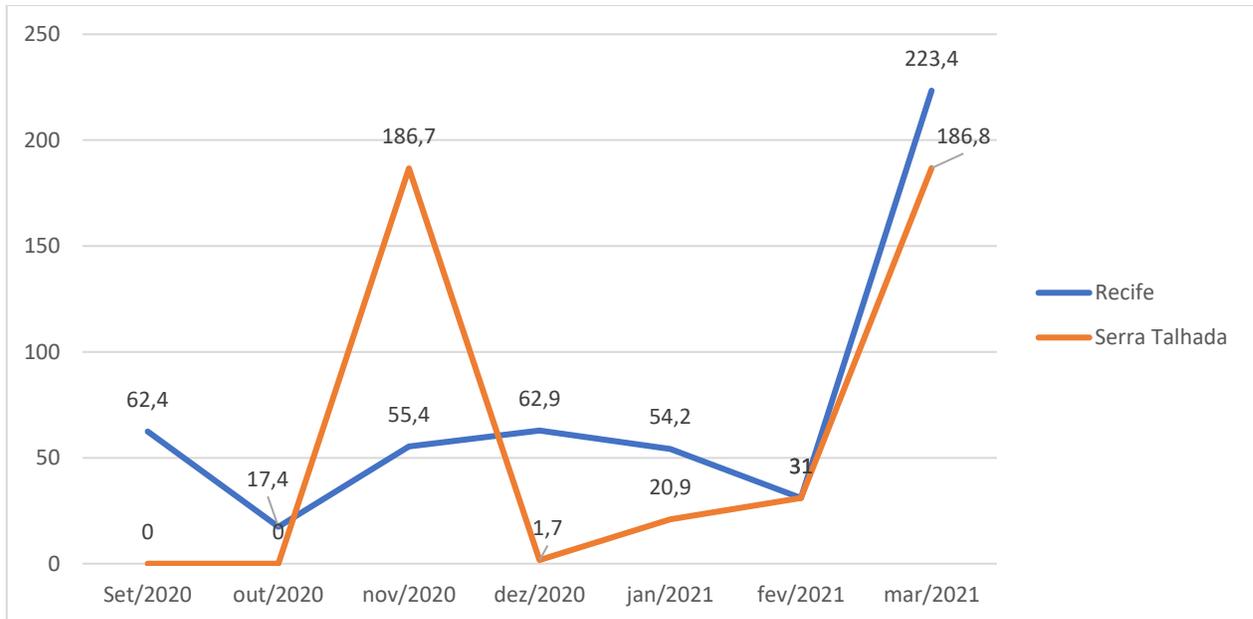
Pajeú, Mesorregião do Sertão Pernambucano. Coletado na profundidade de 0-20 cm do perfil, destorroado, submetido ao revolvimento para secagem ao ar, homogeneizado e acondicionado em vasos plásticos, perfurados no fundo para drenagem da água de irrigação. Foi classificado como Cambissolo Háplico descrito de acordo com a classificação da Embrapa (2006).

A utilização de solo proveniente do município de Serra Talhada se justifica pela tentativa de aproximação das condições de semiárido, no qual há maior afinidade da escolha do capim Buffel para implantação de pastagens, além de ser um local de bom desenvolvimento do capim, devido suas características adaptativas às secas prolongadas e solo relativamente pobre em nutrientes.

De acordo com a APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima), durante o período do experimento o valor acumulado pluviométrico em Recife-PE foi de 595,7 mm, compreendendo os meses de primavera e verão, que são menos chuvosos na região. Em Serra Talhada-PE esse valor foi de 518,8 mm. O clima do município é semiárido do tipo Bsh. A temperatura média anual é de 26,1 °C e a pluviosidade anual é de 448 mm. Sendo assim, para este período houve semelhança nos dados pluviométricos entre os dois municípios.

Como pode ser observado na Figura 3, a precipitação das cidades de Recife e Serra Talhada se apresentam de maneira distinta. Em Recife existe uma certa linearidade, e a precipitação tende a aumentar com o passar dos meses. Em Serra Talhada existe uma maior variação, nos meses de setembro e outubro o índice de chuva é nulo, mas, em novembro esse valor aumenta de forma significativa, voltando a diminuir nos meses subsequentes, tendo um novo aumento no mês de março.

Figura 3. Gráfico da precipitação pluviométrica das cidades de Recife e Serra Talhada nos meses do período experimental segundo dados da APAC.



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em três níveis de salinidade da água de irrigação, com dez repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Para obtenção dos níveis salinos foram acrescentados na água, sais de cloreto de sódio (NaCl) nas concentrações de 0, 1 e 2 g/L, sendo a concentração zero sem sal. Para concentração de 0 g/L o risco é baixo, a Condutividade Elétrica (CE) é inferior a  $2,5 \text{ dS.cm}^{-1}$ , sendo assim classificado como classe C1, a concentração 1 g/L tem CE de aproximadamente  $7,5 \text{ dS.cm}^{-1}$  e pertence a classe C2, onde o risco é moderado, e a concentração 2 g/L possui CE em torno de  $22,5 \text{ dS.cm}^{-1}$  e é pertencente a classe C3, de risco médio.

Na Figura 4, pode-se observar a preparação para plantação do capim. As sementes capim Buffel foram plantadas em 30 vasos com capacidade de 7 litros. Colocou-se 3,5 kg de solo seco ao ar, e a semeadura realizada com 10 sementes por vaso.

Figura 4. Preparação dos vasos com solo proveniente do município de Serra Talhada



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Após o brotamento e crescimento das plantas na altura média de 60 cm, foi feito o desbaste para uniformizar as amostras e dar início ao tratamento (Figura 5). Realizou-se corte, uniformizando os comprimentos em 10 cm. Logo após, o capim Buffel foi submetido a três níveis diferentes de salinidade, sendo o nível zero (água disponível), nível 1 (1 g por litro) e nível 2 (2 g por litro). Os vasos com as plantas recebiam água dia sim, dia não, na quantidade de 500 ml cada, com respectivo tratamento.

Figura 5. Corte de desbaste do capim Buffel



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

A cada 28 dias aferiu-se a altura em todas as unidades experimentais com auxílio de uma trena, seguido de corte das plantas a 10 cm. Pesou-se a massa verde produzida por meio de balança digital. A massa verde foi secada por um processo adaptativo de exsiccatas, no qual as folhas eram envolvidas em folhas de jornal e papelão, colocadas ao sol por três dias até secarem completamente (Figura 6). Após a secagem, o material foi pesado novamente para verificar a quantidade de água perdida. A partir da porcentagem de umidade, calculou-se a massa seca do capim.

A altura da planta foi determinada pela distância da base de solo no vaso até a ponta das folhas. A massa verde foi obtida pela soma do acúmulo de massa da forragem a cada corte, e a massa seca foi determinada ao final de cada período de avaliação para folhas.

Figura 6. Medição de altura do capim (a), Secagem (b) e Pesagem do capim seco (c)



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Foram feitos três cortes durante o processo, portanto, três medições. Ao final foram retiradas dez folhas de cada unidade experimental para realização de fotografia com câmera de 13 megapixels. As imagens em formato PNG foram analisadas utilizando o software *ImageJ*, no sistema Windows 10 (64 bits), com Java pré-instalado.

Após a instalação, foi feita calibração do software com uso de papel milimetrado nas dimensões 5 cm x 5 cm, procedimento esse necessário na obtenção de uma área de

referência, de modo que seja possível saber quantos pixels ali existem, e assim determinar proporcionalmente a área da lâmina foliar. E então, foi feito um tratamento digital das imagens, para transformar a foto em escala preto e branco e contar os pixels pretos para determinar a área.

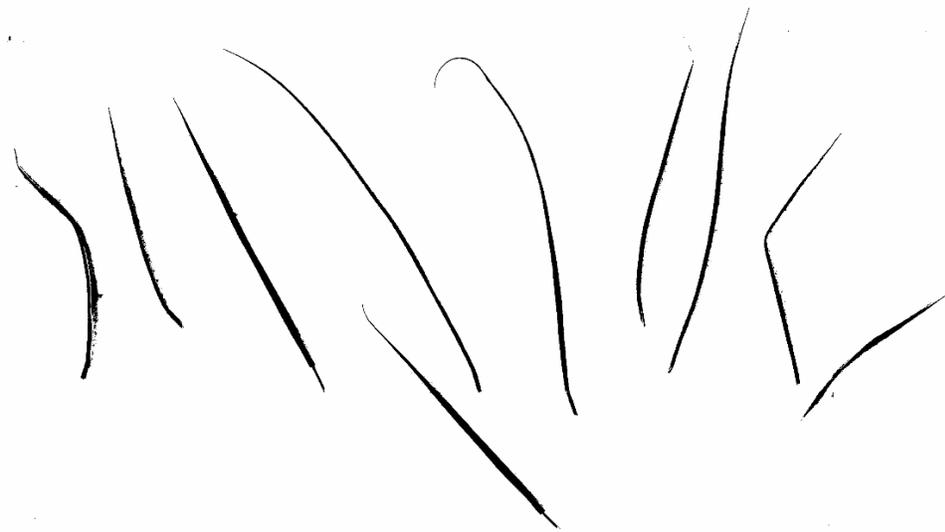
Na Figura 7 é possível visualizar a imagem do capim Buffel na forma original para análise da área foliar no software *ImageJ*. E na Figura 8, a mesma foto do capim, em escala preto e branco, para contagem dos pixels e transformação para  $\text{cm}^2$ , que foi a unidade de área adotada, em que cada área em preto representava uma área, sendo assim, a área era dada para cada folha presente na imagem.

Figura 7. Imagem das folhas do capim Buffel para análise de área foliar no software *ImageJ*



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Figura 8. Imagem das folhas do capim Buffel em escala preto e branco para contagem dos pixels pretos para determinação da área no software *ImageJ*



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Os resultados obtidos foram expressos por média e desvio padrão e submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Bartlett. Foi aplicado teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis e pós-teste de Dunn para alguns dados que não seguiram a normalidade e teste ANOVA e pós-teste de Tukey para aqueles que seguiram normalidade e homogeneidade. Foi adotado nível de 5% de probabilidade para rejeição da hipótese de nulidade, e utilizou-se o software estatístico R para processar as análises.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são representados os dados descritivos de altura e massa verde do capim Buffel. Foram utilizados os parâmetros de média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação (CV), com finalidade de entender como se dá o comportamento dessas variáveis de acordo com os períodos (1, 2 e 3) e tratamentos aplicados, sendo A, tratamento sem adição de sal, B, adição de 1g de sal por litro, e C, adição de 2g de sal por litro. Pode-se observar que os valores das médias vão diminuindo ao longo dos períodos, tanto para altura, quanto para massa verde.

Tabela 2. Dados descritivos de altura e massa verde do capim Buffel

Variável	Período	Tratamento	Média	Mediana	Desvio padrão	CV
Altura	1	A	46,6	45,0	10,75	23%
	1	B	41,2	42,5	11,56	28%
	1	C	46,0	41,0	18,28	40%
	2	A	46,3	48,5	9,82	21%
	2	B	39,9	34,5	13,12	33%
	2	C	41,8	41,0	10,52	25%
	3	A	32,7	33,5	6,93	21%
	3	B	34,5	31,5	12,37	36%
	3	C	34,6	37,0	8,83	26%
Massa Verde	1	A	22,2	21,5	7,66	35%
	1	B	21,3	20,0	5,89	28%
	1	C	20,7	20,0	8,86	43%
	2	A	22,0	23,5	6,38	29%
	2	B	17,3	17,0	5,10	29%
	2	C	19,6	18,0	7,72	39%
	3	A	16,7	17,0	4,71	28%
	3	B	14,2	13,5	3,49	25%
	3	C	13,9	14,5	4,20	30%

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Foi realizado o teste de normalidade para as variáveis estudadas (Tabela 3), observou-se que para massa verde, todos os valores seguiram a distribuição normal de acordo com o teste de Shapiro-Wilk. Porém, alguns valores da variável altura não seguiram a normalidade, sendo assim, não é possível a utilização da análise de variância para esses valores, logo, métodos não paramétricos se adequam a este caso.

Tabela 3. Normalidade de Shapiro-Wilk para os dados de altura e massa verde do capim Buffel

Variáveis	Período	Tratamento	Shapiro-Wilk	P-Valor
Altura	1	A	0,93949	0,547
		B	0,9718	0,907
		C	0,81503	0,022*
	2	A	0,92194	0,373
		B	0,78855	0,011*
		C	0,97317	0,919
	3	A	0,95721	0,754
		B	0,73009	0,002*
		C	0,85287	0,063
Massa Verde	1	A	0,95601	0,7396
		B	0,9258	0,4079
		C	0,95968	0,7822
	2	A	0,93803	0,5313
		B	0,90789	0,2668
		C	0,91747	0,3363
	3	A	0,96799	0,8716
		B	0,91823	0,3424
		C	0,93281	0,4761

\*( $p < 0,05$ )

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Ao avaliar inicialmente os valores de altura do capim Buffel pelo teste de Kruskal-Wallis, verifica-se, de acordo com a Tabela 4, que não houve diferença significativa da altura em comparação aos tratamentos ao longo de todos os períodos, visualizando que mesmo com mais adição de sal à água a altura não variou estatisticamente.

Tabela 4. Teste de Kruskal-Wallis para os valores de altura em função do tratamento

Comparação	Período	Estatística H	P-valor
Altura x Tratamento	Todos	1,9707	0,3733
Altura x Tratamento	1	0,94836	0,6224
Altura x Tratamento	2	2,6911	0,2604
Altura x Tratamento	3	0,22253	0,8947

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Em um trabalho realizado por Ruiz & Taleisnik, (2013), foi averiguado a influência da salinidade em sistema hidropônico no crescimento, rendimento e germinação do capim Buffel. Observou-se que existe tolerância a salinidade e que ela não afeta a altura de maneira acentuada, ocorrendo apenas diminuições sutis na produção e rendimento de biomassa. A germinação da planta diminuiu quando se adicionou sal na água. Portanto, a persistência do capim Buffel não se limita ao desenvolvimento e crescimento em água salina, mas sim na germinação da planta.

Quando comparado a altura em relação aos períodos para cada tratamento (Tabela 5), ainda por meio o teste de Kruskal-Wallis, observa-se diferença significativa na comparação entre altura e período, para o tratamento sem adição de sal.

Tabela 5. Teste de Kruskal-Wallis para os valores de altura em função do período

Comparação	Tratamento	Estatística H	P-valor
Altura x Período	A	10.625	0.00493*
Altura x Período	B	3.4461	0.1785
Altura x Período	C	2.6432	0.2667

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Ao aplicar o teste de Dunn (Tabela 6), verifica-se que houve diferença entre os períodos 1 e 3 e entre 2 e 3 para o tratamento A (sem adição de sal). Indicando, que o período 3 é diferente dos demais. Esse período representa o último corte, no qual, os valores de altura são os menores. No primeiro período as alturas médias foram de 46,6 cm, 41,2 cm e 46 cm; no segundo período as alturas médias foram de 46,3 cm, 39,9 cm e 41,8 cm; e no terceiro período as alturas médias foram 32,7 cm, 34,5 cm e 34,6 cm para os tratamentos A, B e C respectivamente.

Portanto, não é possível observar uma diferença no crescimento das plantas quando aplicado água salina, mas, a cada novo corte a altura diminuía, ficando mais evidente essa diminuição no período três. Isso pode ser explicado pois quando a planta é mais jovem apresenta capacidade de multiplicação celular maior, mas, à medida que vai sofrendo injúrias, essa capacidade diminui, e assim a planta perde seu vigor vegetativo.

Tabela 6. Pós-Teste de Dunn para altura em função do período

	1	2
2	0,477202	
	0,3166	
3	3,602507	3,125305
	0,0002*	0,0009*

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Ao analisar os valores de massa verde, o critério de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk foi atendido. Realizou-se também o teste de homogeneidade de Bartlett, pois a homogeneidade das variâncias é outro pressuposto para realização da análise de variância. Observa-se na Tabela 7, que os valores de massa verde em relação aos tratamentos e aos períodos são homogêneos, e com isso, pode-se adotar ANOVA.

Tabela 7. Homogeneidade de Bartlett para massa verde

Variáveis	Tratamento	Bartlett	P-Valor
Massa Verde x Tratamento	A	2,5893	0,274
Massa Verde x Período	B	3,6901	0,158

Fonte: Autora, 2021.

Para análise de massa verde em função dos tratamentos (Tabela 8), não houve diferença significativa em média da massa verde do capim em relação aos diferentes níveis de salinidade aplicado, indicando assim, que os tratamentos de água disponível, 1g de sal por litro de água e 2g sal por litro de água, são estatisticamente iguais, e não influencia na produção vegetal.

Tabela 8. Análise de Variância (ANOVA) da massa verde em função dos tratamentos A, B e C.

FV	GL	SQ	QM	Fcal	P-valor
Tratamento	2	125	62,48	1,406	0,251
Resíduo	87	3865	44,43		
Total	89	3990			

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Já na análise de massa verde em função dos períodos (Tabela 9), é verificada diferença significativa pela ANOVA, necessitando de um pós-teste para identificar onde ocorre.

Tabela 9. Análise de Variância (ANOVA) da massa verde em função dos períodos 1, 2 e 3.

FV	GL	SQ	QM	Fcal	P-valor
Tratamento	2	670	335,1	8,782	0,000336***
Resíduo	87	3320	38,2		
Total	89				

\*( $p < 0,001$ )

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Ao aplicar o teste de Tukey para massa verde em função do período (Tabela 10), constata-se que a diferença está entre os tratamentos 1 e 3 e entre 2 e 3. Indicando novamente que o último período diverge em relação aos demais. Outra possível explicação para diminuição da altura e massa verde após uma sequência de cortes, pode ser devido ao solo, tendo em vista que nenhum tipo de adubação foi realizado, além de que existe a lixiviação dos minerais ocasionada pela irrigação, promovendo um déficit nutricional nas plantas, e a cada aplicação de sal o solo fica mais concentrado induzindo o retardo no crescimento da planta.

Tabela 10. Teste de Tukey para massa verde em função dos períodos 1, 2 e 3.

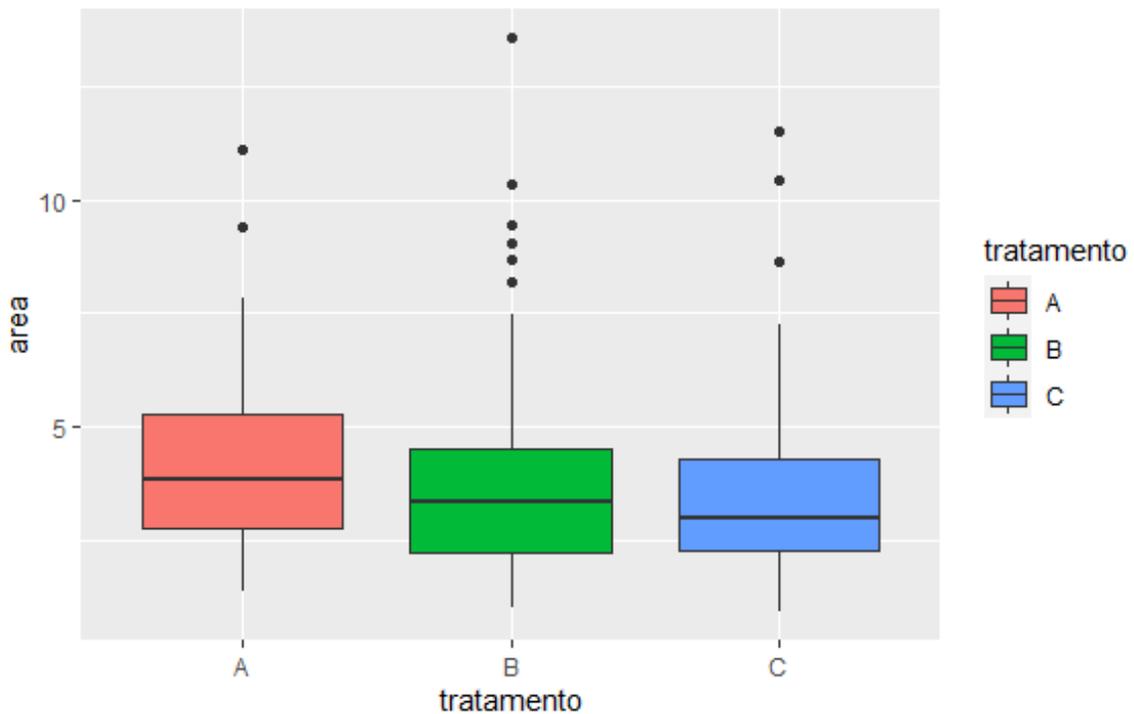
Período	Diferença	Limite inferior	Limite superior	P-valor ajustado
2-1	-1,77	-5,57	2,04	0,5119
3-1	-6,47	-10,27	-2,66	0,0003*
3-2	-4,70	-8,50	-0,90	0,0113*

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Para análise visual dos dados foi feito o boxplot da área do capim Buffel submetido aos tratamentos A, B e C (Figura 9). Observando a dispersão dos dados, pode-se visualizar que não houve grande diferença entre os tratamentos. Porém, o tratamento A

(sem adição de sal) possui maior variabilidade de dados, englobando assim maiores valores de área. Existe considerável simetria nos tratamentos, principalmente entre A e B, uma vez que a maior parte dos valores se encontram próximo da mediana. O tratamento C está mais próximo de uma assimetria negativa, visto que os valores estão imediatamente abaixo do valor da mediana. Em todos os tratamentos existem outliers, porém, o tratamento B possui mais outliers em relação aos demais.

Figura 9. Boxplot da área do capim Buffel submetido aos tratamentos A, B e C.



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Para avaliação da área da folha de capim Buffel, foram coletadas as amostras de folhas de cada vaso no último período de corte. Na Tabela 11 estão exibidos os valores de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk para os dados de área do capim Buffel submetido aos tratamentos salinos. Como resultado, tem-se a não normalidade dos dados, implicando no emprego da estatística não paramétrica.

Tabela 11. Normalidade de Shapiro-Wilk para os dados de área do capim Buffel

Variável	Tratamento	Shapiro-Wilk	P-Valor
Área	A	0,92846	0,000*
	B	0,86989	0,000*
	C	0,8704	0,000*

\*( $p < 0,05$ )

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Da análise dos dados de área pelo teste de Kruskal-Wallis (Tabela 12), obteve-se diferença significativa para a comparação da área em relação aos tratamentos aplicados, tornando-se necessário pós-teste para identificar onde ocorreu a diferença.

Tabela 12. Teste de Kruskal-Wallis para os dados de área em função do tratamento

Comparação	Estatística H	P-valor
Área x Tratamento	8,4554	0.01459*

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Como pós-teste, foi aplicado o teste de Dunn (Tabela 13), e a partir dele, identificou-se que existe diferença significativa entre os tratamentos A e B, e A e C, sendo assim, o tratamento sem adição de sal foi diferente dos demais. Com isso, observa-se que, quando aplicado sal a água de irrigação do capim Buffel, ocorre leve diminuição na área da folha e que o tratamento sem adição de sal tem resposta um pouco melhor. Essa diminuição da área foliar pode ter acontecido em decorrência do estresse osmótico causado pela salinidade e assim a planta ativa esse mecanismo de adaptação para menor perda de água para o meio ambiente.

Tabela 13. Pós-Teste de Dunn para área em função do tratamento

	A	B
B	2,033774 0,0210*	
C	2,816716 0,0024*	0,782942 0,2168

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Na Tabela 14 estão apresentadas as correlações de área e altura para os tratamentos A, B e C. Foi identificado que existe correlação de 0,62 para comparação da área com todos os tratamentos aplicados, indicando assim correlação positiva moderada, ou seja, a medida que a altura aumenta a área também aumenta. Quando comparada separadamente a área com a altura em diferentes tratamentos, foi observado que apenas para o tratamento B (adição de 1 g de sal por litro) houve correlação, sendo esta forte e positiva.

Tabela 14. Correlação Área e Altura para os tratamentos A, B e C

Comparação	Spearman - rho	P-valor
Área x Todos	0,6214445	0,0002471
Área x A	0,4863244	0,1541
Área x B	0,830303	0,005557
Área x C	0,3414698	0,3342

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Na Tabela 15 estão apresentadas as correlações de área e massa verde para os tratamentos A, B e C. Foi identificado que existe correlação de 0,62, para comparação da área com todos os tratamentos aplicados para massa verde, indicando assim uma correlação positiva moderada, ou seja, a massa verde aumenta em simultâneo com a área.

Quando comparado separadamente a área com a massa verde em diferentes tratamentos, foi observado que apenas para o tratamento B (adição de 1 g de sal por litro) houve correlação, sendo esta moderada e positiva. Sendo assim, nota-se que tanto para correlação da área e altura quanto para área e massa verde, o comportamento foi semelhante, isto ocorre devido a altura esta diretamente associada com a massa verde, quanto mais alta a gramínea mais massa verde ela terá.

De acordo com Moreira et al., (2015), o comprimento e a largura das folhas são fatores decisivos no estabelecimento da área foliar, que possibilita maior interceptação de luz, e conseqüentemente, obtenção de maiores taxas fotossintéticas. A altura da planta é determinada pela quantidade de fotoassimilados captados e processados pela planta, logo, quanto maior a área, melhor é o desenvolvimento foliar e maior é a quantidade de biomassa produzida.

Tabela 15. Correlação Área e Massa Verde para os tratamentos A, B e C

Comparação	Spearman - rho	P-valor
Área x Todos	0,6214445	0,0002471
Área x A	0,4680873	0,1725
Área x B	0,6422289	0,04526
Área x C	0,5670837	0,08735

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Na Tabela 16 estão descritas as porcentagens de massa seca parcial (porção de nutrientes do alimento após retirada da umidade) do capim Buffel de cada tratamento para os três períodos. De maneira geral, os valores de massa seca apresentam-se de maneira semelhante para todos os tratamentos e períodos. Destaca-se que a maior porcentagem de massa seca foi 26,76%, para o tratamento B no terceiro período e o menor valor de massa seca ocorreu no primeiro período do tratamento A, sendo este de 22,73%.

Tabela 16. Massa Seca do capim Buffel

Tratamento	Período	Amostras Secas	Amostras Úmidas	% de Umidade	% Massa seca
A	1	55	222	75,23	24,77
A	2	50	220	77,27	22,73
A	3	39	167	76,65	23,35
B	1	53	213	75,12	24,88
B	2	43	173	75,14	24,86
B	3	38	142	73,24	26,76
C	1	51	207	75,36	24,64
C	2	46	196	76,53	23,47
C	3	32	139	76,98	23,02

Fonte: Acervo pessoal, 2021.

Coutinho et al., (2015) realizaram um trabalho sobre características da produção de capim Buffel sob diferentes turnos de rega e observou que a matéria seca do capim cresceu linearmente com o aumento dos turnos de rega, ou seja, quanto mais dias o capim passava sem receber água, maior era a matéria seca. Isso se dá justamente pela diminuição da quantidade de água no capim, que promove aumento na porcentagem de material seco.

O maior valor alcançado por Coutinho et al., (2015) foi de 37% de matéria seca, com turno de rega de 10 dias. O menor valor foi em torno de 16%, com dois dias de intervalo entre as irrigações. O maior valor de matéria seca provoca redução nos parâmetros morfológicos, estruturais e produtivos do capim Buffel. Para o capim com turno de rega de dois dias, menores são as restrições ao seu desenvolvimento.

Os valores de massa seca no presente trabalho variaram de 22 a 26%, e o intervalo de rega foi de um dia. Então, mesmo com menor intervalo entre as irrigações, o valor de massa seca foi maior em comparação aos valores do trabalho supracitado. Sendo assim, a porcentagem dos nutrientes que são aproveitados pelos animais, como: proteína, fibra, minerais, extrato etéreo e carboidrato; que compõem a massa seca, estão em conformidade com os valores de capim in natura.

Pinho et al., (2013) realizou um trabalho de avaliação de fenos de capim Buffel em diferentes alturas de corte. Os valores médios de matéria seca do capim na forma natural variaram de acordo com a altura de colheita, e foram de 17,31 até 20,17% para menor e maior altura, respectivamente. Foi avaliado o valor nutricional do capim em maiores e menores alturas, e observou-se que não existiu diferença na composição bromatológica. Isso permitiu que o capim fosse colhido a uma maior altura de produção, de modo que não haja acúmulo de material senescente, uma vez que isso diminuiria o valor nutritivo do alimento.

O conhecimento da altura da planta, massa de forragem e área são importantes para determinar as condições adequadas para pastejo sustentável e produção animal eficiente. Sendo assim, a análise do crescimento e desenvolvimento do capim Buffel torna-se uma importante ferramenta para caracterização da produção vegetal, com vistas a verificar seu potencial na produção animal.

## 5. CONCLUSÃO

O capim Buffel submetido a salinidade apresentou comportamento semelhante no crescimento e produção para os três tratamentos. Houve diferença apenas quando comparado o período de corte, no qual, o último período demonstrou menor crescimento e produção.

Quanto a determinação da área por meio do processamento de imagens, foi identificado semelhança entre os tratamentos com e sem sal, apresentando apenas diferença da área para o tratamento sem sal, que foi ligeiramente maior.

Portanto, a utilização do capim Buffel em regiões semiáridas que possuem águas com elevados teores de salinidade torna-se viável, sendo uma alternativa de forragem produtiva e resistente.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALVES, A. A.; REIS, E. M.; NETO, M. F. DA S. Forrageiras indicadas para a alimentação animal no Semiárido brasileiro. **Embrapa Semiárido**, p. 62, 2015.
- AL-DAKHEEL, Abdullah J.; HUSSAIN, M. Iftikhar; RAHMAN, Abdul Qader M. Abdul. Impact of irrigation water salinity on agronomical and quality attributes of *Cenchrus ciliaris* L. accessions. **Agricultural Water Management**, v. 159, p. 148-154, 2015.
- ARAÚJO, S. M. S. A REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE DO BRASIL: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE**, 2011.
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A SALINIDADE DAS ÁGUAS DISPONÍVEIS PARA PEQUENA IRRIGAÇÃO NO SERTÃO NORDESTINO. **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, p. 130, 1995.
- BELTRÁN-LÓPEZ, S. et al. Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un invernadero. **Agrociencia**, v. 39, n. 2, p. 137–147, 2005.
- BONETTI, J. DE A.; FINK, J. R. **MANEJO E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA E DO SOLO**. Lavras - MG: EDITORA UFLA, 2020.
- BROEKE, J.; PÉREZ, J. M. M.; PASCAU, J. **Image Processing with ImageJ Second Edition**. [s.l: s.n.]. v. 11, 2015.
- BUENO, L. G.; ROCHA, J. E. DA S. **Conservação , utilização e melhoramento genético de gramíneas forrageiras para o semiárido brasileiro**. 1ª edição ed. Sobral, CE: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2018.
- CARVALHO OLIVEIRA, DE P. C. O desenvolvimento da região Nordeste nos anos pós-Sudene (2000-2016). **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 39, n. 134, p. 21–36, 2018.
- CAVALCANTE, M.; GOMES, J. Considerações sobre planejamento experimental e métodos estatísticos em Ciências Agrárias Considerations on experimental planning and statistical methods in Agricultural Sciences hipóteses científicas . Segundo Bhering & Teodoro ( 2021 ), o uso inadequado. **Diversitas Journal**, v. 6, p. 3706–3723, 2021.
- COUTINHO, M. J. F. et al. Características morfogênicas, estruturais e produtivas de capim-buffel sob diferentes turnos de rega. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 45, n. 2, p. 216–224, 2015.
- DE CARVALHO, J. O. et al. Leaf area estimation from linear measurements in different

ages of *Crotalaria juncea* plants. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 3, p. 1851–1868, 2017.

DUNN, O. J. Multiple Comparisons Using Rank Sums. **Technometrics**, v. 6, n. 3, p. 241–252, 1964.

EASLON, H. M.; BLOOM, A. J. Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. **Applications in Plant Sciences**, v. 2, n. 7, p. 1400033, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

FERREIRA, E. B.; ROCHA, M. C.; MEQUELINO, D. B. Monte Carlo evaluation of the ANOVA's F and Kruskal-Wallis tests under binomial distribution. **Sigmae**, v. 1, n. 1, p. 126–139, 2012.

FONTELLES, M. J. **Bioestatística Aplicada à Pesquisa Experimental**. 1ª edição ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, v. 02, 2012.

HUANG, W. et al. Leaf fresh weight versus dry weight: Which is better for describing the scaling relationship between leaf biomass and leaf area for broad-leaved plants? **Forests**, v. 10, n. 3, p. 1–19, 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 16 set 2021.

INOCÊNCIO, T. DE M. et al. Linking drought propagation with episodes of climate-Induced water insecurity in Pernambuco state - Northeast Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 193, n. July, 2021.

KATABUCHI, M. LeafArea: an R package for rapid digital image analysis of leaf area. **Ecological Research**, v. 30, n. 6, p. 1073–1077, 2015.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. **Journal of the American Statistical Association**, v. 47, n. 260, p. 583–621, 1952.

LEMOS, J. DE J. S. VULNERABILIDADES INDUZIDAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **DRd-Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 245–268, 2020.

LIMA, B. R. DE et al. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 16, p. 679–689, 2020.

MARANHÃO, S. R. et al. Morphophysiology of buffel grass grown under different water

supplies in the dry and dry-rainy seasons. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 8, p. 566–571, 2019.

MARENCO, J. A. et al. Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 °C. **Natural Hazards**, v. 103, n. 2, p. 2589–2611, 2020.

MOREIRA, J. A. D. S. et al. Características morfogênicas, estruturais e produtivas de acessos de capim-buffel. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 391–400, 2015.

NUNES, A. T. et al. Local knowledge about fodder plants in the semi-arid region of Northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 11, n. 1, p. 1–12, 2015.

PAULA, T.; DE ANDRADE FERREIRA, M.; SHERLÂNEA CHAVES VÉRAS, A. UTILIZAÇÃO DE PASTAGENS EM REGIÕES SEMIÁRIDAS: ASPECTOS AGRONÔMICOS E VALOR NUTRICIONAL – Revisão. **Arquivos do Mudi**, v. 24, n. 2, p. 140–162, 2020.

PEIXOTO, CLOVIS PEREIRA; CRUZ, THYANE VIANA DA; PEIXOTO, M. DE F. DA S. P. ANÁLISE QUANTITATIVA DO CRESCIMENTO DE PLANTAS: Conceitos e Prática. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, v. 31, n. 5, p. 1910–1928, 2011.

PINHO, R. M. A.; SANTOS, et al. Avaliação de fenos de capim-buffel colhido em diferentes alturas de corte Evaluation of buffelgrass hay harvested at different cutting heights INTRODUÇÃO A região semiárida é caracterizada , por apresentar uma baixa produtividade nos rebanhos de ruminante. p. 437–447, 2013.

POTOCKA, I.; SZYMANOWSKA-PULKA, J. Morphological responses of plant roots to mechanical stress. **Annals of botany**, v. 122, n. 5, p. 711–723, 2018.

RUIZ, M.; TALEISNIK, E. Field hydroponics assessment of salt tolerance in *Cenchrus ciliaris* (L.): Growth, yield, and maternal effect. **Crop and Pasture Science**, v. 64, n. 6, p. 631–639, 2013.

SILVA, J. L. B., MOURA, G. B. A., SILVA, V. M., GUEDES, R. V. S., LOPES, P. M. O., SILVA, E. F. F., VASCONCELOS, R. S., F.; F., A. Revista Brasileira de Geografia Física. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, p. 2019–2036, 2020.

SOARES, M. M. et al. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 370–378, 2015.

SUDENE – Superintendência Para o Desenvolvimento do Nordeste. Delimitação do Semiárido, 2017. Disponível em: <<http://antigo.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em 14 ago. 2021.

TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. Normalidade de variáveis: métodos de

verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. **Clinical and Biomedical Research**, v. 32, n. 2, p. 227–234, 2012.

WALLENDER, W. W.; TANJI, K. K. **Agricultural salinity assessment and management, second edition**. Second Edi ed. Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers, 2011.