



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA  
BACHARELADO EM AGRONOMIA

JANDIS FERREIRA NUNES DE ARAUJO

**A IRRIGAÇÃO NOTURNA MELHORA A EFICIÊNCIA DO USO DOS RECURSOS  
NATURAIS PELA PALMA FORRAGEIRA?**

SERRA TALHADA - PE

2022

JANDIS FERREIRA NUNES DE ARAUJO

**A IRRIGAÇÃO NOTURNA MELHORA A EFICIÊNCIA DO USO DOS RECURSOS  
NATURAIS PELA PALMA FORRAGEIRA?**

Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. DSc. Thieres George Freire da Silva

SERRA TALHADA-PE

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)

---

A663i

Araujo, Jandis Ferreira Nunes de

A irrigação noturna melhora a eficiência do uso dos recursos naturais pela palma forrageira? / Jandis Ferreira Nunes de Araujo. - 2022.

37 f. : il.

Orientador: Thieres George Freire da Silva.

Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Agronomia, Serra Talhada, 2022.

1. Turno de irrigação. 2. Opuntia stricta. 3. Nopalea cochenilifera. 4. Semiárido. I. Silva, Thieres George Freire da, orient. II. Título

CDD 630

---

JANDIS FERREIRA NUNES DE ARAUJO

**A IRRIGAÇÃO NOTURNA MELHORA A EFICIÊNCIA DO USO DOS RECURSOS  
NATURAIS PELA PALMA FORRAGEIRA?**

Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADO em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022

**Banca Examinadora**

---

Prof. DSc. Thieres George Freire da Silva – UFRPE/UAST  
(Orientador)

---

Dr. José Edson Florentino de Moraes - UFRPE/UAST  
(Examinador)

---

MSc. Cleber Pereira Alves  
(Examinador)

Aos meus Pais, Jailton Nunes de Araujo e Marileide Gomes Ferreira Nunes, aos meus irmãos, Mario Ferreira Nunes de Araujo, Joice Ferreira Nunes de Araujo e Maysa Ferreira Nunes de Araujo, a minha namorada Camila Alves da Silva, e aos meus tios(as) José Nunes e Gicelia, exemplos de pessoas resilientes, trabalhadoras, honestas, que sempre acreditaram em mim e que não pouparam esforços para me proporcionar o estudo. Por todo o carinho, paciência, conselhos e incentivos que sempre me ajudaram a continuar. Com toda minha admiração e gratidão.

**Dedico!**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela força diária para superar todos os obstáculos durante o curso e também por ter abençoado meu caminho e colocado pessoas maravilhosas na minha vida durante todo o curso.

Á minha mãe Marileide Gomes e meu pai Jailton Nunes que apoiaram a minha decisão de estudar longe de casa e que apesar da distância sempre acreditaram no meu potencial, me deram todo o apoio e me incentivaram a continuar. Á meus irmãos Mário Ferreira, Joice Ferreira e Maysa Ferreira que sempre torceram pelo meu sucesso e me deram todo apoio.

Á minha namorada Camila Alves por todo amor, companheirismo, carinho, compreensão e incentivo diário. Obrigado por me ajudar e apoiar nos momentos mais difíceis dessa fase.

Aos meus tios(as) José Nunes (Frei Nunes), Gicelia, Gilvan, Josefa, Maria , e amigos Jair, Jardel, Joel, Jerfeson, Jerfeson (calaça), Vitor e Valdenito, que sempre fizeram me sentir querido.

Um agradecimento especial ao meu orientador e amigo Prof. Thieres George Freire da Silva, pela oportunidade de me aceitar como seu orientando e permitir que eu participasse do seu grupo de pesquisa. Por todos os ensinamentos, conselhos e orientações tanto pessoais como também na vida acadêmica. Foi um prazer ser seu orientando e poder aprender com um profissional de extrema qualidade e competência.

Aos meus coorientadores Cleber Alves e George Júnior, pelos grandes amigos que tem sido, por terem sido minhas referências de que o estudo era possível, e por sempre estarem disponíveis para tirar minhas dúvidas. Agradeço por dedicarem um pouco do seu tempo a me ensinar e pelas nossas conversas sempre esclarecedoras e animadas.

Aos meus grandes amigos que pude dividir apartamento e conviver academicamente George do Nascimento, Leonardo Francelino, Marcelo José, Luiz Fernando e Gustavo Lira. Agradeço pela grande apoio, companheirismo, conversas e conselhos. Me orgulho de ter conhecido pessoas maravilhosas como vocês. O meu muito obrigado.

Á todos os meus colegas de turma, em especial à: Leonardo Francelino, José Orlando, Irlândio Santana, Renan Matheus, Gustavo Lira, Wagner Martins, Victor Henrique, Gleydison, William, levarei todos vocês comigo. Obrigado pela ajuda, amizade, companheirismo e pelos momentos que compartilhamos nos corredores da UAST e também por todos os momentos felizes que presenciamos nas viagens de aulas práticas.

Aos integrantes do Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS), em especial à Kaique Salvador, Mery, Allan, Thalyta, Gebson Pinheiro, Alexandre Maniçoba, Maria Gabriela, Carlos André e Poliana, pelas oportunidades que me proporcionaram. Agradeço ainda, por todo o aprendizado e momentos vividos em prol da ciência.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), pela oportunidade e por toda a qualidade do ensino oferecido e infraestrutura cedida durante as pesquisas.

Aos professores que fizeram parte da minha formação, sendo todos de excelente qualidade, dedicados e comprometidos com o ensino. Pelas experiências e aprendizado. Levarei comigo um pouco de cada um na minha vida pessoal e profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de iniciação científica, e financiamento dos projetos de pesquisa.

A Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelas bolsas de iniciação científica, e financiamento dos projetos de pesquisa.

Meus sinceros agradecimentos a todos!

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização do experimento com palma forrageira, cultivada no Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Plantas Forrageiras - CentroRef, município de Serra Talhada-PE, Semiárido brasileiro.....	20
<b>Figura 2.</b> Variáveis meteorológicas ao longo do período experimental (dezembro de 2017 a setembro 2018) em área cultivada com clones de palma forrageira, no município de Serra Talhada-PE.....	21
<b>Figura 3.</b> Produtividade de massa fresca e seca ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) de clones de palma forrageira (IPA: IPA Sertânia, MIU: Miúda, OEM: Orelha de Elefante Mexicana) irrigados em ambiente semiárido.....	27

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> P - valor para todas as variáveis determinadas, para cada fator isolado, bem como sua interação. ....	23
<b>Tabela 2.</b> Valores médios das variáveis de crescimento de clones de palma forrageira (IPA: IPA Sertânia, MIU: Miúda, OEM: Orelha de Elefante Mexicana) submetidos a dois turnos de irrigação em ambiente Semiárido .....	23
<b>Tabela 3.</b> Valores médios das variáveis de crescimento de clones de palma forrageira (IPA Sertânia - IPA, Miúda - MIU, Orelha de Elefante Mexicana - OEM) submetidos a dois turnos de irrigação em ambiente Semiárido.....	25
<b>Tabela 4.</b> Produtividade de massa fresca e seca (kg planta <sup>-1</sup> ) de clones de palma forrageira (IPA: IPA Sertânia, MIU: Miúda, OEM: Orelha de Elefante Mexicana) submetidos a dois turnos de irrigação em ambiente Semiárido .....	28
<b>Tabela 5.</b> Eficiência do uso da água (EUA) em diferentes clones de palma forrageira irrigados em ambiente Semiárido.....	29
<b>Tabela 6.</b> Eficiência do uso da água (EUA) em diferentes clones de palma forrageira submetidos a dois turnos de irrigação em ambiente Semiárido.....	30

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 Geral: .....	13
2.2 Específicos:.....	13
<b>3. REFERÊNCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
3.1 Características da região semiárida do Nordeste brasileiro .....	14
3.2 Aspectos da agropecuária na região semiárida .....	14
3.3 Estratégias para a melhoria da resiliência agrícola .....	16
3.4 Aspectos e importância da palma forrageira como fonte de alimentos.....	17
3.5 Uso de irrigação no Semiárido e agricultura bioessalina .....	18
<b>4. MATERIA E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>31</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>31</b>

Araujo, Jandis Ferreira Nunes de. **A irrigação noturna melhora a eficiência do uso dos recursos naturais pela palma forrageira?** 2022. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.

## RESUMO

O clima Semiárido apresenta características que impactam à produção agrícola, principalmente a elevada evapotranspiração e distribuição espaço-temporal das chuvas, as quais se negligenciadas no planejamento agrícola causam perdas na produção. Assim, torna-se necessário a adoção de estratégias mitigatórias como o uso de espécies adaptadas e a irrigação. Neste sentido, objetivou-se avaliar as características estruturais e produtivas da palma forrageira sob irrigação diurna e noturna para determinar a estratégia com maior eficiência no uso dos recursos disponíveis. O estudo foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada - PE. O delineamento foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial  $3 \times 2$ , com dez repetições: três clones de palma forrageira (IPA Sertânia – IPA, Miúda – MIU, Orelha de Elefante Mexicana – OEM) e dois turnos de irrigação (diurno e noturno). As características estruturais (i.e., altura de planta, largura da planta, número total de cladódios - NTC; por ordem de surgimento - NC1, NC2 e NC3; área do cladódio - AC; índice de área do cladódio - IAC) foram obtidos em campanhas biométricas realizadas mensalmente. Já as características produtivas (produção por planta massa fresca – MF e seca – MS; eficiência no uso da água –  $EUA_{MF}$  e  $EUA_{MS}$ ) foram obtidas a partir da colheita das plantas. Constatou-se que os turnos de irrigação não promoveram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) na maioria das variáveis respostas (variáveis de crescimento, produtividade de massa fresca e seca, e eficiência do uso da água), com exceção do NTC (13,2 und), NC2 (7,4 und) e IAC ( $1,58 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$ ) da MIU. Porém, quando comparado os diferentes clones isoladamente, observou-se que em termos produtivos a OEM apresentou as maiores médias, diferindo do clone MIU ( $P < 0,05$ ). Já para eficiência do uso da água a OEM exibiu os melhores resultados para  $EUA_{MF}$  e  $EUA_{MS}$ , com valores médios iguais a 0,0048 e 0,0004  $\text{kg planta}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , respectivamente. O clone OEM apresentou a maior  $EUA_{MF}$  e a maior MF, e os clones com maior  $EUA_{MS}$  e MS foram OEM e IPA. À adoção do clone OEM, independente do turno de irrigação, é a estratégia para alcançar o melhor sistema de produção, visando a maior produtividade e eficiência dos recursos utilizados.

**Palavras-chave:** Turno de irrigação; *Opuntia stricta*; *Nopalea cochenilifera*; Semiárido.

Araujo, Jandis Ferreira Nunes de. **Night irrigation improves the efficiency of the use of natural resources by forage cactus?** 2022. 39f. Completion of course work (Bachelor in Agronomy) – Federal Rural University of Pernambuco, Serra Talhada Academic Unit, Serra Talhada, Pernambuco, Brazil.

### ABSTRACT

The semi-arid climate has characteristics that impact agricultural production, especially low evapotranspiration and spatio-temporal distribution of rainfall, such as which negligence in agricultural planning causes production losses. Thus, it is necessary to adopt mitigating strategies such as the use of adapted species and irrigation. In this sense, the objective was to evaluate the structural and productive characteristics of forage cactus under day and night irrigation to determine the strategy with greater efficiency in the use of available resources. The study was conducted at the Federal Rural University of Pernambuco, Serra Talhada - PE. The design was completely randomized (DIC) in a  $3 \times 2$  factorial scheme, with ten replications: three forage cactus clones (IPA Sertânia – IPA, Miúda – MIU, Orelha de Elefante Mexicana – OEM) and two irrigation shifts (day and night). The structural characteristics (i.e., plant height, plant width, total number of cladodes - NTC; in order of appearance - NC1, NC2 and NC3; cladode area - AC; cladode area index - IAC) were obtained in campaigns biometrics performed monthly. The productive characteristics (production per plant fresh mass - MF and dry mass - MS; water use efficiency - EUAMF and EUAMS) were obtained from the harvest of the plants. It was found that the irrigation shifts did not promote significant differences ( $P > 0.05$ ) in most of the response variables (growth variables, fresh and dry mass productivity, and water use efficiency), with the exception of NTC (13.2 und), NC2 (7.4 pcs) and IAC (1.58 cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup>) of the MIU. However, when comparing the different clones separately, it was observed that in terms of production, the OEM presented the highest averages, differing from the MIU clone ( $P < 0.05$ ). As for water use efficiency, OEM showed the best results for EUAMF and EUAMS, with mean values equal to 0.0048 and 0.0004 kg plant<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, respectively. The OEM clone had the highest EUAMF and the highest MF, and the clones with the highest EUAMS and MS were OEM and IPA. The adoption of the OEM clone, regardless of the irrigation shift, is the strategy to achieve the best production system, aiming at greater productivity and efficiency of the resources used.

**Keywords:** Irrigation shift; *Opuntia stricta*; *Nopalea cochenilifera*; semiarid.

## 1. INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro está localizado predominantemente na porção mais seca da região Nordeste do Brasil indo até o norte de Minas Gerais. A sua área de abrangência é de 1.128.697 km<sup>2</sup>, sendo 1.262 municípios, onde vivem cerca de 27,8 milhões de habitantes (SILVA et al., 2020a). Nessa região a agropecuária tem grande relevância, predominando a pecuária leiteira como a principal atividade geradora de renda para a população, no entanto, é essencial visar a sustentabilidade dessa cadeia, buscando o aumento da produção por unidade de área (FERREIRA et al., 2009; AGUIAR et al., 2020).

O sucesso das atividades agropecuárias no Semiárido brasileiro está ligado diretamente ao planejamento agrícola, envolvendo informações das condições ambientais, principalmente a influência da sazonalidade e variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial, a qual, quando negligenciada causa perdas significativas na produção agrícola, e quando somado ao uso inadequado dos recursos hídricos promove redução na oferta e na disponibilidade de forragem para os rebanhos (ARAÚJO et al., 2015; PEREIRA et al., 2015).

Para contornar as perdas produtivas e aumentar a eficiência dos sistemas de produção existem inúmeros recursos que podem ser utilizados para mitigar os impactos da escassez hídrica na produção agrícola, dentre as quais pode-se destacar a utilização de espécies tolerantes e/ou adaptadas ao déficit hídrico e o uso da irrigação (LIMA et al., 2018; NUNES et al., 2020).

Dentre as diversas culturas agrícolas, a palma forrageira (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.), desempenha importante papel em ambiente semiárido, uma vez que possui aspectos anatômicos e morfofisiológicos que evidenciam a sua adaptação a esse ambiente; suas características estão associadas, principalmente, ao seu metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), que lhes confere elevada eficiência no uso da água (EUA), eficiência no uso da radiação (EUR), abertura estomática e fixação de CO<sub>2</sub> a noite, resultando em menores perdas de água para a atmosfera em comparação a outras plantas de metabolismo C3 e C4 (QUEIROZ et al., 2016; PEÑA-VALDIVIA et al., 2017).

A palma forrageira por apresentar capacidade de adaptação às condições de regiões áridas e Semiáridas é tradicionalmente cultivada em condições de sequeiro e, raramente é irrigada. Dificilmente recebendo manejo adequado para modificar seu crescimento e desempenho produtivo, com seu cultivo sendo exclusivamente dependente das condições edafoclimáticas da região (SILVA et al., 2015a).

Em regiões de clima semiárido, em que é praticado o cultivo voltado para produção comercial, a utilização da irrigação complementar em áreas cultivadas com palma forrageira pode promover maior desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, aumento da

produtividade da cultura (ARBA et al., 2018). Mesmo sendo uma prática incipiente, a irrigação associada ao conhecimento da exigência hídrica da cultura é uma técnica de elevada importância, sendo necessário suprir a exigência hídrica da cultura quando o volume precipitado não repõe a sua demanda (PEREIRA et al., 2015; QUEIROZ et al., 2016; CRUZ NETO et al., 2017; ALVES et al., 2019).

Ao se falar de irrigação é importante ressaltar o horário/turno de aplicação da lâmina de água, o qual pode influenciar diretamente na dinâmica de crescimento e na característica produtiva da cultura. O manejo de irrigação noturno proporciona uma dinâmica diferente do fluxo da água no solo, ocorrendo o armazenamento no perfil no período noturno e utilização ao amanhecer pela cultura; diferentemente quando o turno de irrigação é diurno, onde a evapotranspiração ocorre na medida em que a lâmina d'água é aplicada (ABBOTT e AHKOON, 1992). A irrigação noturna quando adotada em plantas que possuem mecanismo fisiológico (MAC), na qual, a abertura estomática ocorre a noite proporciona um melhor aproveitamento do recurso hídrico, reduzindo as perdas de água, aumentando a eficiência em seu uso e reduzindo os custos com energia elétrica.

## **2. OBJETIVOS:**

### **2.1 Geral:**

Avaliar as características estruturais e produtivas de clones de palma forrageira sob irrigação diurna e noturna, a fim de determinar a estratégia com maior eficiência no uso dos recursos disponíveis em ambiente Semiárido.

### **2.2 Específicos:**

Mensurar as características estruturais dos clones de palma forrageira submetidos a irrigação diurna e noturna.

Identificar o turno de irrigação mais adequado para o cultivo de palma forrageira.

Quantificar a eficiência do uso da água e desempenho produtivo de clones de palma forrageira submetida a irrigação diurna e noturna.

Determinar o sistema de produção de palma forrageira mais indicado para ambiente Semiárido, visando melhoria no uso dos recursos e aumento na produtividade.

### **3. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Características da região semiárida do Nordeste brasileiro**

O Nordeste do Brasil (NEB) está situado entre as coordenadas geográficas 2,5 ° S e 16,1 ° S e 34,8 ° W e 46 ° W, com área aproximadamente de 1.182.697 km<sup>2</sup>, correspondendo a 18,26% do território brasileiro. O clima Semiárido está presente em cerca 86% da área do Nordeste, com população de aproximadamente de 28 milhões de pessoas, o que corresponde a 15% da população nacional. É considerada a região semiárida mais populosa entre as regiões secas do mundo, com densidade populacional de 23 habitantes por km<sup>2</sup> (SILVA e BEZERRA, 2020; SUDENE, 2021).

O Semiárido brasileiro localiza-se na porção central do Nordeste, e abrange os estados de Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Maranhão, Bahia e parte do Norte do Estado de Minas Gerais. A região climaticamente é caracterizada, por apresenta elevada insolação (média de 2.800 h ano<sup>-1</sup>), temperaturas do ar relativamente altas e baixas amplitudes térmicas (médias anuais de 23 °C a 27 °C), evapotranspiração média de 2.000 mm ano<sup>-1</sup>, umidade relativa do ar média de 50% e regime pluviométrico deficitário (300 a 800 mm ano<sup>-1</sup>). Apresenta variabilidade e irregularidade das precipitações pluviais, sendo estas concentradas em um curto período, em média, de três a quatro meses ao ano, e resultando em baixos volumes de água nos mananciais para atendimento das necessidades da população (SILVA et al., 2010; BARBOSA et al., 2013).

Nessa região é natural a ocorrência de secas, isso devido a variabilidade climática atuante na região, e de acordo com as projeções de mudanças climáticas há possibilidade de continuação e intensificação (MARENGO et al. 2016). As secas são fenômenos naturais, havendo modificação do regime hidrológico e meteorológico, de modo que afeta a população presente nessa região, principalmente devido a vulnerabilidade da segurança alimentar, energética e hídrica da região (EAKIN et al., 2014).

#### **3.2 Aspectos da agropecuária na região semiárida**

As primeiras formas organizadas de produção agropecuária surgiram a partir da domesticação das plantas e animais, podendo ser entendida como um conjunto de unidades que interagem entre si gerando um funcionamento, sendo sua estrutura representado pela infraestruturas hídricas, plantas, animais e cercas (NOGUEIRA e SIMÕES, 2009).

A cadeia produtiva da bovinocultura juntamente com a produção agrícola foram os primeiros sistemas agropecuários que estabeleceram os processos econômicos na região semiárida. A criação de gado foi o primeiro processo econômico, com destaque para manufatura

de couro, com grande importância para a economia e o segundo processo econômico foi a associação entre criação de gado e a cotonicultura, na qual o algodão obteve comercialização no mercado europeu impulsionado pela crise provocada pela guerra civil Americana. Além desses dois segmentos econômicos, outras culturas agrícolas também tiveram participação na economia tais como milho, feijão e mandioca, sendo estas denominadas agricultura de baixo custo, as quais podem sofrer grandes perdas devido a vulnerabilidade climática (NOGUEIRA e SIMÕES, 2009; MARENGO et al., 2010; CRISPIM et al., 2016).

A diversificação da produção agropecuária (e.g., carne, leite, milho, hortifrutigranjeiros, entre outros) nas regiões em processo de desenvolvimento, assim como o semiárido brasileiro, possibilita aos produtores e suas famílias benefícios sociais, além de permitir maior acesso a segurança alimentar, geração de emprego e renda (SILVA et al., 2018).

O setor agropecuário permanece como a base da sociedade rural e a principal atividade econômica da maioria dos pequenos municípios do região semiárida, sendo demonstrado pelo censo agropecuário de 2006, que registrou aproximadamente 1,7 milhões de estabelecimentos rurais nessa região, desses cerca de um milhão tinham área inferior a 5 hectares, no entanto, esses estabelecimentos foram responsáveis por 31 % do valor total da produção agrícola do Semiárido (IBGE, 2006; BUAINAIN e GARCIA, 2013).

Nas últimas décadas, segundo a FAO (2018), a produção no setor agropecuário apresentou aumento exponencial, devido a necessidade de suprir a oferta de alimentos e de matéria prima. Dados que condiz com o crescimento da área cultivada com pastagens demonstram que os produtores estão buscando melhorar o sistema de produção, implementando forrageiras com maior capacidade de suporte e intensificando o sistema produtivo. Pesquisas apontam aumento de 16,74% no período de 1996 – 2006 do efetivo bovino, passando 23.882.203 para 27.881.219 animais. No mesmo período, para a caprinocultura e ovinocultura o aumento foi de 2,7 e 2,3 milhões de cabeça, respectivamente, onde, deste 70,2% e 60,1% de caprinos e ovinos, respectivamente, são criados na região semiárida (CORREIA et al., 2011).

Diante do exposto, verifica-se que a atividade agropecuária desempenha um papel com grande relevância para a sobrevivência da humanidade (LUCENA et al., 2013; DIAS et al., 2021). Neste sentido, é necessário buscar alternativas que visem ao progresso do setor agropecuário, com maior eficiência das unidades de produção, nessa perspectiva, não trata apenas de aumentar a produção e alcançar maiores produtividade, mas, principalmente, obter um satisfatório sistema de produção que se adapte a determinadas condições ecológicas e socioeconômicas (SILVA et al., 2010).

### 3.3 Estratégias para a melhoria da resiliência agrícola

Resiliência pode ser definida como uma característica que possibilita a aptidão de um sistema e seus componentes, que ao se confrontarem com mudanças ocorridas no ambiente, tendem a suportar e se adaptar naturalmente (ANDRADE; SOUZA; SILVA, 2013; CLAY e ZIMMERER, 2020). Portanto, a resiliência agrícola consiste na capacidade do sistema de produção preservar suas características estruturais e comportamentais mediante adaptações e práticas apropriadas, visando mitigar eventos adversos e extremos climáticos (RAO et al., 2018; EESWARAN et al., 2021).

As práticas para melhoria na resiliência agrícola podem ser categorizadas em três: as intervenções genéticas, as decisões informadas e intervenções agronômicas. A primeira, é obtida por meio do desenvolvimento de germoplasmas tolerantes a estresses ambientes (e.g., seca, altas temperaturas, etc.), bem como genótipos com ajustes fenológicos, com intuito de evitar esses estresses. Já as decisões informadas, é a partir do uso de previsões climáticas, a fim de evitar estresses, por intermédio da tomada de decisão e planejamento agrícola. Por outro lado, as intervenções agronômicas contêm ajustes que vão do plantio até a colheita, submetidas a manejos agrícolas adequados a cada região (EESWARAN et al., 2021). Além dessas ações, por meio melhoria da qualidade do solo e redução dos impactos ambientais, há evidências da melhoria da resiliência em sistemas agrícolas conduzidos organicamente (ALVES et al., 2021; EESWARAN et al., 2021).

Segundo Monteiro et al. (2009), a resiliência agrícola está ligada à utilização de alternativas, que possibilitem melhor convivência com os acontecimentos adversos, seja de fator biótico ou abiótico, como elevadas temperaturas, déficit hídrico, efeitos da desertificação. Para garantir o sucesso da produção agrícola em regiões áridas e semiáridas, é necessário a adoção de práticas que melhorem a resiliência agrícola, com o intuito do aperfeiçoamento do planejamento agrícola e da tomada de decisão (SILVA et al., 2020). São inúmeras essas práticas, dentre elas pode-se citar: uso de espécies que sejam tolerantes a condições edafoclimáticas; associação de cultivos em uma única área para o melhor aproveitamento da terra (cultivos mistos e consórcio); diferentes densidades de plantio; uso mínimo de irrigação, minimizando as perdas por estresse hídrico; adoção de cobertura morta sobre a superfície do solo; controle de pragas, doenças e ervas daninhas; e correção de deficiências nutricionais (SOUZA et al., 2019; JARDIM et al., 2019).

Logo, nas áreas que adotam cultivos resilientes acontece modificação do ambiente de produção, através das práticas agrícolas utilizadas, tais como a diversificação simultânea de

espécies na mesma área, utilização de culturas adaptadas ao clima da região em que está inserida, onde esses manejos devem integrar as práticas tradicionais com a ciência, possibilitando mais segurança na colheita em relação a quantidade e qualidade (RAI et al., 2018). Neste sentido, esses cultivos tem como objetivo a sustentabilidade do ecossistema, reduzindo os riscos ligados ao clima, através do aumento na capacidade adaptativa das culturas e da resiliência, mantendo a diversidade biológica, produtividade, e questões voltadas a abordagens socioeconômicas (RAO et al., 2018; ALVES et al., 2021).

### **3.4 Aspectos e importância da palma forrageira como fonte de alimentos**

A palma forrageira (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.) é uma cultura que se originou no México, sendo atualmente cultivada em todo o mundo (SEVERO et al., 2015). Atualmente, o Brasil é o país com a maior área plantada com palma forrageira, predominando o cultivo dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* e é estimado uma área em torno de 600 mil hectares, distribuídos principalmente na região Nordeste nos estados de Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Rio Grande do Norte e Bahia (OLIVEIRA; JUNQUEIRA; MASCARENHAS, 2011; CAVALCANTE et al., 2014; MARQUES et al., 2017; LIMA et al., 2020; SILVA et al., 2020b).

A palma forrageira é de suma importância para a pecuária da região Semiárida por ser uma cultura bem adaptada ao clima Semiárido devido ao seu mecanismo fisiológico do tipo MAC (Metabolismo Ácido das Crassuláceas) que proporciona a cultura uma melhor absorção, aproveitamento e diminuição da perda de água (OLIVEIRA et al., 2010). De acordo com Almeida (2012) a palma é um alimento que apresenta boa palatabilidade, facilitando o seu consumo pelos animais, além disso apresenta um alto valor energético, sendo uma alternativa em períodos de escassez hídrica, para suprir grande parte da exigência nutricional e hídrica. O uso da palma forrageira diminui o consumo de água pelos animais, devido a mesma apresentar até 90% de água na sua composição fisiológica (LIMA et al., 2003; GALVÃO JÚNIOR et al., 2014).

Conforme Dubeux Junior et al. (2010) e Santos et al. (2005) a palma se tratando de uma forrageira apresenta, alta digestibilidade e teor de carboidratos solúveis, entretanto possui baixos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), em relação à recomendação de níveis mínimos indicados para a dieta de ruminantes, fazendo-se necessário à associação a outro alimento protéico e fibroso, como por exemplo as gramíneas forrageiras. Vale salientar que conforme a época do ano, idade da planta, ordem do artigo, variedade, manejo de adubação, espaçamento de plantio, entre outros fatores, há variação da composição química da palma.

Nas espécies de palma forrageira a composição bromatológica apresenta variação nos seus valores clássicos, descrito por Santos et al. (2005). Na pesquisa, os autores relatam que os teores de matéria seca variam entre 7,97 e 16,56%, proteína bruta entre 2,55 e 6,67%, fibra bruta de 5,14 a 28,1%, fibra insolúvel em detergente neutro de 17,6 a 26,7%, fibra insolúvel em detergente ácido de 14,29 a 22,97%, extrato etéreo de 0,84 a 2,32%, carboidratos totais entre 26,16 e 56,63%, com média de carboidratos não fibrosos de 55,06%, com base na matéria seca.

Estudo realizado por Silva et al. (2015b) avaliando a composição química e bromatológica de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* quantificaram, respectivamente, os seguintes valores: sólidos solúveis de 6,6% e 5,6%, acidez titulável de 0,20 e 0,07, pH de 4,4 e 4,7, umidade de 91% e 89,67%, MS de 9% e 10,33% , matéria mineral de 1,19% e 1,17% da MS, cálcio de 6,2% e 7,2% da MS, fósforo de 0,13% e 0,10% da MS, proteína total de 0,86% da MS para ambas, fibra bruta de 1,65 e 1,37% da MS, açúcares redutores totais de 1,69% e 1,95% da MS e lipídios totais de 0,40% e 0,27% da MS.

Além de ser utilizada na alimentação animal, a palma forrageira pode ser usada para recuperação de áreas degradadas em regiões Semiáridas, pois é uma cultura bastante apta as condições inóspitas de solos rasos e pobres que sofrem ou sofreram antropização, além do mais, ela consegue suportar um déficit hídrico durante suas fases iniciais de desenvolvimento (PEREIRA et al., 2012).

### **3.5 Uso de irrigação no Semiárido e agricultura bioessalina**

As regiões Semiáridas são caracterizadas por apresentarem sazonalidade e variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial, com média anual inferior a 800 mm, demanda evapotranspirativa superior a 2000 mm ano<sup>-1</sup>, índice de aridez de Thornthwaite  $\leq 0,50$ , déficit hídrico anual  $\geq 60\%$ , com ocorrência periódica de secas, resultando em déficit hídrico grande parte do ano (SUDENE, 2017; MEDEIROS et al., 2020). Essas Condições, podem gerar um dos principais fatores que afetam a produção agrícola, o estresse hídrico, fator que influencia diretamente componentes fisiológicos, de crescimento e produtividade das plantas. Podendo ser causado pelo excesso (impactando a aeração na zona radicular e a lixiviação dos nutrientes) quanto pela deficiência (coibindo o crescimento, afetando a fisiologia do vegetal e sua produção), todavia o estresse por deficiência é mais habitual (SILVA et al., 2015c; ARAÚJO JÚNIOR et al., 2019).

Mesmo assim, a agricultura praticada na região Semiárida brasileira é predominantemente dependente das condições climáticas que, devido a sua instabilidade, provoca vulnerabilidade aos sistemas de produção agropecuária, resultando em perdas

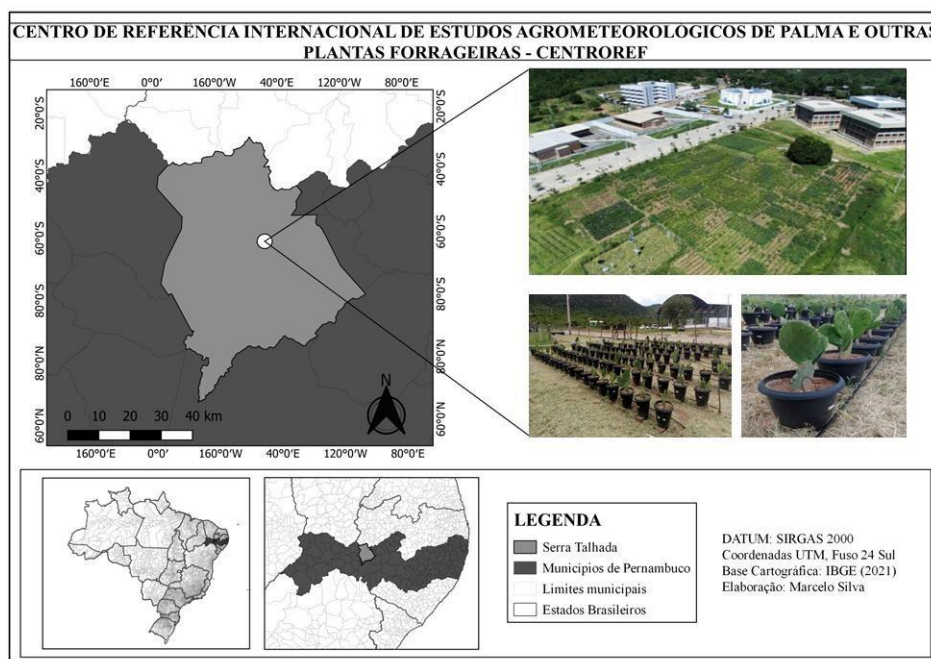
econômicas significativas (MORAES et al., 2019) destacando-se a importância do uso de irrigação.

O uso de irrigação é uma prática essencial para o sucesso dos cultivos agrícolas em ambientes secos e quentes, principalmente em regiões Semiáridas, onde a escassez hídrica é um fator limitante. Desta forma, a irrigação coloca-se como uma estratégia imprescindível no meio agrícola, uma vez que, busca suprir a necessidade hídrica das culturas, com diminuição dos impactos negativos e maximização da produção, promovendo bons resultados em relação a eficiência do sistema de produção, (CRUZ NETO et al., 2017; DINIZ et al., 2017; ALVES et al., 2019).

No entanto, essas regiões sofrem pela redução gradual dos recursos hídricos em quantidade e qualidade, tornando-se necessário o uso da agricultura bioassalada, que consiste na utilização de águas salobras de forma sustentável, de modo a favorecer maior produção ao sistema (DÍAZ et al., 2018; KHORSANDI; SIADATI; RASTEGARY, 2020).

#### 4. MATERIA E MÉTODOS

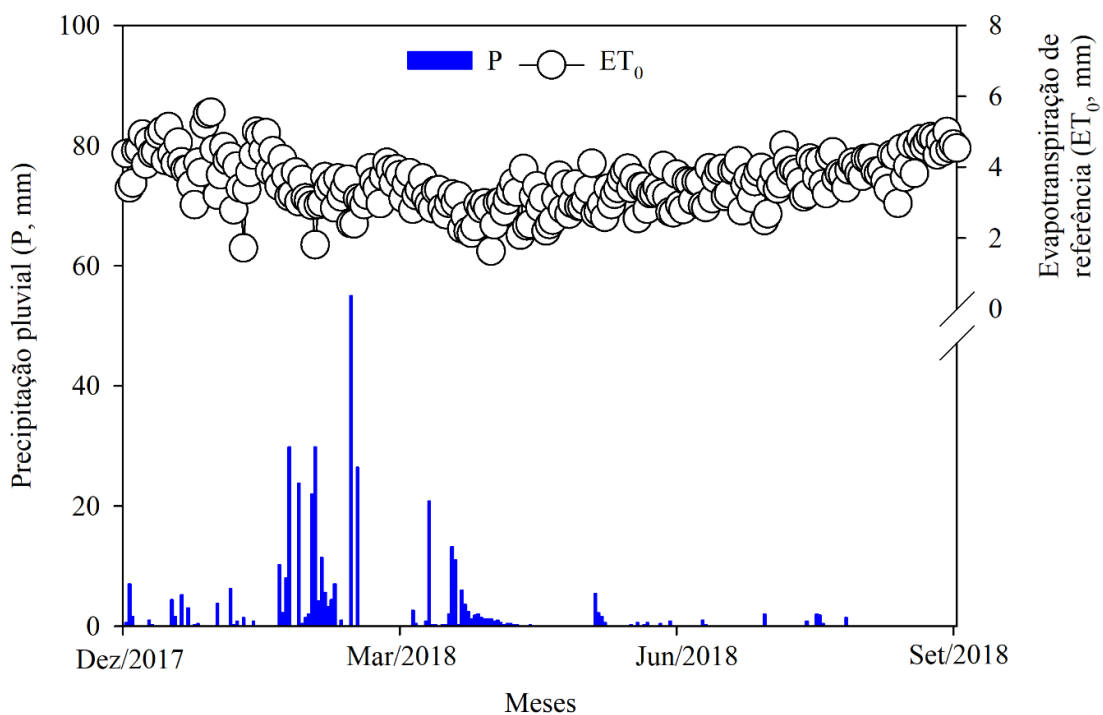
O estudo foi realizado no *Centro de referência internacional de estudos agrometeorológicos de palma e outras plantas forrageiras* da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, localizado no município de Serra Talhada, PE, Brasil ( $7^{\circ}57'20''$  S;  $38^{\circ}17'31''$  W, e altitude de 431m) (Figura 1).



**Figura 1.** Localização do experimento com palma forrageira, cultivada no Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Plantas Forrageiras - CentroRef, município de Serra Talhada-PE, Semiárido brasileiro.

Segundo a classificação de Köppen, a região tem clima do tipo BShw', ou seja, semiárido quente, com os maiores índices pluviométricos nos meses mais quentes, e o período seco nos meses mais frios (Alvares et al., 2013). A precipitação pluvial média observada é de 642 mm ano<sup>-1</sup>, com temperatura média do ar variando de 20,1 a 32,9 °C, umidade relativa do ar média de 63%, e uma demanda atmosférica média de 1.800 mm ano<sup>-1</sup>, ocasionando um déficit hídrico anual de aproximadamente 1.158 mm (Silva et al., 2015a; Pereira et al., 2015). O solo da área experimental, é classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico (SANTOS et al., 2018)

Ao longo do período experimental de dezembro de 2017 a setembro de 2018, a precipitação acumulada nos nove meses de ciclo foi de 382 mm, representando 59,5% da média histórica (642 mm). A evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), alcançou sua maior e menor magnitude nos meses de janeiro e abril com valores iguais a 5,55 e 1,63 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Porém, esse comportamento proporcionou média igual a 4,46 mm dia<sup>-1</sup>, ao longo do ciclo de condução (Figura 2).



**Figura 2.** Variáveis meteorológicas ao longo do período experimental (dezembro de 2017 a setembro 2018) em área cultivada com clones de palma forrageira, no município de Serra Talhada-PE.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados (DIC) em sistema fatorial 3×2: três clones de palma forrageira IPA Sertânia – IPA (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck); Miúda - MIU (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) e Orelha de Elefante Mexicana – OEM (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.))IPA, MIU, OEM) e dois turnos de irrigação (diurno e noturno), com dez repetições, totalizando 60 unidades experimentais.

Os clones de palma forrageira foram plantadas em vasos com volume total de 20 L (área 908 cm<sup>2</sup>), com espaçamento de 1,0 x 0,5 m (totalizando densidade de 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>). O solo coletado na área experimental foi devidamente peneirado e, logo após utilizado para preenchimento dos vasos. Em cada recipiente foi plantado um cladódio de palma forrageira, com 50% do comprimento do cladódio enterrado no solo.

Os eventos de irrigação foram realizados manualmente com o auxílio de uma proveta graduada. As lâminas de água aplicadas foram baseadas pela média pré-determinada em relação a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) (obtida pelo produto entre a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), calculada pela equação de Penman-Monthieth, parametrizada pelo boletim FAO (PM-FAO56) (ALLEN et al., 1998), e o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) igual 0,52 (QUEIROZ et al., 2016)), verificada em experimentos desenvolvidos anteriormente com clones de palma forrageira e, posteriormente, foi proposto uma lâmina de 2 litros por vaso, correspondente a 20 mm, volume que supria a exigência hídrica da semana. No entanto, quando ocorreu eventos de precipitação pluviométrica com volumes menores do estipulado, a cada 1 mm foi descontado 0,1 litros do total determinado. Para aferir foi coletado diariamente, dados meteorológicos em uma estação automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 20 m da área experimental.

A irrigação, diurna e noturna, foi realizada uma vez por semana (nas quintas-feiras), no horário das 7:00 da manhã e as 19:00 da noite. A água utilizada apresentou uma condutividade elétrica média de 1,62 dS m<sup>-1</sup>, classificada como C3 (alta salinidade), segundo a classificação de Richards (1954), pH de 6,84 e, concentração de sódio e potássio de 168,66 mg L<sup>-1</sup> e 28,17 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, oriunda de um poço artesiano.

As características estruturais da cultura foram obtidos a partir de campanhas biométricas realizadas mensalmente. Na ocasião, três plantas representativas da parcela útil (i.e. uma de cada clone) foram monitoradas para a obtenção das seguintes variáveis: altura de planta (AP),

largura da planta (LP), número total de cladódios (NTC) e por ordem de surgimento (NC1, NC2 e NC3). Em cada planta foi escolhida uma ramificação representativa, a fim de mensurar o comprimento dos cladódios (CC), largura dos cladódios (LC), perímetro dos cladódios (PC) e espessura dos cladódios (EC). De posse desses dados foram calculadas as áreas dos cladódios (AC) por ordem de surgimento e por clone de palma forrageira (Eq. 1, 2 e 3), conforme Silva et al. (2014b).

$$AC_{MIU} = 0,7198 \times CC \times LC \quad (1)$$

$$AC_{OEM} = 0,7086 \times (1 - \exp(-0,000045765 \times CC \times LC)) / 0,000045765 \quad (2)$$

$$AC_{IPA} = 1,6691 \times (1 - \exp(0,0243 \times PC)) / -0,0243 \quad (3)$$

em que, CC: comprimento do cladódio (cm); LC: largura do cladódio (cm), e PC: perímetro do cladódio (cm).

O índice de área dos cladódios (IAC) foi calculado por meio da razão entre a área total de cladódios e o espaçamento utilizado, conforme a equação 4 (Pinheiro et al., 2014):

$$IAC = \left( \sum_{i=1}^n AC \right) / 10.000 / (E1 \times E2) \quad (4)$$

em que, IAC: índice de área do cladódio observado ( $m^2 m^{-2}$ ); 10.000: fator de conversão de  $cm^2$  para  $m^2$ ; e  $E1 \times E2$ : espaçamento entre fileiras e plantas de cada clone, respectivamente.

Ao final do ciclo foi determinada a produtividade em massa fresca (MF,  $Mg ha^{-1}$ ), a partir do corte e pesagem das plantas (5 plantas por tratamento), logo após, foi escolhido dois cladódios do terço mediano para pesagem, obtendo-se o peso fresco e, posterior, peso seco por meio da secagem em estufa de circulação forçada de ar a  $55^\circ C$ , enquanto a produtividade de matéria seca (MS,  $Mg ha^{-1}$ ), foi estimada a partir dos teores de matéria seca dos cladódios e os valores estimados de MF das plantas. Com a relação entre o peso seco e peso fresco foi obtido o teor de matéria seca dos cladódios.

A eficiência do uso de água (EUA) e a relação entre a biomassa produzida pela cultura (em termos de massa fresca ou massa seca) em função de determinada lâmina de água recebida (precipitação e irrigação, mm) (Equação 5)

$$EUA_{(P+I)} = Y / (P+I) \quad (5)$$

em que:  $Y_a$  representa a produtividade alcançada em cada tratamento ( $kg planta^{-1}$ )

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade a 5% de significância. Atendendo as premissas, realizou-se a análise de variância (ANOVA) pelo teste F (5% de significância). O teste de hipótese sendo significativo, os dados foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Todo o procedimento estatístico foi realizado no software Rstudio (R Core Team, 2018).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os P – valor para todas as variáveis estudadas, levando em consideração cada fator de forma isolada e sua interação.

**Tabela 1.** P - valor para todas as variáveis determinadas, para cada fator isolado, bem como sua interação.

Fonte de variação	Variáveis													
	AP	LP	NCT	NC1	NC2	NC3	AC1	AC2	AC3	IAC	P <sub>MF</sub>	P <sub>MS</sub>	EUA <sub>MF</sub>	EUA <sub>MS</sub>
Clone	0.2708	0.008	<0.001	0.4017	<0.001	0.075	<0.001	<0.001	0.1316	0.0427	<0.001	0.001	<0.001	0.005
Turno de irrigação	0.9861	0.7078	0.3237	0.2673	0.0569	0.237	0.2649	0.5673	0.2971	0.1472	0.9295	0.7881	0.922	0.8566
Clone * Turno de irrigação	0.4209	0.2825	0.0258	0.9005	0.0144	0.2497	0.696	0.3563	0.3378	0.0495	0.0856	0.1537	0.0769	0.1528

Na Tabela 2 estão expostas as variáveis estruturais da palma forrageira. Analisando os valores médios, constatou-se que as variáveis não apresentaram interação entre os fatores estudados ( $P > 0,05$ ). No entanto, para LP e AC1 foi verificado que houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ), para os fatores isolados.

**Tabela 2.** Valores médios das variáveis de crescimento de clones de palma forrageira (IPA: IPA Sertânia, MIU: Miúda, OEM: Orelha de Elefante Mexicana) submetidos a dois turnos de irrigação em ambiente Semiárido

Clone	AP	LP	NC1	NC3	AC1	AC2	AC3
	-----cm-----	-----cm-----	-----Unid.-----	-----Unid.-----	-----cm <sup>2</sup> -----	-----cm <sup>2</sup> -----	-----cm <sup>2</sup> -----
OEM	41,9a	33,0b	3,7a	0,0a	293,1a	15,0a	0,0a
IPA	44,0a	38,3ab	4,3a	0,0a	212,8b	0,0a	0,0a
MIU	45,8a	43,4a	3,7a	0,7a	120,9c	106,0a	15,3a
Média	43,9	38,2	3,9	0,23	208,9	40,3	5,1
CV%	11,8	17,6	28,9	322,6	25,02	81,1	368,5
Turno de irrigação	AP	LP	NC1	NC3	AC1	AC2	AC3
Diurno	43,8	37,7	4,1	0,06	198,0	44,0	1,4
Noturno	43,9	38,7	3,6	0,4	219,8	37,1	8,7
Média	43,85	38,2	3,85	0,2	208,9	40,55	5,05
CV%	11,8	17,6	28,9	322,6	25,02	81,1	368,5

AP – altura da planta; LP – largura da planta; NC – número de cladódios (nas devidas ordens); AC – área do cladódio (nas devidas ordens). Média seguidas das mesmas letras na vertical não diferem entre si estatisticamente.

Em relação a altura de planta, foi evidenciado que os clones de palma forrageira e os turnos de irrigação estudados não influenciaram de forma significativa em seus valores, com valores médios iguais a 43,9 e 43,85 cm, respectivamente. Por outro lado, ao avaliar a variável largura, foi verificado que houve diferença entre os clones de palma estudados, com maiores valores para os clones Miúda (43,4 cm) e IPA (38,3 cm), resultado superior ao clone OEM (33 cm) em 31,5 e 16 % respectivamente, que diferindo-se apenas da MIU. Os valores médios para AP e LP são bem próximos aos encontrados por Pereira et al. (2015), que ao avaliar o crescimento de clones de palma forrageira em campo (IPA Sertânea, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana) submetidos a três frequências de disponibilidade de água (7, 14 e 28 dias) no semiárido, obtiveram valores médios de altura e largura da planta de 48,8 e 51,8 cm, respectivamente. No entanto, esses valores foram menores do que os citados por Cruz Neto et al. (2017), ao avaliar a aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos em sistema de produção de palma irrigada com dois regimes hídricos (756 e 493 mm ano<sup>-1</sup>), Serra Talhada, Pernambuco, onde obtiveram valores médios para altura e largura da planta iguais a 53,11 e 63,67 cm, nessa ordem, em 523 dias de ciclo. Para Rocha, Voltolini e Gava (2017) a diferença relacionada à estrutura morfológica de cada clone, onde a OEM apresenta crescimento semiaberto, que favorece a emissão de cladódios primários, enquanto os clones Miúda e IPA possuem maior desenvolvimento em altura. Além disso, o gênero *Nopalea* (IPA e Miúda) possuem maior emissão de cladódios de ordens superiores quando comparado a *Opuntia* (ARAÚJO JÚNIOR, et al., 2021), fato que promove a abertura do dossel, aumentando os valores de LP da planta. A análise dessas variáveis é importante principalmente quanto ao manejo do palmar (ROCHA, VOLTOLINI e GAVA, 2017).

A observação do desempenho do número de cladódios de primeira e terceira ordens (NC1 e NC3) demonstrou que os fatores estudados não proporcionaram significância em seus resultados, apresentando valores médios para clone e turno de irrigação de 3,9 e 3,85 unidades para o NC1, respectivamente, já para o NC3 os valores médios obtidos foram iguais a 0,23 e 0,2 unidades, respectivamente.

Entretanto, para a área do cladódio (Tabela 2) apenas o fator clone apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para a área do cladódio de primeira ordem (AC1), onde o clone OEM (293,1 cm<sup>2</sup>) demonstrou resultado superior a 37,7 % ao clone IPA (212,8 cm<sup>2</sup>) e de 142,4 % em comparação a MIU (120,9 cm<sup>2</sup>). No entanto, quando observado o fator turno de irrigação, em virtude da AC1 foi verificado que não teve resultados significativos, assim apresentando valor médio de 208,9 cm<sup>2</sup>. Porém, os fatores clones palma forrageira e turnos de irrigação, ao analisar

a área do cladódio de segunda ordem (AC2) foi comprovado que o mesmo não expôs significância nos seus valores ( $P > 0,05$ ), exprimindo valores médios iguais a 40,3 e 40,55 cm<sup>2</sup>, respectivamente. A área do cladódio de terceira ordem (AC3), manteve-se com padrão semelhante ao exposto pela AC2, apresentando valor médio igual a 5,1 cm<sup>2</sup> (clone) e 5,05 cm<sup>2</sup>, para clone e turno de irrigação, respectivamente. O valor encontrado para a AC1 nesse trabalho para o clone OEM de 293,1 cm<sup>2</sup> é superior ao encontrado por Pereira et al. (2015), na frequência de irrigação a cada 7 dias, com valor médio de 285 cm<sup>2</sup>, para o mesmo clone. Valores elevados de AC1 são importantes do ponto de vista fisiológico, uma vez que, no início de cada ciclo, esses são os responsáveis pela interceptação da energia luminosa utilizada na fotossíntese e acúmulo de biomassa. Essa situação corrobora afirmação anterior, pois como o gênero *Opuntia* se detem a emissão de cladódios primários, esses, por sua vez tendem a concentrar mais fotoassimilados, aumentando sua área foliar.

Os resultados expostos na Tabela 3, referentes às variáveis de crescimento (NTC, NC2 e IAC) demonstraram que houve interação significativa entre os fatores avaliados ( $P < 0,05$ ). Além disso, ao aferir os valores foi verificado que houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os fatores, clones e turnos de irrigação.

**Tabela 3.** Valores médios das variáveis de crescimento de clones de palma forrageira (IPA Sertânia - IPA, Miúda - MIU, Orelha de Elefante Mexicana - OEM) submetidos a dois turnos de irrigação em ambiente Semiárido

Variável	Irrigação	Clone		
		OEM	IPA	MIU
NTC (Unid.)	Diurna	5,2Ba	5,6Ba	9,8Ab
	Noturno	4,4Ba	5,0Ba	13,2Aa
NC2 (Unid.)	Diurna	0,2Ba	0,0Ba	4,8Ab
	Noturno	0,0Ba	0,0Ba	7,4Aa
IAC (cm <sup>2</sup> cm <sup>-2</sup> )	Diurna	1,45Aa	1,20Ba	1,11Bb
	Noturno	1,46ABa	1,13Ba	1,58Aa

NTC – número total de cladódios; NC2 – número de cladódios de segunda ordem; IAC – índice de área do cladódio. Para cada variável estudada, letras maiúsculas não diferem entre si nas linhas, enquanto letras minúsculas não diferem entre si na coluna.

Ao observar o número total de cladódios (NTC), verifica-se que a condição que proporcionou o maior NTC foi para a MIU submetido a irrigação noturna, obtendo valor médio de 13,2 unidades, no entanto, verifica-se que a mesma condição de turno para a OEM, apresentou o menor valor 4,4 unidades, resultado 200% menor ao do clone miúda. Esse resultado é bem próximo ao citado por Pereira et al. (2015), com valores média por clone de

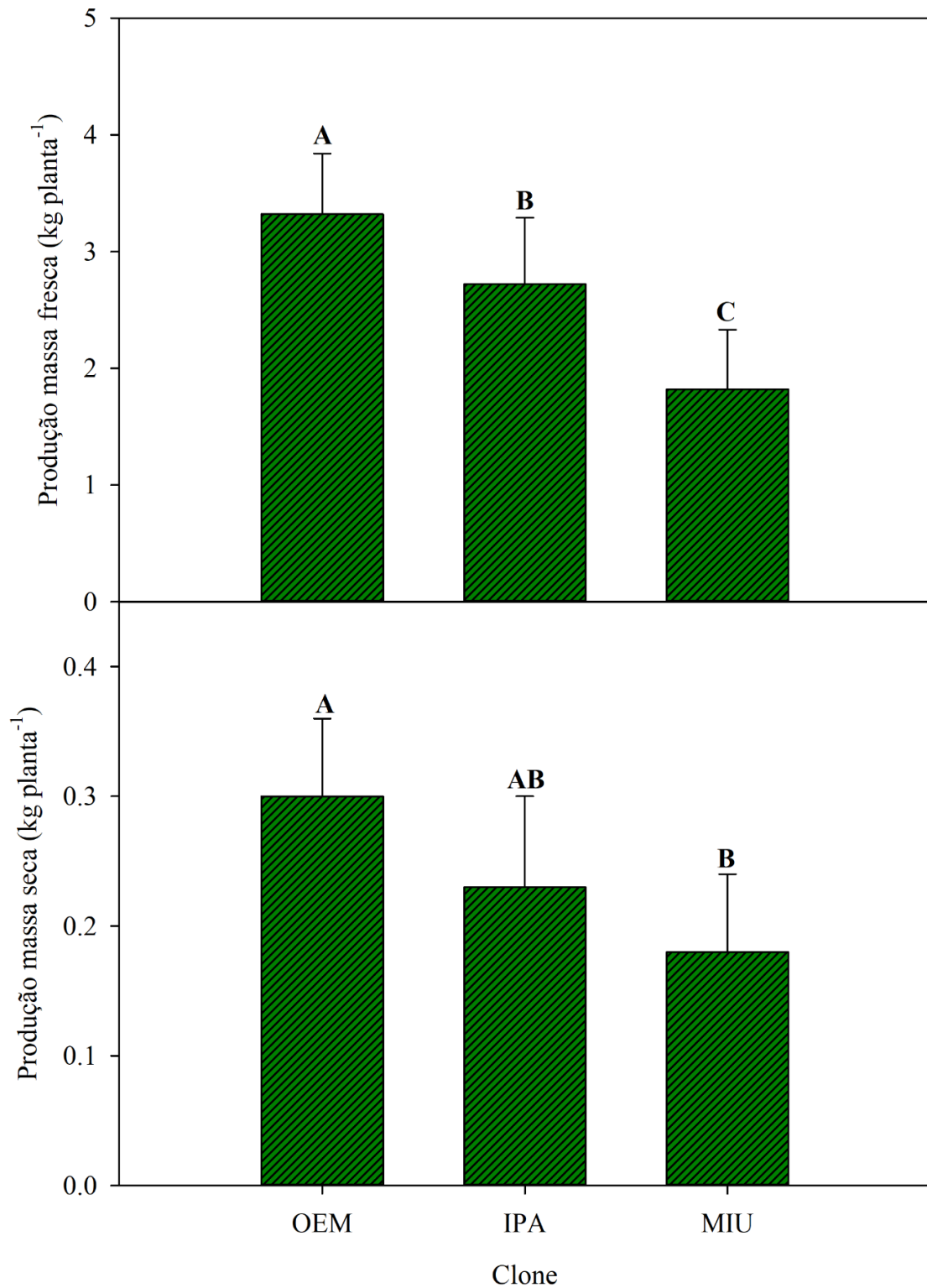
12,4 unidades, porém, média de 13,9 unidades alcançada pelo clone miúda. Esse resultados são maiores aos encontrados por Sales et al. (2009), que no primeiro ano produtivo obtiveram média de 5 unidades por clone. Estudos realizados por Araújo Junior et al. (2021) mostram que a taxa de emissão de cladódios do clone miúda é superior a dos demais clones, podendo chegar emitir até a 5ª ordem, o que reflete diretamente no NTC. Além disso, a associação deste clone a irrigação noturna pode potencializar a NTC, pois os efeitos da evaporação são mínimos a noite aumentando a disponibilidade de água para a cultura. Para a variável número de cladódios de segunda ordem (NC2), verificou-se que a irrigação noturna promoveu ao clone miúda melhor resultado, com valor médio igual a 7,4 unidades, por outro lado, foi verificado que, o clone IPA nos distintos turnos de irrigação e o clone OEM submetido a irrigação noturna, não apresentaram diferença entre si, apresentando valor médio próximo a 0 unidades. Esse resulta é superior ao encontrado por Silva et al. (2010a), avaliando características morfológica em 50 clones de palma em Caruaru, Pernambuco, entre os anos de 2005 e 2008, encontraram em três avaliações valores médios iguais a 6,8 unidades.

Em relação ao índice de área do cladódio (IAC) constatou-se que os maiores resultados estão relacionados à condição noturna para a MIU, com valor médio igual a  $1,58 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$  e, associados a resposta dos turnos diurno e noturno para o clone OEM, que apresentou valores médios iguais a  $1,45$  e  $1,46 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$ , respectivamente. Para o clone MIU submetida a irrigação diurna o valor médio foi de  $1,11 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$ , resultado 42,3% menor quando comparado a condição noturna para MIU, que foi o mais eficiente. Esses resultados foram superiores aos relatado por Silva et al. (2020b), investigando o efeito da irrigação suplementar na produtividade da palma forrageira, com análises ao logo de 365 dias, na cidade de Garanhuns-PE, constataram que as diferentes condições de disponibilidade hídrica não promoveram diferença significativa para IAC, apresentando valores médios a  $1,14 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$ .

Pinheiro et al. (2014) ao analisar as correlações do índice da área do cladódio com as características morfogênicas e produtivas em clones de palma forrageira, verificou que a magnitude do índice de área do cladódios se associa ao número total de cladódios presente na planta e ao hábito de crescimento da cultura. Dessa forma, os resultados obtidos pela OEM podem estar associados ao maior desenvolvimento da AC1, enquanto o clone MIU é influenciado pelo NTC. Porém, o clone MIU sofre efeito negativo quando submetida a irrigação diurna.

Para a produção de massa fresca e seca dos clones de palma forrageira apresentados (Figura 3), constatou-se que não houve interação entre os fatores estudados ( $P > 0,05$ ). No entanto, foi verificado que houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ), para o fator clone

isoladamente.



**Figura 3.** Produtividade de massa fresca e seca (kg planta<sup>-1</sup>) de clones de palma forrageira (IPA: IPA Sertânia, MIU: Miúda, OEM: Orelha de Elefante Mexicana) irrigados em ambiente semiárido.

Ao avaliar os dados de produção de massa fresca pela palma forrageira, foi demonstrado que o clone orelha de elefante mexicana teve a maior produção entre os clones estudados, com valor médio de produção igual a 3,20 kg planta<sup>-1</sup>, por outro lado, o clone miúda proporcionou a menor produção de massa fresca (1,8 kg planta<sup>-1</sup>), 77,7% menor quando comparado com o clone OEM.

Para a produção de massa seca da palma forrageira, os clones OEM e IPA proporcionaram melhores resultados, apresentando valores médios iguais a 0,30 kg planta<sup>-1</sup> e 0,23 kg.planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Porém, avaliando os dados obtidos para a produção de massa seca, o clone miúda apresentou o menor valor (0,18 kg planta<sup>-1</sup>) em comparação aos clones OEM e IPA, com 66,6 e 27,7% de produção a menos, respectivamente. Comportamento semelhante encontrado por Santos et al. (2005b), avaliando a produtividade de clones de palma na cidade de Caruaru-PE, relataram que o clone miúda apresentou os menores desempenhos produtivos entre os demais clones em termos de massa fresca e seca, em dois anos de cultivo. A superioridade da OEM quanto a produtividade de matéria fresca e seca pode estar atrelada a sua rusticidade e adaptabilidade as condições impostas, além disso, suas variáveis de crescimento (i.e AP, LP, NT, AC, taxa de emissão de cladódios, dentre outras.) favorecem esse feito, mesmo em condições limitantes (ALVES et al., 2022).

**Tabela 4.** Produtividade de massa fresca e seca (kg planta<sup>-1</sup>) de clones de palma forrageira (IPA: IPA Sertânia, MIU: Miúda, OEM: Orelha de Elefante Mexicana) submetidos a dois turnos de irrigação em ambiente Semiárido

Turno de irrigação	Produção (kg planta <sup>-1</sup> )	
	Massa fresca	Massa seca
Diurno	2,61	0,23
Noturno	2,63	0,24
<b>Média</b>	2,62	0,235
<b>CV%</b>	19,5	25,7

Analisando o comportamento dos turnos de irrigação na produção de massa fresca e seca foi observado que não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey. Avaliando os dados estudados, foi constatado que a produção de massa fresca alcançou média de produção igual a 2,62 kg planta<sup>-1</sup>, e para a produção de massa seca, os turnos proporcionaram valor média de produção igual a 0,235 kg planta<sup>-1</sup>.

Tendências semelhantes aos encontrados neste estudo, foi obtido por Silva et al. (2014a), estudando clones de palma forrageira no semiárido nordestino em condições de

sequeiro, com ciclo experimental de 745 dias, verificaram maior produtividade de massa fresca ( $5,21 \text{ kg planta}^{-1}$ ) à OEM, em comparação aos clones IPA ( $3,98 \text{ kg planta}^{-1}$ ) e MIU ( $3,76 \text{ kg planta}^{-1}$ ), Porém, para matéria seca, apresentou produtividade média igual a  $0,40 \text{ kg planta}^{-1}$ , resultados superiores aos encontrados nesse trabalho.

Queiroz et al. (2015), submentendo o clone de Orelha de Elefante Mexicana a diferentes lâminas de irrigação (0; 8,75; 17,5; 26,35 e 35 da evapotranspiração de referência) em Serra Talhada-PE, não verificaram diferença significativa em termo produtivos entre os fatores, com valores médios de massa fresca  $8,39 \text{ kg planta}^{-1}$  e  $0,52 \text{ kg planta}^{-1}$  de massa seca. Revelando que o aporte de água via irrigação não proporciona aumento no rendimento das culturas (OLIVEIRA et al., 2010).

Os dados referentes à eficiência do uso da água (EUA) não apresentaram interação significativa entre os tratamentos. Porém, quando observado os clones de palma forrageira isoladamente (Tabela 5), foi verificado que houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ), para as variáveis de  $EUA_{MF}$  e  $EUA_{MS}$ .

**Tabela 5.** Eficiência do uso da água (EUA) em diferentes clones de palma forrageira irrigados em ambiente Semiárido

Clone	EUA ( $\text{kg planta}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ )	
	Massa fresca	Massa seca
OEM	0,0048a	0,0004a
MIU	0,0026c	0,0002b
IPA	0,0039b	0,0003ab
Média	0,0038	0,0003
CV%	19,5	29,7

Ao analisar a eficiência do uso da água expressa em massa fresca, o clone de palma forrageira OEM alcançou produção de  $0,0048 \text{ kg planta}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , valor superior aos encontrados para IPA e MIU, que mostraram inferioridade de 23,07% e 84,61% quando comparados. Resultado similar ocorreu em relação à massa seca, o clone OEM com produção  $0,0004 \text{ kg planta}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , permanecendo como maior detentor de produtividade de massa seca, resultado superior de 100% e 33,33% quando comparado à produtividade dos clones MIU e IPA respectivamente. Segundo Silva et al. (2020), considerando a EUA, a escolha do sistema cultivo depende da maior conversão de água em produtividade. Logo, essa afirmação corrobora com a escolha do clone OEM para um sistema de cultivo mais eficiente quando comparado aos demais clones.

**Tabela 6.** Eficiência do uso da água (EUA) em diferentes clones de palma forrageira submetidos a dois turnos de irrigação em ambiente Semiárido

Turno de irrigação	EUA (kg planta <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )	
	Massa fresca	Massa seca
Diurno	0,0037	0,00033
Noturno	0,0038	0,00034
Média	0,0038	0,0003
CV%	19,5	29,7

Ao analisar o fator turno de irrigação, foi verificado que não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey, para os períodos diurno e noturno. Neste caso, a escolha do turno de aplicação dependerá da logística e necessidade do irrigante, não havendo influência na eficiência do sistema. Em relação aos valores médios da EUA durante o ciclo da cultura, foi igual 0,0038 kg planta<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, para massa fresca, e de 0,0003 kg planta<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, quando se considerou massa seca.

Estudo realizado por Silva et al. (2014), avaliando os indicadores de eficiência do uso da água para palma forrageira cultivada em sequeiro, nas condições climáticas de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil, constataram maior eficiência do uso da água no clone OEM, mesmo comportamento obtido no presente estudo. Ainda segundo os autores, os dados médios obtidos para os clones foram iguais 0,0028 kg MF planta<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> e 0,00026 kg MS planta<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> (assumindo o volume de água precipitada), valores menores ao obtido no presente estudo, que foi 0,0038 kg MV planta<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> e, 0,0003 kg MS planta<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para massa fresca e seca, respectivamente. Essa diferença nos valores obtidos para EUA entre os estudos, pode ser explicada pela diferença de densidade de plantas entre os estudos. No entanto, é verificado que para ambos os estudos, a maior EUA foi obtida quando utilizou-se o clone OEM, estes resultados estão associada as características desse clone, tais como maior adaptabilidade e maior produção de forragem em comparação aos clones IPA e Miúda (ALVES et al., 2022)

Consoli et al. (2013) em estudo com a *Opuntia ficus-indica* L. (Mill.), com plantas de dez anos de idade e aproximadamente três metros de altura, nas condições de clima mediterrâneo da Sicília, Itália, obtiveram valores de EUA de 0,14 kg MS planta<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> e 0,17 kg MS planta<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, para os anos de 2009 e 2010, respectivamente. Foi constatado que os valores da EUA foram maiores que aos encontrados neste trabalho, tal resultado, é evidenciado que além condições climáticas distintas pela maior idade da cultura, em relação ao tempo de condução do presente experimento, que durou apenas nove meses. Logo, é verificado que além

da escolha do clone de palma forrageira utilizado no cultivo, outro fator de extrema importância quanto a eficiência do sistema é a duração do ciclo da cultura.

No entanto, o conhecimento interdisciplinar é essencial para a agricultura irrigada, quando nos referimos ao aumento da EUA pelas culturas, que é bastante complexa. Porém algumas práticas agrônômicas podem favorecer a elevação desses valores, dentre essas, podem ser citadas, manejo de água, espécies adaptadas, espaçamento, adubação, além dos fatores climáticos (BANDEIRA et al., 2013; DUBEX JUNIOR et al., 2006; LEITE, 2009).

## 6. CONCLUSÕES

Para as variáveis de crescimento dos clones de palma forrageira submetidos a irrigação diurna e noturna, foram influenciadas apenas o NTC, AC2 e IAC, com maiores valores para o clone miúda.

Os turnos de irrigação não apresentaram influência sob a maioria das variáveis estudadas para os clones de palma forrageira.

Em termos de produtividade da planta, o clone OEM apresentou a melhor EUA com base na massa fresca e a maior produtividade de massa fresca, e os clones com maior EUA na base de massa seca e melhor desempenho de produção de massa seca foram OEM e IPA.

À adoção do clone OEM, independente do turno de irrigação, é a estratégia para alcançar o melhor sistema de produção, visando a maior produtividade e eficiência dos recursos utilizados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT C. L., AH KOON P. D. Contrasting soil moisture environments beneath sugar cane drip irrigated during the day, and at night. **Agricultural Water Management**, v. 22, Issue 3, Pages 271-279, November 1992.

AGUIAR, S. C. et al. Sustentabilidade da pecuária leiteira do semiárido brasileiro com base em vulnerabilidade e resiliência socioecológica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 236-248, 2020.

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper**, 56, 1998.

ALMEIDA, R. F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semiárido brasileiro. ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, C. P. et al. How to enhance the agronomic performance of cactus-sorghum intercropped system: planting configurations, density and orientation. **Industrial Crops and Products**, v. 184, p. 115059, 2022.

ALVES, C. P. et al. Consórcio palma-sorgo sob lâminas de irrigação: balanço de água no solo e coeficientes da cultura. **Agrometeoros**, v. 27, n. 2, p. 347–356, 2019.

ALVES, C. P. et al. Resiliência agrícola no cultivo consorciado palma-sorgo em ambiente semiárido: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 7, p. 3932-3952, 2021.

ANDRADE, A. J. P.; SOUZA, C. R.; SILVA, N. M. A vulnerabilidade e a resiliência da agricultura familiar em regiões semiáridas: o caso do Seridó Potiguar. **CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária**, v. 8, n. 15, 2013.

ARAÚJO JÚNIOR, G. N. et al. Estresse hídrico em plantas forrageiras: Uma revisão. **Pubvet**, v. 13, p. 148, 2018.

ARAÚJO JÚNIOR, G.N. et al. Phenophases, morphophysiological indices and cutting time in clones of the forage cacti under controlled water regimes in a semiarid environment. **Journal of Arid Environments** v. 190, 104510, 2021.

ARAÚJO, G. G. L. Os impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos e a produção animal em regiões Semiáridas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.4, p.598-609, 2015.

ARBA, M. et al. Effect of irrigation at critical stages on the phenology of flowering and fruiting of the cactus *Opuntia* spp. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 4, p. 653-660, 2018.

BANDEIRA, G. R. L et al. Desempenho agrônômico de cultivares de cebola sob diferentes manejos de irrigação no submédio São Francisco. **Irriga**, v. 18, n. 1, p. 73-84, 2013.

BARBOSA, M. L. et al. Crescimento inicial de espécies ocorrentes no semiárido brasileiro: biomassa, biometria e análise morfogênica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 3, p. 522-539, 2013.

BUAINAIN, A. M, GARCIA, J. R. Desenvolvimento rural do semiárido brasileiro: transformações recentes, desafios e perspectivas. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 19, 2013.

CAVALCANTE, L. A. D. et al. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 424-433, 2014.

CLAY, N., ZIMMERER, K. S. Who is resilient in Africa's green revolution? Sustainable intensification and climate smart agriculture in Rwanda. **Land Use Policy**, v. 97, p. 104558, 2020.

CONSOLI, S., INGLESE, G., INGLESE, P. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) orchard in a Semi-arid

Environment. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 139, n. 8, p. 680-690, 2013.

CORREIA, R. C. et al. A região semiárida brasileira. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2011.

CRISPIM, A. B. et al. A questão da seca no semiárido nordestino e a visão reducionista do Estado: a necessidade da desnaturalização dos problemas socioambientais. **Ambiente & Educação**, v. 21, n. 2, p. 39-59, 2016.

CRUZ NETO, J. F. et al. Aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos para análise do incremento de água por irrigação em sistemas de produção da palma forrageira, cv. Miúda. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 2, p. 98-106, 2017.

DIAS, E. M. S. et al. Mudanças climáticas e agropecuária: vulnerabilidades da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. **COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 3, p. 20-39, 2021.

DÍAZ, F. J. et al. Using saline soil and marginal quality water to produce alfalfa in arid climates. **Agricultural Water Management**, v. 199, p. 11-21, 2018.

DINIZ, W. J. S. et al. Forage cactus-sorghum intercropping at different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 724-733, 2017.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira-Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 3, p. 357-372, 2006.

EAKIN, H. C., LEMOS, M. C., NELSON, D. R. Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. **Global Environmental Change**, v. 27, p. 1-8, 2014.

EESWARAN, R. et al. Evaluating the applicability of soil moisture-based metrics for gauging the resiliency of rainfed agricultural systems in the midwestern United States. **Soil and Tillage Research**, v. 205, p. 104818, 2021.

FERREIRA, M. A. et al. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. SPE, p. 322-329, 2009.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 2, p. 78-85, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). Censo Demográfico 2010. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> Acesso em: 18/09/2021.

JARDIM, A. M. R. F. et al. Dinâmica da água no solo com cultivo de palma forrageira sob quatro sistemas de plantio. **Agrometeoros**, v. 27, n. 2, p. 357-365, 2019.

KHORSANDI, F; SIADATI, S. M. H; RASTEGARY, J. Haloengineering as a vital component of sustainable development in salt-affected ecosystems. **Environmental Development**, v. 35, p. 100545, 2020.

LEITE, M. L. M. V. **Avaliação de clones de Palma forrageira submetidos a adubações e sistematização de informações em propriedades do Semiárido paraibano**. 2009. 186 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

LIMA, A. S. et al. Determinação da área de cladódios e fator de correção da palma forrageira sob fertirrigação nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 1, p. 3803, 2020.

LIMA, R. M. B. et al. Substituição do milho por palma forrageira: comportamento ingestivo de vacas mestiças em lactação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 25, n. 2, p. 347-353, 2003.

LIMA, L. R. et al. Productive-economic benefit of forage cactus-sorghum intercropping systems irrigated with saline water. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 191-201, 2018.

LUCENA, J. A. et al. Produção Agropecuária e Correlação com a Dinâmica Climática em Caicó-RN. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 6, n. 6, p. 1617-1634, 2013.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, Lincoln M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

MARQUES, O. F. C. et al. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MEDEIROS, A. S. et al. Soil carbon losses in conventional farming systems due to land-use change in the Brazilian semi-arid region. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 287, p. 106690, 2020.

MONTEIRO, J. E. et al. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. 2009.

MORAES, G. S. O. et al. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: How do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions?. **Livestock Science**, v. 221, p. 133-138, 2019.

NOGUEIRA, F. R. B; SIMÕES, S. V. D. Uma abordagem sistêmica para a agropecuária e a dinâmica evolutiva dos sistemas de produção no nordeste semi-árido. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, 2009.

NUNES, J. S. L. et al. Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. **Agrometeoros**, v. 27, n. 2, 2020.

OLIVEIRA, E. A.; JUNQUEIRA, S. F.; MASCARENHAS, R. J. Caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (*Opuntia ficus indica* L. mill) cultivada no sertão dosub-médio São Francisco. **Holos**, v. 3, p. 113-119, 2011.

OLIVEIRA, F. T. et al. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 27-37, 2010.

PEÑA-VALDIVIA, C. B. et al. Efecto de la restricción de agua edáfica en el potencial de agua y acidez diurna y nocturna de *Ferocactus histrix* y *F. pilosus*. **Polibotánica**, n. 44, p. 167-183, 2017.

PEREIRA, F. C. et al. Índice de sobrevivência de *Opuntia ficus indica* L.(Mill) CACTACEAE em áreas degradadas do Seridó Paraibano. In: **VII CONNEPI- Congresso Norte Nordeste Pesquisa e Inovação**. 2012.

PEREIRA, P. C. et al. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 184-195, 2015.

PINHEIRO, K. M. et al. Correlações do índice de área do cladódio com características morfológicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 49, n. 12, p. 939-947, 2014.

QUEIROZ, M. G. et al. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 931-938, 2015.

QUEIROZ, M. G. et al. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. **Revista Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Irrigação, p.141-154, 2016.

R Core Team, 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>.

RAI, R. K. et al. Assessing climate-resilient agriculture for smallholders. **Environmental Development**, v. 27, p. 26-33, 2018.

RAO, C. S. et al. Agro-ecosystem based sustainability indicators for climate resilient agriculture in India: a conceptual framework. **Ecological Indicators**, v. 105, p. 621-633, 2019.

**Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 7, n. 4, p. 08-14, 2012.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington DC, US Department of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).

Rocha, R.S.; Voltolini, T.V. e Gava, C.A.T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de Zootecnia**. V. 66, n. 255, p. 365-373, 2017.

ROY, R. et al. Resilience of coastal agricultural systems in Bangladesh: Assessment for agroecosystem stewardship strategies. **Ecological Indicators**, v. 106, p. 105525, 2019.

SALES, A. T et al. Adaptation potential of cactus pear to soil and climatic conditions of the semi-arid in Paraíba State, Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 811, p. 395-400, 2009.

- SANTOS, D. C. et al. Produtividade de clones de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Caruaru-PE. In: **Congresso Brasileiro de Zootecnia**. 2005b.
- SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed., **Brasília, DF: Embrapa**, 356p, 2018.
- SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; BATISTA, A. M. V. Valor nutritivo e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes. **A Palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 2º ed., Editora Universitária da UFPE. Recife-PE**, p. 143-162, 2005.
- SEVERO, D. S. et al. Elaboração e caracterização físico-química e microbiológica da farinha da palma, *Opuntia ficusindica* Mill, em diferentes temperaturas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 32, 2015.
- SILVA, A. P. G. et al. Características físicas, químicas e bromatológicas de palma gigante (*Opuntia ficus-indica*) e miúda (*Nopalea cochenillifera*) oriundas do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 9, n. 2, p. 1810-1820, 2015b.
- SILVA, E. C. B. et al. Efeito da Irrigação Suplementar na Produtividade e Eficiência no uso de água da palma forrageira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 6, p. 2744-2759, 2020b.
- SILVA, F. E. L.; BEZERRA, J. A. Região e Território: um breve olhar sobre a nova delimitação do Semiárido brasileiro. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, v. 14, n. 2, p. 66-82, 2020.
- SILVA, F. G. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 19, p. 946-952, 2015c.
- SILVA, G. Í. N. et al. Cultivo de plantas forrageiras de apelo regional para o Semiárido brasileiro sob a perspectiva de técnicas agromecânicas para melhoria da resiliência: uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 10, pág. e1449108291-e1449108291, 2020.
- SILVA, N. G. M et al. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2389-2397, 2010a.
- SILVA, P. C. G. et al. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2010.
- SILVA, R. M. A. et al. Características produtivas e socioambientais da agricultura familiar no Semiárido brasileiro: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2017. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 55, 2020a.
- SILVA, T. G. F. et al. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 7, p. 515–525, 2015a.
- SILVA, T.G.F et al. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia**, v. 73, p. 184-191, 2014a.

SILVA, T.G.F. et al. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 9, 4, 633 – 641, 2014b.

SILVA, Y. L. et al. A produção animal na economia da agricultura familiar: Estudo de caso no semiárido brasileiro. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 35, n. 1, p. 53-74, 2018.

SOUZA, D. D.; PACHECO, C. S. G. R. Espécies nativas para alimentação de ruminantes em Ouricuri-PE e seus impactos ambientais. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 15, n. 1, p. 71-78, 2019.

SUDENE - Superintendência do desenvolvimento do Nordeste. 2017. Disponível em: <http://antigo.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>.

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. 2021. Delimitação do Semiárido. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiariadorelatorio/v.pdf>.

ŠŪMANE, S. et al. Local and farmers' knowledge matters! How integrating informal and formal knowledge enhances sustainable and resilient agriculture. **Journal of Rural Studies**, v. 59, p. 232-241, 2018.

XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L.; BRITO, L. T. L. Tecnologias de convivência com o Semiárido Brasileiro. **Série Ciência e Tecnologia, 1aed., Banco do Nordeste do Brasil-Fortaleza-CE**, 2019.