

JANDIS FERREIRA NUNES DE ARAUJO

A INTENSIDADE DE CORTE E O MANEJO FONTE-DRENO AFETAM AS TAXAS
MORFOLÓGICAS E O DESEMPENHO PRODUTIVO DA PALMA FORRAGEIRA

Serra Talhada-PE

2025

**A
R
A
U
J
O**

**J
F
N**

**I
N
T
E
N
S
I
D
A
D
E**

**D
E**

**C
O
R
T
E**

**.
.
2
0
2
5**

JANDIS FERREIRA NUNES DE ARAUJO

A INTENSIDADE DE CORTE E O MANEJO FONTE-DRENO AFETAM AS TAXAS
MORFOLÓGICAS E O DESEMPENHO PRODUTIVO DA PALMA FORRAGEIRA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva

Serra Talhada-PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

A658i Araujo, Jandis Ferreira Nunes de.

A intensidade de corte e o manejo fonte-dreno afetam as taxas morfológicas e o desempenho produtivo da palma forrageira / Jandis Ferreira Nunes de Araujo. - Serra Talhada, 2025.

50 f.; il.

Orientador(a): Thieres George Freire da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica Serra Talhada - UAST, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal , Serra Talhada, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Células clonais. 2. Clonagem. 3. Caule. 4. Produção vegetal 5. Plantas forrageiras - Colheita. I. Silva, Thieres George Freire da, orient. II. Título

CDD 581.15

JANDIS FERREIRA NUNES DE ARAUJO

A INTENSIDADE DE CORTE E O MANEJO FONTE-DRENO AFETAM AS TAXAS
MORFOLÓGICAS E O DESEMPENHO PRODUTIVO DA PALMA FORRAGEIRA

Dissertação ou Tese apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre ou Doutor em Produção Vegetal.

APROVADO em ____/____/_____.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva – UAST/UFRPE
Orientador

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva – UFRPE
Examinador Interno

Prof. Dr. Alessandro Oliveira da Silva – UFC
Examinador Externo

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 por ter abençoado meu caminho e colocado pessoas maravilhosas na minha vida durante todo o curso.

À 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. À meus irmãos Mário Ferreira, Joice Ferreira e Maysa Ferreira que sempre torceram pelo meu sucesso e me deram todo apoio.

À minha noiva 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 grandes amigos que pude dividir o dia a dia e conviver academicamente: George do Nascimento, Leonardo Francelino, Marcelo José, Cleber, Daniela, João Pedro, Álefe Chagas, Leide, Wagner, Gustavo, Ericks, Emanuel Juan, Jasiel. Agradeço o grande apoio, companheirismo, conversas e conselhos. Me orgulho de ter conhecido pessoas maravilhosas como vocês. O meu muito obrigado.

À todos os meus colegas de turma, em especial à: Leonardo Francelino, Jheiny, Rodrigo, David, Bianca, Juliana, Nerissa, Pedro, levarei todos vocês comigo. Obrigado pela ajuda, amizade, companheirismo e pelos momentos que compartilhamos nos corredores da UAST e por todos os momentos felizes que presenciamos nas viagens de aulas práticas. Aos integrantes do Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS), em especial à, Leonardo, Cleber, Alexandre Maniçoba, Carlos André, 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.

Aos professores que fazem parte do programa de pós-graduação em produção vegetal, sendo todos de excelente qualidade e comprometidos. Pelas experiências e aprendizado. Levarei comigo um pouco de cada um na minha vida pessoal e profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa, e financiamento dos projetos de pesquisa.

Meus sinceros agradecimentos
a todos!

Quem cedo madruga, Deus ajuda.

RESUMO

O entendimento das limitações na produção de forragem em ambientes semiáridos, é necessário para o planejamento, tomada de decisão e escolha de estratégias adequadas para promover o aumento da produção de forragem. Nesse sentido, hipotetizou-se que o manejo fonte – dreno (Fondren) e intensidade de corte em cultivo de palma irrigada, promove alterações no crescimento, desenvolvimento e favorece o aumento da produtividade da palma forrageira. Para isso, foi avaliado como a intensidade de corte e manejo fonte-dreno (Fondren) modificam as características estruturais, produtividade, taxas morfofisiológicas e fases fenológicas de clones de palma forrageira irrigados em ambiente Semiárido. Para tal, o experimento foi conduzido no município de Serra Talhada – PE. Os materiais vegetais utilizados foram os clones de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) – OEM e Miúda [*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck] – MIU. O delineamento adotado para experimento foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2x2x2, ou seja, clones (MIU e OEM), fondren (CF – com fondren; SF – sem fondren) e intensidade de corte (SIC – sem intensidade de corte; CIC – com intensidade de corte), com quatro repetições cada. Ao decorrer do primeiro e segundo ciclo foi realizado acompanhamento do crescimento da palma forrageira, realizando coleta de dados biométricos (AP – altura, LP – largura e NC – número de cladódios por ordem de surgimento) e de biomassa no decorrer do ciclo. Ao analisar a variável produtividade os tratamentos OEM_CIC e OEM_CF_CIC alcançaram as maiores produtividade, com valores iguais a 390.899 e 334.241 Mg ha⁻¹, respectivamente, seguidos dos tratamentos OEM_SF_SIC e OEM_CF_SIC com valores iguais a 284.485 e 262.256 Mg ha⁻¹. A integração do manejo de intensidade de corte em cultivos com o clone orelha de elefante mexicana promove incremento na produtividade de matéria fresca e seca.

Palavras-chave: clones, emissão de cladódios, estratégia na colheita, produtividade.

ABSTRACT

Understanding the limitations of forage production in semiarid environments is necessary for planning, decision-making, and choosing appropriate strategies to promote increased forage production. In this sense, it was hypothesized that source-sink management (Fondren) and cutting intensity in irrigated palm cultivation promote changes in growth and development and favor increased productivity of forage palm. To this end, it was evaluated how cutting intensity and source-sink management (Fondren) modify the structural characteristics, productivity, morphophysiological rates, and phenological phases of irrigated forage palm clones in a semiarid environment. To this end, the experiment was conducted in the municipality of Serra Talhada, PE. The plant materials used were the clones of forage palm Mexican Elephant Ear (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) – OEM and Miúda [*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck] – MIU. The experimental design adopted was a randomized block design (DBC), in a 2x2x2 factorial scheme, i.e., clones (MIU and OEM), fondren (CF – with fondren; SF – without fondren) and cutting intensity (SIC – without cutting intensity; CIC – with cutting intensity), with four replicates each. During the first and second cycles, the growth of forage cactus was monitored, collecting biometric data (AP – height, LP – width and NC – number of cladodes in order of emergence) and biomass throughout the cycle. When analyzing the productivity variable, the OEM_CIC and OEM_CF_CIC treatments achieved the highest productivity, with values equal to 390,899 and 334,241 Mg ha⁻¹, respectively, followed by the OEM_SF_SIC and OEM_CF_SIC treatments with values equal to 284,485 and 262,256 Mg ha⁻¹. The integration of cutting intensity management in crops with the Mexican elephant ear clone promotes an increase in fresh and dry matter productivity.

Keywords: clones, cladode emission, harvesting strategy, productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da nova delimitação do Semiárido Brasileiro. Fonte: SUDENE (2021)	16
Figura 2. 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.	21
Figura 3. Evapotranspiração de referência (ET ₀) e precipitação pluviométrica em área de cultivo de palma forrageira, durante o período de outubro de 2018 a agosto de 2022, em Serra Talhada – PE. Fonte: Autor.	22
Figura 4. Ilustração da primeira fase da aplicação do manejo fondren na cultura da palma forrageira, cultivares OEM e Miúda. No município de Serra Talhada – PE, Brasil. Fonte: Autor.	24
Figura 5. Nova aplicação do manejo fondren e desbaste realizado apenas nas duas fileiras (destacadas em vermelho, CIC – com intensidade de corte) de cada parcela de palma forrageira. Fonte: Autor.	25
Figura 6. Ilustração das situações de corte para a segunda aplicação do manejo fondren na cultura da palma forrageira, cultivares OEM e Miúda. No município de Serra Talhada – PE, Brasil. Fonte: Autor.	25
Figura 7. Produtividade de massa fresca (Mg ha ⁻¹) da interação tripa em clones (Miúda – Miu e Orelha de Elefante Mexicana – OEM) de palma forrageira submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido. SIC – sem intensidade de corte; CIC – com intensidade de corte.	34
Figura 8. Índices morfofisiológicos dos dois ciclos de clones de palma forrageira (MIU – miúda e OEM – orelha de elefante mexicana) submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido.	36
Figura 9. Fenofase vegetativa do primeiro ciclo da palma forrageira (MIU – miúda e OEM – orelha de elefante mexicana) submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido.	38
Figura 10. Fenofase vegetativa do segundo ciclo da palma forrageira (MIU – miúda e OEM – orelha de elefante mexicana) submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios e p-valor dos fatores isolados das características morfológicas de clones (Miúda – Miu e Orelha de Elefante Mexicana – OEM) de palma forrageira submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido.	28
Tabela 2. Valores médios e p-valor dos fatores isolados das características morfológicas e produtivas de clones (Miúda – Miu e Orelha de Elefante Mexicana – OEM) de palma forrageira submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido..	30
Tabela 3. Interação entre clones e intensidade de corte, média e p-valor das características morfológicas e produtivas de clones (Miúda – Miu e Orelha de Elefante Mexicana – OEM) de palma forrageira submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido.	32
Tabela 4. Interação entre clones e manejo fondren, média e p-valor das características morfológicas de clones (Miúda – Miu e Orelha de Elefante Mexicana – OEM) de palma forrageira submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido..	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. Caracterização socioeconômica do Semiárido: ênfase na atividade pecuária.....	15
2.2. Práticas agrícolas para intensificação da produção de forragem em ambiente semiárido.	17
2.3. Sistemas de produção da palma forrageira: como o manejo de corte afeta o crescimento e a produtividade	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Área de estudo e caracterização da área experimental	20
3.2. Espécies estudadas, design experimental e manejo da cultura.....	22
3.3. Procedimentos de condução experimental	24
3.4. VARIÁVEIS ANALISADAS	26
3.4.1. Características estruturais e produtividade da palma forrageira.....	26
3.4.2. Índices morfofisiológicos da palma forrageira.....	27
3.4.3. Determinação da fenologia da palma forrageira.....	27
3.5. Tratamentos dos dados e análise estatística.....	27
4. RESULTADOS	28
4.1. Características estruturais e produtividade da palma forrageira.....	28
4.2. Índices morfofisiológicos da palma forrageira.....	35
4.3. Determinação da fenologia da palma forrageira.....	37
5. DISCUSSÃO.....	40
5.1. Características estruturais e produtividade da palma forrageira.....	40
5.2. Índices morfofisiológicos da palma forrageira.....	41
5.3. Determinação da fenologia da palma forrageira.....	42
6. CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são uma realidade e, projeções indicam possível aumento de 4°C na temperatura do ar e redução das chuvas de 20% na região semiárida do nordeste brasileiro, provocando modificações no tipo de vegetação da região (Silva *et al.*, 2017).

Em regiões semiáridas onde ocorre secas frequentes e intensas, limitando o desenvolvimento das plantas, tendem a sofrer mais com as mudanças climáticas, devido a susceptibilidade a essas adversidades, provocando impactos diretos à agricultura (Carneiro *et al.*, 2025). Essa condição edafoclimática provoca redução da produção e disponibilidade e qualidade da forragem, afetando diretamente a pecuária que é a principal atividade desenvolvida nessa região (Alves *et al.*, 2022a; Silva *et al.*, 2017).

Diante dessas informações, para melhorar a conviver nesses ambientes fica evidente a necessidade de adotar estratégias para promover o aumento da resiliência agrícola, visando favorecer a utilização dos recursos naturais. Uma alternativa para contornar as perdas e aumentar a eficiência dos sistemas de produção, é a adoção do cultivo de espécies tolerantes e/ou adaptadas ao déficit hídrico (Lima *et al.*, 2018; Nunes *et al.*, 2020a). Nesse contexto a palma forrageira (*Opuntia* sp. E *Nopalea* sp.), desempenha importante papel em ambiente semiárido, por possuir aspectos anatômicos e morfofisiológicos que evidenciam a sua adaptação (Pinheiro *et al.*, 2014). Essas características estão associadas ao seu metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), que lhes confere alta eficiência no uso da água (EUA), da radiação (EUR), abertura estomática e fixação de CO₂ a noite, ou seja, maior eficiência em relação a plantas C₃ e C₄, tornando o cultivo de palma forrageira estratégico em ambiente semiárido (Araújo Júnior *et al.*, 2021b; Jardim *et al.*, 2023).

Embora adaptada, a palma forrageira ainda requer um manejo que otimize suas respostas, como crescimento e desenvolvimento, às condições de cultivo, assim é possível aumentar a produtividade e garantir uma maior oferta de forragem para o rebanho durante os períodos de estiagem nessas regiões. Dessa forma, o manejo baseado em fonte-dreno e a intensidade de cortes, são técnicas de baixo custo e de fácil aplicação (Santos *et al.*, 2021). Em estudos desenvolvidos por Santos *et al.* (2021) evidenciam que o manejo fondren consiste no equilíbrio entre área fotossintética (fonte) e os órgãos receptores de fotoassimilados (dreno), gerando resultados positivas a cultura.

Ao avaliar a influência da intensidade de corte nas características morfológicas e produtividade da palma orelha de elefante mexicana Pereira *et al.* (2020) evidenciaram

melhores repostas nas características morfológicas e produtiva da palma forrageira, apresentando maior altura, largura e produtividade quando aplicado menor intensidade de corte (preservando cladódios de primeira ordem), alcançando produtividade de massa seca igual a 37,55 Mg.ha⁻¹, resultado 79% superior quando comparado a maior intensidade de corte. Além do manejo fondren, uma alternativa e a intensidade de corte da palma forrageira. Estudo desenvolvido avaliando a influência de diferentes intensidades de corte na palma forrageira, mostraram que manter cladódios de segunda ordem no momento da colheita promove modificações nas características morfológicas e, proporciona incremento de 130% na produtividade de massa seca da palma forrageira (Pereira *et al.*, 2020).

Na literatura diversos estudos foram desenvolvidos em cultivos com palma forrageira em ambiente semiárido, visando investigar o aumento da resiliência agrícola e potencialização da produtividade dessa cultura. Dentre esses estudos podemos citar Alves *et al.* (2022a) avaliaram a influência da orientação de cultivo e espaçamento entre plantas/linhas sobre o crescimento e a produtividade da palma forrageira em cultivo consorciado e exclusivo. Enquanto Silva *et al.* (2023b) investigaram a orientação de cultivo associado a densidade de plantio e as relações hídricas na cultura da palma, Ferraz *et al.* (2020) e Queiroz *et al.* (2015) estudaram as características produtivas da palma forrageira submetidas a diferentes lâminas de irrigação, Araújo Júnior *et al.* (2021a) avaliaram o uso de irrigação por déficit regulado na composição bromatológica, produtividade e benefícios econômicos no cultivo de palma forrageira. No entanto, é necessário compreender as repostas no crescimento e produtividade em cultivos de palma forrageira quando aplicado técnicas de manejo fonte-dreno (fondren) e intensidade de corte no momento da colheita em ambiente Semiárido.

No entanto, a falta de manejo que visa potencializar o aumento vertical da produtividade dessa cultura torna-se um desafio. Nesse sentido, a utilização de práticas agrônômicas pode ser a solução para incrementar a oferta de forragem e a eficiência dos sistemas de produção em ambientes semiáridos Santos *et al.* (2021), utilizando plantas adaptadas e tolerantes ao déficit hídrico (e.g. palma) Alves *et al.* (2022b), uso mínimo e regular de irrigação Alves *et al.* (2022c), aplicação técnicas de manejo de colheita em palma forrageira (i.e., fonte-dreno e intensidade de corte) (Santos *et al.*, 2021).

Para tal, hipotetizou-se que o manejo fonte – dreno (fondren) e intensidade de corte em cultivo de palma irrigado, promove alterações no crescimento, desenvolvimento e favorecendo o aumento da produtividade da palma forrageira. Nesse sentido, objetivou-se avaliar como a intensidade de corte e manejo fonte-dreno (fondren) modificam as características estruturais,

produtividade, taxas morfofisiológicas e fases fenológicas de clones de palma forrageira irrigados em ambiente Semiárido. Para tal, considera-se os seguintes objetivos específicos: avaliar as características biométricas e o rendimento produtivo de clones de palma forrageira submetidos a diferentes manejos de colheita, avaliar as respostas morfofisiológicas e fenofases dos clones de palma forrageira e determinar o melhor manejo de colheita para os clones de palma forrageira em ambiente Semiárido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA DO SEMIÁRIDO: ÊNFASE NA ATIVIDADE PECUÁRIA

No mundo, zonas áridas, semiáridas e desérticas são bem distribuídas e diversificadas, e representam 55% do território global (Campos *et al.*, 2017). Do total, cerca de 313 milhões de hectares, são distribuídos na América Latina entre países como o Brasil, Chile, Argentina e México (Hussain *et al.*, 2018).

No Brasil, o semiárido, abrange os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (Figura 1), e ocupa cerca de 12% do território nacional (1,2 milhões km²), no qual possui 1.262 municípios, que abrigam cerca de 27,8 milhões de habitantes (Sudene, 2021). O semiárido brasileiro (SAB) está situado majoritariamente na região Nordeste, e é tido como o maior ambiente semiárido e o mais úmido do mundo (Jardim *et al.*, 2021a), porém, ainda apresenta características climáticas marcantes como alta temperatura do ar, baixos índices pluviométricos (≤ 800 mm ano⁻¹), longos períodos de seca durante o ano, Índice de aridez abaixo de 0,50 pelo método de Thornthwaite, frequentes ocorrências de secas, geralmente ocorrem seis eventos a cada 10 anos, resultando em baixa umidade relativa do ar e alta demanda atmosférica (Jardim *et al.*, 2020a). condições essas que impactam negativamente o setor agropecuário dessa região.



Figura 1. Mapa da nova delimitação do Semiárido Brasileiro. Fonte: SUDENE (2021)

No semiárido brasileiro, a produção de culturas alimentícias (e.g. milho e feijão) é limitada pelas condições climáticas desfavoráveis, a irregularidade da precipitação pluviométrica e os elevados riscos de secas prolongadas, reduzem a possibilidade de sucesso dessa atividade, com isso, o setor pecuário consolidou-se como a principal atividade econômica da região semiárida (Meira *et al.*, 2021).

Atualmente o setor agropecuário ocupa cerca de 43,5 milhões hectares, aproximadamente 38,5% da área territorial do semiárido brasileiro (Mapbiomas, 2023). A pecuária nacional, em 2022 alcançou um efetivo de bovino que ultrapassou 234,3 milhões de

cabeças, seguido dos rebanhos de caprinos e ovinos com 12,3 e 21,5 milhões de cabeças cada, da qual a região Nordeste contribui com cerca de 14, 95,5 e 69,9 % respectivamente, desses totais (Ibge, 2023). O semiárido é responsável por contribuir com 65% do rebanho de bovinos da região Nordeste, além 94% das cabeças de caprinos e 95% do efetivo de ovinos (Ibge, 2017). Tendo em vista a importância socioeconômica da pecuária para a região, o setor ainda passa por dificuldades quanto a oferta de forragem em períodos de escassez hídricas.

2.2. PRÁTICAS AGRÍCOLAS PARA INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FORRAGEM EM AMBIENTE SEMIÁRIDO

A região semiárida do Brasil, possui características climáticas de elevada demanda atmosférica, sazonalidade e irregularidade da precipitação pluviométrica (média abaixo de 800 mm ano⁻¹), elevada temperatura e baixa umidade relativa do ar, que quando atuantes em conjunto, provocam balanço hídrico negativo em diversos períodos do ano (Alves *et al.*, 2020; Garcia *et al.*, 2021; Moura; Sobrinho; Silva, 2019). Essas condições dificultam o estabelecimento da agricultura no semiárido brasileiro (Silva *et al.*, 2023a), comprometendo a produção de forragem, diminuindo os rendimentos pecuários nessa região (Bakali, 2016). Logo, a adoção de espécies forrageiras adaptadas ao ambiente semiárido, que tenham alto valor nutricional é uma alternativa para atender a demanda de forragem em períodos de escassez (Santos *et al.*, 2017).

Dentre as culturas forrageira adaptadas às condições do semiárido brasileiro, a palma forrageira (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.) por possuir características morfofisiológicas de adaptação (i.e., metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), fechamento estomático diurno, assimilação de carbono noturno) que aumentam sua capacidade adaptativa aos fatores abióticos (Jardim *et al.*, 2021a). Morfológicamente, a palma apresenta em seus cladódios estruturas com funções que permite a redução da perda de água para o ambiente (e.g. cutícula espessa, cerosidade, grandes vacúolos, estômatos menores e limitação da abertura), e possui sistema radicular com quatro tipos distintos de raízes, como raízes absorventes, estruturais, esporão e aréolas, que favorecem a absorção de água, mesmo quando a disponibilidade hídrica é baixa (Dubeux Júnior *et al.*, 2015). Espécies com metabolismo (MAC) como palma forrageira possuem eficiência do uso da água de 3 a 10 vezes maior quando comparadas com plantas que possuem metabolismo C3 e C4 (Dubeux Júnior. *et al.*, 2015; Jardim *et al.*, 2021b).

Outras espécies forrageiras adaptadas ao ambiente semiárido, são as gramíneas, mas especificamente, o sorgo (*Sorghum* spp.), pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae,

tribo Paniceae, Gênero *Sorghum*. Esse gênero apresenta diversas características morfológica, gerando uma grande diversidade de espécies, que estão distribuídas amplamente na África e Ásia (Jardim *et al.*, 2020b). Por ser uma planta de metabolismo C4, apresenta baixa exigência hídrica e possui alta tolerância a temperaturas elevadas, além de ser rica em fibras e apresentarem características nutricionais similares a cultura do milho (Diniz *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2023a). O sorgo devido suas particularidades, é indicado para regiões com baixo regime hídrico (e.g. regiões áridas e semiáridas), que apresenta dias e noites quentes, com temperatura média do ar acima de 25 °C, e regime pluviométrico variando de 400 a 600 mm por ano (Jardim *et al.*, 2020b).

Uma estratégia importante para aumentar produtividade em cultivos de espécies adaptadas ao ambiente semiárido, é a complementação via irrigação da exigência hídrica das culturas (Silva *et al.*, 2023a). A irrigação é uma prática importante para meio agrícola, uma vez que, tem o intuito de suprir a demanda hídrica das culturas, assim reduzindo os impactos negativos e aumento da produção, além de aumentar a eficiência dos sistemas de produção e proporcionar melhores resultados, principalmente em regiões semiáridas, onde o déficit hídrico é um fator limitante (Cruz Neto *et al.*, 2017; Diniz *et al.*, 2017).

O potencial produtivo de culturas forrageiras (e.g. palma forrageira) pode ser modificado com a utilização de critérios técnicos quanto ao manejo adotado na área de produção. Visando obter resultados satisfatórios na produção de forragem, a modificação do espaçamento de plantio com o objetivo de alcançar a densidade populacional de plantas ideal é uma prática indispensável para maximizar a produção das culturas (Silva *et al.*, 2021). A densidade de plantas quando adotada corretamente promove o aumento da resiliência nos cultivos, aumentando a eficiência do uso da água e maximiza a utilização do solo, principalmente quando o número de plantas por área e adequando (Silva *et al.*, 2019). Além de proporcionar às plantas melhor interceptação da radiação, que influencia diretamente na produção e translocação de fotoassimilados, assim promovendo maior produção de matéria seca pela planta (Alves *et al.*, 2022a). Além da densidade de plantas, outra prática que favorece o aumento do rendimento da cultura é a orientação de plantio, que está ligada com a interceptação da radiação pela planta, modificando a dinâmica de sombreamento entre as linhas de cultivo, e altera o desempenho produtivo da cultura, devido a maior atividade fotossintética (Corrêa *et al.*, 2019).

2.3. SISTEMAS DE PRODUÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA: COMO O MANEJO DE CORTE AFETA O CRESCIMENTO E A PRODUTIVIDADE

Estima-se, que no Brasil as áreas cultivadas com palma forrageira ocupem uma área em torno de 600.000 hectares, com predominância de cultivo na região Nordeste, caracterizando-se como a região com maior área plantada dessa cultura. Prevalece nessa região, o cultivo principalmente do clone orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), e os clones Miúda e IPA-Sertânia, ambas *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck. Os quais são clones resistentes a Cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*) (Cavalcante *et al.*, 2014; Dubeux Júnior; Araújo Filho; Santos, 2013).

No SAB, tradicionalmente a palma forrageira por ser uma cultura semiperene é conduzida de forma inadequada (e.g. espaçamentos, densidade, adubação etc.), e comumente ocorre o cultivo em condições de sequeiro e com sua colheita realizada com dois ou mais anos, causando modificações no crescimento e no desenvolvimento devido as irregularidades das condições ambientais (Leite *et al.*, 2014; Rocha; Voltolini; Gava, 2017; Silva *et al.*, 2015). Nesse sentido, algumas espécies de palma forrageira, mesmo sendo do mesmo gênero, apresentam respostas diferentes ao manejo de cultivo adotado (Silva *et al.*, 2015).

A palma forrageira devido suas características de rusticidade mesmo em condições críticas do ambiente, tem produtividade elevada de biomassa fresca e seca em condições limitantes. No entanto, quando áreas de palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* são bem manejadas, podem produzir 50-60 vezes mais forragem por unidade de área do que as pastagens nativas em ambientes semiáridos (Dubeux Júnior. *et al.*, 2015). Na literatura diversos estudos foram desenvolvidos em cultivos com palma forrageira em ambiente Semiárido, visando a potencialização da produtividade dessa cultura (Alves *et al.*, 2022a; Araújo Júnior *et al.*, 2021a; Ferraz *et al.*, 2020; Queiroz *et al.*, 2015).

Com o intuito de promover o aumento da produtividade em áreas cultivadas com palma forrageira, a aplicação de manejo no momento da colheita, é uma alternativa. A aplicação de intensidade de corte é uma técnica de baixo custo e de fácil aplicação em área cultivadas com palma. A produtividade da palma forrageira é relacionada com o tipo de genótipo cultivado e, atrelado a isso, a produtividade pode ser alterada com a aplicação de diferentes intervalos de corte. Além da modificação da produtividade em clones de palma, o ajuste correto da intensidade de corte antecipa a disponibilidade de palma para alimentar os rebanhos nos períodos secos do ano e ou para a rápida obtenção de mudas para novos plantios e para a comercialização (Rocha; Voltolini; Gava, 2017).

Em busca de novas alternativas de manejo em cultivo de palma forrageira na região semiárida, que proporcionem o aumento na produtividade ou melhore a disponibilidade de forragem, o manejo fundamentado na relação fonte-dreno (fondren) é uma técnica promissora, entretanto, pouco utilizada (Santos *et al.*, 2021). Essa técnica tem o propósito de equilibra a quantidade de área fotossintetizante da cultura (fonte) em relação ao número de órgãos que consomem fotoassimilados (drenos) produzidos pela cultura (Zhang; Flottmann, 2018).

Essa prática é comumente utilizada em espécies frutíferas, conhecida com manejo de desbaste ou raleio é aplicada visando aumentar a produtividade da cultura mediante a retirada de órgãos com menor valor comercial e preservando aqueles que apresentam maior potencial produtivo, reduzindo a competição entre os órgãos (Cruz *et al.*, 2009).

A utilização de espécies que apresentam elevado índice de área foliar, e possuem maior capacidade adaptativas à altas temperaturas do ar, o que favorece maior interceptação da radiação solar é o mais adequado para a aplicação do manejo fonte-dreno (Vieira *et al.*, 2010). Logo, em cultivos de palma forrageira o uso desse manejo possibilita maior emissão de cladódios e, como resultado, maior produção de forragem em áreas cultivadas com palma (Santos *et al.*, 2021).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi desenvolvido na Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, mais precisamente no “Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Plantas Forrageira”, localizada no município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil (7°56'20” S, 38°17'31” O e altitude 499 m).

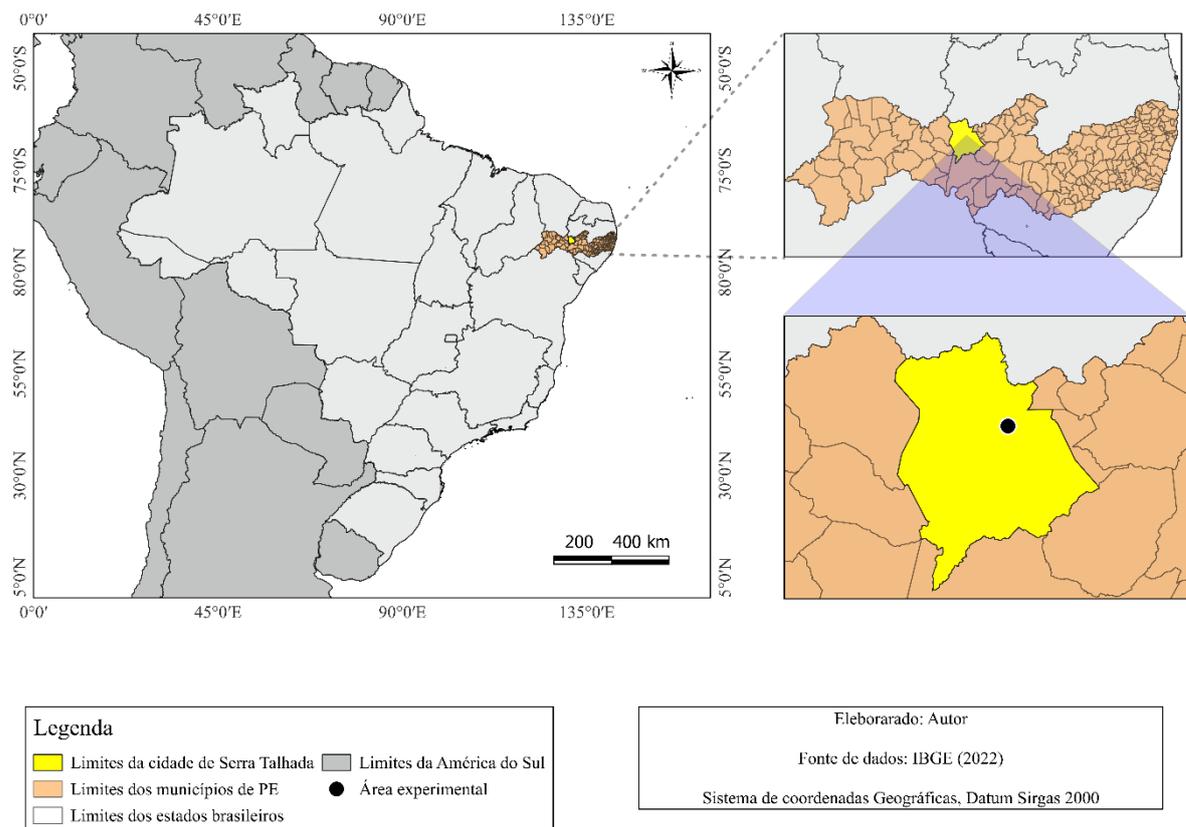


Figura 2. Localização do experimento com palma forrageira, cultivada no Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Plantas Forrageiras – CentroRef, município de Serra Talhada-PE, Semiárido brasileiro.

De acordo com a classificação de Kööpen, a caracterização climática da região, é do tipo BSh (i.e., semiárido quente), com verão chuvoso e inverno seco (ALVARES et al., 2013). A temperatura do ar varia de 20,1 a 32,9 °C, com precipitação pluviométrica média 642 mm ano⁻¹, umidade relativa do ar em torno de 63% e demanda atmosférica acima de 1800 mm ano⁻¹ (Pereira et al., 2015a; Silva et al., 2015; Souza et al., 2023).

Ao longo do primeiro e segundo ciclo experimental (i.e., outubro de 2018 a agosto de 2022), a precipitação acumulada foi de 3280 mm. A evapotranspiração de referência (ET0) acumulada foi de 6735 mm, e alcançou a maior e menor magnitude nos meses de outubro de 2019 e abril de 2022 com valores iguais a 7,38 e 1,25 mm dia⁻¹, respectivamente. Porém, esse comportamento proporcionou média igual a 4,09 mm dia⁻¹, ao longo do período de condução do experimento (Figura 3).

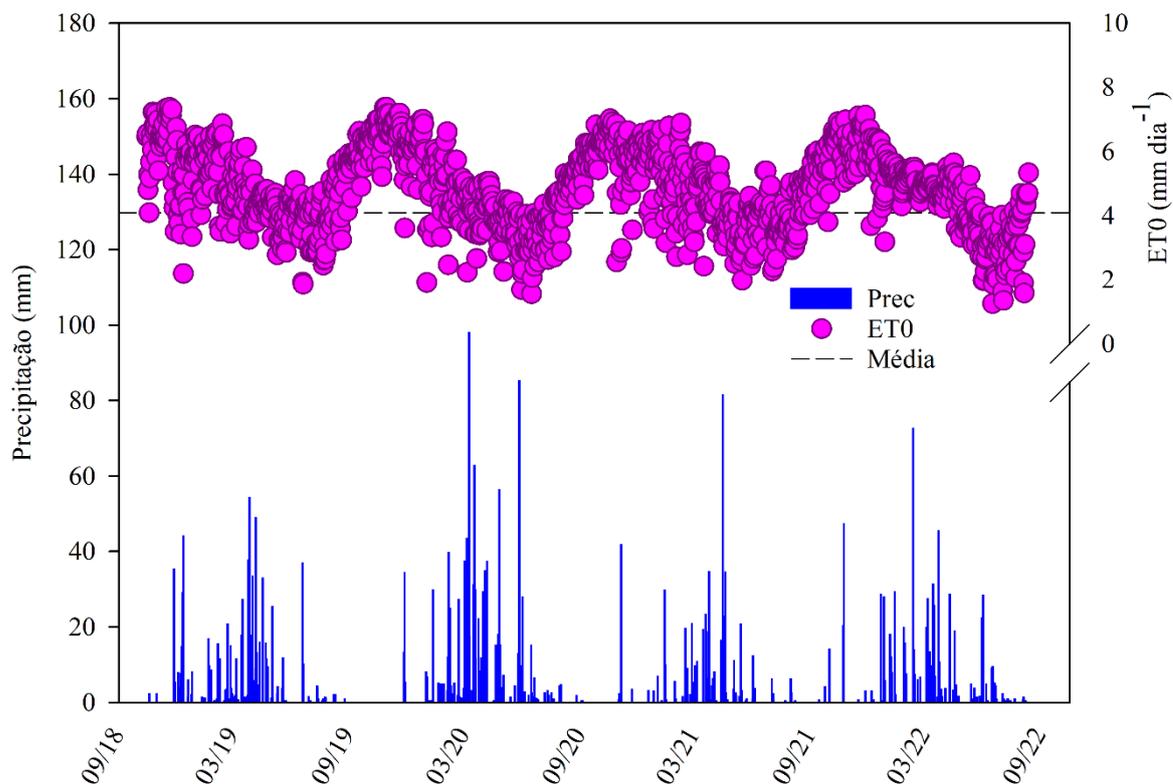


Figura 3. Evapotranspiração de referência (ET0) e precipitação pluviométrica em área de cultivo de palma forrageira, durante o período de outubro de 2018 a agosto de 2022, em Serra Talhada – PE. Fonte: Autor.

O solo da área experimental foi caracterizado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico (Jardim *et al.*, 2021a). Amostras de solo foram coletadas para determinação dos atributos físicos e químicos na profundidade de 0,00-0,20 m: areia de 828,5 g kg⁻¹, silte de 148,3 g kg⁻¹, argila de 23,2 g kg⁻¹, densidade aparente de 1,45 kg dm⁻³, pH (H₂O) de 5,95, condutividade elétrica do extrato saturado do solo (CE) de 0,32 dS m⁻¹, carbono orgânico (CO) de 4,6 g kg⁻¹, matéria orgânica (M.O) de 7,93 g kg⁻¹, fósforo de 168,96 mg dm⁻³, potássio de 13,8 cmolc dm⁻³, sódio de 1,09 cmolc dm⁻³, cálcio de 3,50 cmolc dm⁻³, magnésio de 1,90 cmolc dm⁻³, capacidade de troca catiônica (CTC) de 28,9 cmolc dm⁻³ e saturação de base (V%) = 97,15%.

3.2. ESPÉCIES ESTUDADAS, DESIGN EXPERIMENTAL E MANEJO DA CULTURA

Os materiais vegetais utilizados foram os clones de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.) – OEM e Miúda [*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-

Dyck] – MIU. Sendo os mesmos resistentes à Cochonilha-do-carmim [(*Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1929), Hemiptera: Dactylopidae)].

O delineamento experimental utilizado foi delineamento em bloco casualizados (DBC) em sistema fatorial 2x2x2, constituído por dois clones de palma forrageira (e.g., OEM e MIU), fondren (CF – com fondren; SF – sem fondren) e intensidade de corte (SIC – sem intensidade de corte; CIC – com intensidade de corte), com quatro repetições cada tratamento. Cada parcela experimental possuía 15 m² e composta por quatro fileiras de três metros cada, totalizando 60 plantas por parcela. As duas fileiras centrais ocupam uma área de 5,5 m², foram consideradas como área útil (exceto a última planta de cada linha), resultando em 22 plantas consideradas como úteis. Antes da instalação dos experimentos, foi feito o preparo inicial do solo, com aração, gradagem e abertura dos sulcos de plantio.

O plantio da área experimental ocorreu em outubro de 2018, adotando o espaçamento entre plantas de 1,25 x 0,20 m (densidade de 40.000 plantas ha⁻¹), em alinhamento bilateral, inserindo 50% do comprimento dos cladódios no solo. A adubação foi realizada no início de cada ciclo experimental com a aplicação de N-P-K (300 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 60 kg ha⁻¹ de fósforo e 97,5 kg ha⁻¹ de potássio) de acordo com a recomendação do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA (Cavalcanti, 2008).

Durante o período experimental, os dados meteorológicos (precipitação pluviométrica, temperatura média do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar global) foram coletados em uma estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a qual se encontra a 10 m da área experimental.

Os eventos de irrigações foram realizados em dias alternados (segunda, quarta e sexta-feira), por meio de um sistema de gotejamento, com coeficiente de uniformidade (CUC) de aplicação de 96,5%, com emissores espaçados a 0,20 m entre si, com uma vazão de 1,53 L h⁻¹, a uma pressão de 100 kPa. A água utilizada apresentou uma condutividade elétrica média igual a 1,51 dS m⁻¹, classificada como C3 (alta salinidade), segundo a classificação de (RICHARDS et al., 1954), pH de 6,84 e, concentração média de sódio e potássio de 168,66 mg L⁻¹ e 28,17 mg L⁻¹, respectivamente, oriunda de poço artesiano com profundidade de 48 m e vazão de 12 m³ h⁻¹. O volume de água aplicada foi baseado em 120% da evapotranspiração da cultura (Etc) (para evitar o estresse hídrico), a qual foi obtida pelo produto da evapotranspiração de referência (Eto), obtida diariamente pela equação de Penman-Monteith, parametrizada pela FAO (Allen et al., 1998) e do coeficiente de cultura (Kc) igual a 0,52 (Queiroz et al., 2016).

Ao decorrer do ciclo experimental, foi realizado o manejo fitossanitário (controle de plantas daninhas e o manejo integrado de pragas e doenças) para possibilitar o desenvolvimento pleno da cultura.

3.3. PROCEDIMENTOS DE CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

Foram avaliados dois clones de palma forrageira (Orelha de Elefante Mexicana e miúda) submetidos a duas intensidades de corte (i.e., com e sem manejo fondren), em dois ciclos produtivos.

O primeiro ciclo de condução foi subdividido em três fases referentes as aplicações dos tratamentos. A primeira fase teve início seis meses após o plantio (junho de 2019) com a cultura em pleno desenvolvimento, quando foi aplicado o primeiro manejo fondren. Para tal, foram preservados todos os cladódios de 1º ordem e eliminado todos os cladódios de 3º ordem de surgimento, aplicando exclusivamente a fonte de variação nos cladódios de 2º ordem, seguindo os seguintes critérios: 1) plantas com apenas um cladódio de 1º e 2º ordem, foi mantido o cladódio primário; 2) plantas com dois à três cladódios de 2º ordem, foi retirado um cladódio; 3) plantas com quatro à cinco cladódios de 2º ordem, foram retirados dois cladódios; 4) plantas com seis cladódios de 2º ordem, foram retirados três cladódios (Figura 4).

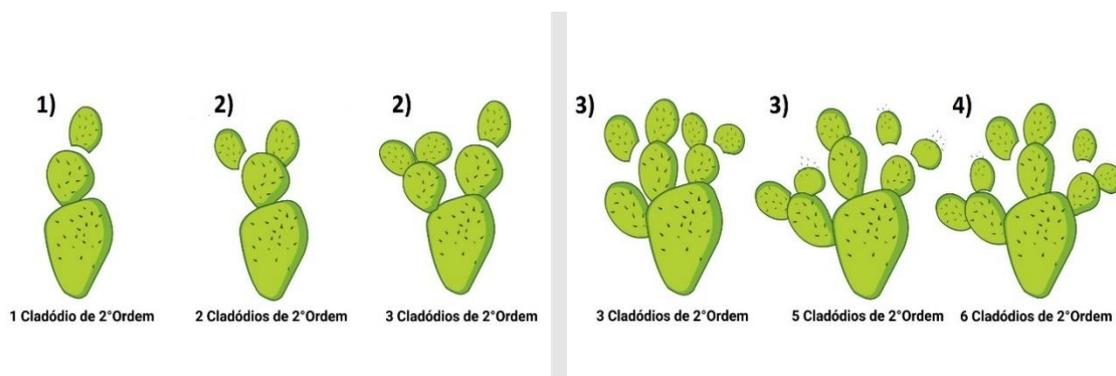


Figura 4. Ilustração da primeira fase da aplicação do manejo fondren na cultura da palma forrageira, cultivares OEM e Miúda. No município de Serra Talhada – PE, Brasil. Fonte: Autor.

Na segunda fase (6 meses após o início do tratamento), foi incorporado um novo manejo de corte da palma forrageira (nos tratamentos que não havia o manejo fondren). Na ocasião, foi realizado o corte em duas fileiras do lado direito da parcela, mantendo os cladódios de primeira ordem (Figura 5), ou seja, uma da fileira da parcela útil e outra da bordadura. Desse modo, ocorreu a modificação do esquema fatorial inicialmente adotado, passando a ser um fatorial

2x2x2, dois clones (Orelha e Miúda), com e sem fondren e duas intensidades de cortes (corte no início do tratamento -SIC e a cada seis meses – CIC).

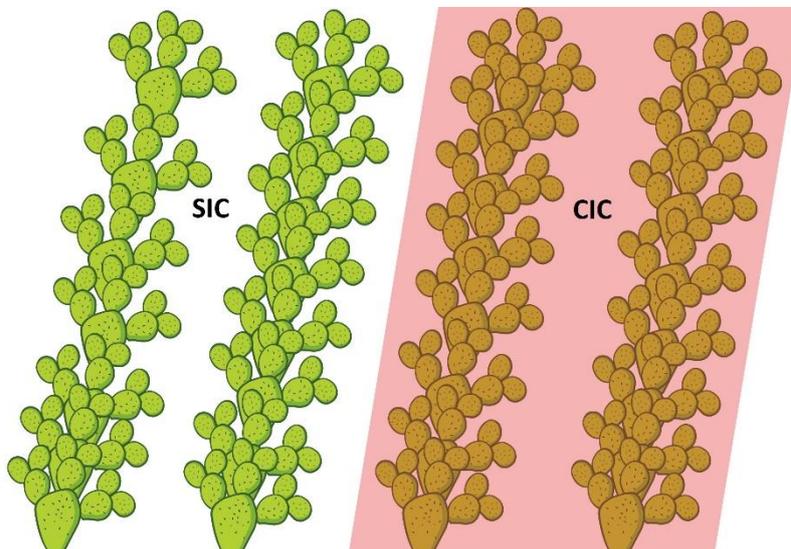


Figura 5. Nova aplicação do manejo fondren e desbaste realizado apenas nas duas fileiras (destacadas em vermelho, CIC – com intensidade de corte) de cada parcela de palma forrageira. Fonte: Autor.

A aplicação do manejo fondren foi ajustado com base na relação fonte e dreno, com a colheita sendo realizada nas ramificações existentes na planta, e preservando os cladódios de primeira ordem (Figura 6). Para isso, foi adotado os seguintes critérios: 1) plantas que apresentaram somente uma ramificação foi efetuado o corte integral; 2) plantas que apresentaram número par de ramificações foram colhidas a metade das ramificações e 3) plantas que apresentaram o número ímpar de ramificações foi deixado a metade das ramificações +1.

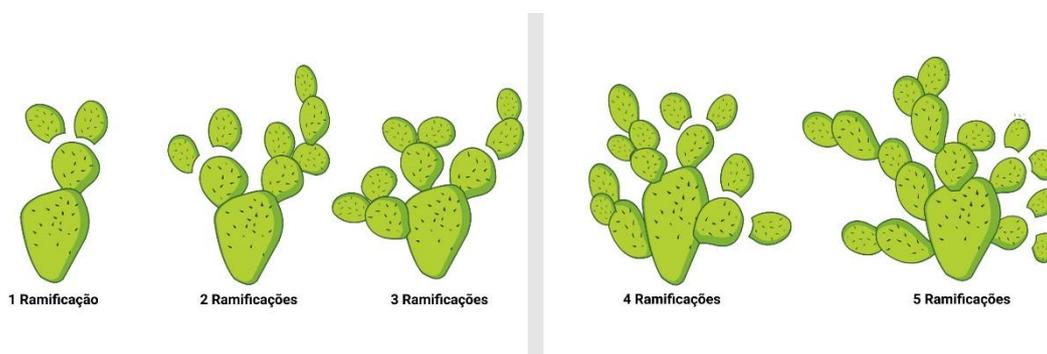


Figura 6. Ilustração das situações de corte para a segunda aplicação do manejo fondren na cultura da palma forrageira, cultivares OEM e Miúda. No município de Serra Talhada – PE, Brasil. Fonte: Autor.

Na terceira fase de aplicação dos tratamentos (12 meses após o início do tratamento), seguindo a mesma metodologia aplicada na segunda fase, foi realizado o último manejo de corte nas parcelas que receberam o manejo fondren e intensidade de corte. Para o segundo ciclo da cultura, foi utilizado o manejo ajustado com o último fatorial adotado.

3.4. VARIÁVEIS ANALISADAS

3.4.1. CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E PRODUTIVIDADE DA PALMA FORRAGEIRA

Ao decorrer do ciclo foi realizado o acompanhamento do crescimento e desenvolvimento da palma forrageira, foram coletados dados biométricos e de biomassa da palma forrageira. Em uma planta representativa da parcela foram mensuradas as variáveis altura e largura de planta (AP e LP, cm), número total de cladódio por ordem de surgimento (NC1 – número de cladódios de primeira ordem, NC2 – número de cladódio de segunda ordem e, assim, sucessivamente). Em um cladódio por ordem de surgimento foi acompanhado as seguintes variáveis: comprimento, largura, perímetro (CC, LC e PC, cm) e espessura do cladódio (EC, mm), conforme metodologia de (Jardim *et al.*, 2021b). A partir dos dados biométricos foi possível calcular a área do cladódio (AC, cm²) e o índice de área do cladódio (IAC, m² m⁻²), usando as Equações 1, 2 e 3, respectivamente (Pinheiro *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2015).

$$AC_{OEM} = 0,708 * \left[\frac{(1 - \exp^{-0,000045765 * CC * LC})}{0,000045765} \right] \quad (\text{Eq. 1})$$

$$AC_{MIU} = 0,7198 * CC * LC \quad (\text{Eq. 2})$$

$$IAC = \frac{[\sum_n^{i=1} AC]}{10000 / (E1 * E2)} \quad (\text{Eq.3})$$

onde: AC – área do cladódio; CC e LC – comprimento e largura do cladódio, respectivamente; 1000 – fator de conversão de cm² para m²; E1 e E2 – espaçamento entre fileiras e entre plantas, respectivamente.

A determinação da produtividade foi realizada no momento da colheita. As plantas da parcela útil foram cortadas, preservando o cladódio basal e de primeira ordem no campo, pesadas para obtenção do peso fresco total das plantas (kg). Posteriormente, na planta da biometria foram escolhidos dois cladódios representativos, em seguida foram pesados para

obtenção do peso fresco (kg), fracionados e colocados em sacos de papéis, acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até atingir peso constante. O teor de matéria seca (TMS, %) foi determinado a partir da relação da massa fresca e seca dos cladódios. Com o peso total das plantas, teor de matéria seca e a densidade final de plantas da parcela útil foi determinado a produtividade de massa fresca total (MFT, Mg ha⁻¹). A estimativa da massa seca (MS, Mg ha⁻¹) foi obtida pelo produto entre a MFT e o TMS.

3.4.2. ÍNDICES MORFOFISIOLÓGICOS DA PALMA FORRAGEIRA

Para obter os índices morfofisiológicos, foram utilizados os dados biométricos e de biomassa coletados ao longo do período experimental, submetendo-os a análise de regressões sigmóides, entre os valores de massa seca, índice de área do cladódio (IAC) e a variável independente graus dias acumulados (GDA, °Cdia). O GDA foi obtido a partir da diferença acumulada entre a temperatura média do ar diária (°C) e a temperatura base da palma forrageira (Tb, °C) (Souza *et al.*, 2021), adotando o valor de Tb de 22 °C determinado por (Araújo Junior *et al.*, 2017). Assim foi calculada a taxa de crescimento absoluto da cultura (TCA, Mg ha⁻¹ °Cdia). Com a TCA, foi determinado a taxa de assimilação líquida (TAL, Mg ha⁻¹ °Cdia), de crescimento relativo (TCR, Mg Mg⁻¹ °Cdia) e área do cladódio específica (ACE, ha Mg⁻¹), através das seguintes relações: $TAL = TCA/IAC$, $TCR = TCA/MS$ e $ACE = IAC/MS$.

3.4.3. DETERMINAÇÃO DA FENOLOGIA DA PALMA FORRAGEIRA

A fenologia vegetativa da palma forrageira foi determinada a partir de análises de regressões como proposto por (Araújo Júnior *et al.*, 2021b). Para o cálculo da taxa diária de emissão de cladódios, foram utilizadas as equações com coeficientes de determinação maiores a 0,85 e parâmetros significativos ($p < 0,05$), (Araújo Júnior *et al.*, 2021b). A mudança de uma fase fenológica foi considerada quando a emissão de cladódios de ordem superior, for maior que a taxa de emissão de cladódios de ordem inferior (Amorim *et al.*, 2017).

3.5. TRATAMENTOS DOS DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de crescimento e de produtividade da cultura foram submetidos a análise de normalidade e homoscedasticidade. Atendendo as premissas, foi realizada análise de variância (ANOVA), pelo teste F ($p \leq 0,05$). Quando significativo o teste de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software XLSTAT.

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E PRODUTIVIDADE DA PALMA FORRAGEIRA

Na Tabela 1, estão expostos os valores médios e o p-valor dos fatores isolados (e.g., clones e intensidade) das variáveis morfológicas e produtivas da palma forrageira, que apresentaram diferença significativas ($p < 0,05$) em dois ciclos de cultivo.

Tabela 1. Valores médios e p-valor dos fatores isolados das características morfológicas de clones (Miúda – Miu e Orelha de Elefante Mexicana – OEM) de palma forrageira submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido.

Primeiro Ciclo						
Variáveis	Clones		p-valor	Intensidade		p-valor
	MIU	OEM		SIC	CIC	
NT1	2.93 b	5.43 a	0.00	-	-	-
NT5	0.43 a	0.00 b	0.02	-	-	-
CCB	11.34 b	18.12 a	0.00	12.72 b	16.75 a	0.00
LCB	12.06 b	24.50 a	0.00	-	-	-
ECB	34.69 a	30.06 b	0.03	-	-	-
PCB	29.75 b	49.75 a	0.00	35.31 b	44.19 a	0.00
CC1	19.59 b	28.75 a	0.00	-	-	-
LC1	8.56 b	21.56 a	0.00	-	-	-
PC1	43.03 b	73.00 a	0.00	-	-	-
CC2	22.59 b	27.44 a	0.04	-	-	-
LC2	11.65 b	20.28 a	0.00	-	-	-
EC2	20.87 a	14.56 b	0.02	22.56 a	12.87 b	0.00
PC2	52.44 b	71.12 a	0.00	67.44 a	56.12 b	0.04
CC3	19.94 a	4.37 b	0.00	15.06 a	9.25 b	0.04
LC3	9.19 a	2.69 b	0.00	-	-	-
EC3	12.81 a	2.37 b	0.00	10.00 a	5.19 b	0.01
PC3	44.94 a	10.62 b	0.00	-	-	-

NT – Número de cladódios (por ordem de surgimento, unid); CC – comprimento do cladódio (por ordem de surgimento, cm); LC – largura do cladódio (por ordem de surgimento, cm); EC – espessura do cladódio (por ordem de surgimento, mm); PC – perímetro do cladódio (por ordem de surgimento, cm); CIC – com intensidade de corte; SIC – sem intensidade de corte; CF – com fondren; SF – sem fondren. Para cada variável estudada, médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si estatisticamente.

Ao analisando o comportamento das variáveis NT1 e NT5, os maiores valores apresentando para o clone OEM e MIU foram iguais à 5,43 e 0,43 unidades respectivamente. Ainda analisando o fator clone, dentre as características do cladódio basal, que obtiveram os

maiores resultados para o clone OEM, foram alcançados pelas variáveis CCB, LCB e PCB com valores iguais à 18,12, 24,50 e 49,75 cm respectivamente. Já o clone MIU apresentou o maior resultado na variável ECB, com valor de 34,69 mm, valor 15 % superior ao obtido pelo clone OEM. Ainda verificando as variáveis de ordens posteriores, o clone OEM apresentou os melhores resultados dentre as variáveis que pertencentes ao cladódio de primeira e segunda ordens (CC1, CC2, LC1, LC2, PC1, PC2), com exceção para variável EC2, que alcançou valor igual à 20,87 mm no clone MIU, esse resultado é 43 % superior ao alcançado pelo clone OEM. Entretanto, todas as variáveis do cladódio de terceira ordem (e.g., CC3, LC3, EC3 e PC3) apresentaram os maiores resultados no clone MIU.

Analisando o fator intensidade de corte de forma isolada apresentado na Tabela 1, foi observado que as características morfológicas dos cladódios que tiveram diferença estatística ($p < 0,05$), com maiores valores no sistema sem intensidade foram EC2, PC2, CC3 e EC3. Já as variáveis CCB e PCB apresentaram melhores resultados no sistema com intensidade, com valores iguais à 16,75 e 44,19 cm, esses resultados são 31% e 25% superior aos do sistema sem intensidade de corte.

Ao analisar as variáveis morfológicas e produtivas avaliadas no segundo ciclo da palma forrageira (Tabela 1), foi observado diferença significativa ($p < 0,05$) apenas dentro do fator clone (OEM e MIU) e intensidade de corte (CIC e SIC). Porém as respectivas interações desses fatores, clone*intensidade, clone*fondren e clone*intensidade*fondren (Tabela 2, 3 e Figura 7) não promoveram diferença significativas ($p > 0,05$) nas variáveis estudadas no segundo ciclo da cultura.

Ao descrever as características estruturais da planta na Tabela 2, referente ao fator clone no segundo ciclo, o clone OEM alcançaram maiores resultados nas variáveis AP e LP com valores iguais à 78,82 e 61,64 cm e a variável NT1 com valor de 4,96 unidades, esses resultados são maiores na ordem de 15,4, 26,7 e 60 %, em comparados com o clone MIU. Já variáveis NTC, NT3 e NT4, com valores iguais à 16,65, 5,25 e 0,97 unidades, que são considerados de ordens superiores, obtiveram resultados superiores no clone MIU.

Tabela 2. Valores médios e p-valor dos fatores isolados das características morfológicas e produtivas de clones (Miúda – Miu e Orelha de Elefante Mexicana – OEM) de palma forrageira submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido.

Variáveis	Clones		p-valor	Intensidade		p-valor
	MIU	OEM		SIC	CIC	
	AP	68.37 b		78.92 a	0.00	
LP	48.64 b	61.65 a	0.00	-	-	-
NTC	16.65 a	13.15 b	0.04	-	-	-
NT1	3.09 b	4.97 a	0.00	-	-	-
NT3	5.25 a	1.65 b	0.00	-	-	-
NT4	0.97 a	0.00 b	0.01	-	-	-
CCB	12.18 b	18.79 a	0.00	16.70 a	14.28 b	0.03
LCB	13.03 b	25.48 a	0.00	-	-	-
ECB	47.00 a	32.87 b	0.00	-	-	-
PCB	34.18 b	52.19 a	0.00	-	-	-
CC1	21.04 b	30.03 a	0.00	-	-	-
LC1	8.81 b	21.00 a	0.00	-	-	-
EC1	37.18 a	22.76 b	0.00	-	-	-
PC1	46.49 b	75.10 a	0.00	-	-	-
CC2	20.59 b	27.93 a	0.00	-	-	-
LC2	10.25 b	25.76 a	0.00	-	-	-
EC2	20.84 a	14.50 b	0.00	19.81 a	15.53 b	0.02
PC2	46.98 b	75.12 a	0.00	-	-	-
CC3	-	-	-	20.34 a	13.21 b	0.00
LC3	-	-	-	13.57 a	8.13 b	0.00
EC3	12.50 a	4.93 b	0.00	11.03 a	6.40 b	0.00
PC3	-	-	-	50.92 a	31.82 b	0.00
CC4	6.00 a	0.00 b	0.00	-	-	-
LC4	2.95 a	0.00 b	0.00	-	-	-
EC4	4.31 a	0.00 b	0.00	-	-	-
PC4	14.12 a	0.00 b	0.00	-	-	-
ACB	116.93 b	343.02 a	0.00	-	-	-
AC1	135.03 b	460.36 a	0.00	-	-	-
AC2	153.19 b	499.20 a	0.00	-	-	-
AC4	40.58 a	0.00 b	0.00	-	-	-
IAC	1.01 b	2.42 a	0.00	-	-	-
MF	48.32 b	157.57 a	0.00	-	-	-
MS	3.95 b	13.21 a	0.00	-	-	-

AP – altura da planta (cm); LP – largura da planta (cm); NT – número de cladódios (por ordem de surgimento, unid); CC – comprimento do cladódio (por ordem de surgimento, cm); LC – largura do cladódio (por ordem de surgimento, cm); EC – espessura do cladódio (por ordem de surgimento, mm); PC – perímetro do cladódio (por ordem de surgimento, cm); AC – área do cladódio (por ordem de surgimento, cm²); IAC – índice de área do cladódio (por ordem de surgimento, cm².cm⁻²); CIC – com intensidade de corte; SIC – sem intensidade de corte; MF – massa fresca, Mg.ha⁻¹; MS – massa seca, Mg.ha⁻¹. Para cada variável estudada, médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si estatisticamente.

Em relação as características intrínsecas aos cladódios (Tabela 2). O clone OEM destacou-se nas variáveis referentes aos cladódios de ordens inferiores, que são representadas pelas variáveis CCB, LCB e PCB, que tiveram valores iguais à 18,79, 25,48 e 52,19 cm, tais valores são superiores em 54, 95 e 52,7 % quando comparados ao outro clone estudado. Além dessa variável, o clone OEM também apresentou melhores resultados nas variáveis dos cladódios de primeira (CC1, LC1 PC1) e segunda ordens (CC2, LC2 e PC2). No entanto o clone MIU se destacou nas variáveis que se referem a espessura do cladódio, apresentando resultados iguais à 47,00, 37,18, 20,84, 12,50 e 4,31 cm, nas variáveis ECB, EC1, EC2, EC3 e EC4, respectivamente. Ao analisar o cladódio de quarta ordem, observou-se que apenas o clone MIU emitiu cladódios dessa ordem, com as variáveis CC4, LC4 e PC4 apresentando valores iguais à 6,00, 2,95 e 14,12 cm respectivamente.

Ao prosseguir analisando a tabela 2, referente ao segundo ciclo da palma forrageira, foi observado que o clone OEM apresentou maiores valores nas variáveis que se referem a área dos cladódios iniciais, representadas pelas variáveis ACB (343,02 cm²), AC1(460,35 cm²) e AC2 (499,20 cm²). Esses resultados são superiores 193, 240 e 228 % respectivamente, quando comparados com o outro clone estudado. Ao analisar a variável AC4, obteve apenas resultado para o clone MIU, com valor igual à 40,58 cm², isso ocorreu devido ao clone OEM não ter emitido cladódios dessa ordem.

Em relação as variáveis IAC, MF e MS, expressas na tabela 2, os maiores resultados foram apresentados pelo clone OEM, que se destacou com valores iguais à 2,42 cm² cm⁻², 157,56 Mg ha⁻¹ e 13,21 Mg ha⁻¹ respectivamente, esses resultados são 139, 226 e 233 % superiores ao encontrado para o clone miúda nesse estudo.

Avaliando o fator intensidade de corte no segundo ciclo de cultivo (Tabela 2), foi observado que no sistema sem intensidade de corte - SIC a altura da planta - AP não foi influenciada pelas interações estudadas e apresentaram diferenças significativa ($p < 0,05$), com valor igual à 77,55 cm, resultado 11,2 % superior ao sistema com intensidade de corte - CIC. Além dessa variável, o sistema SIC apresentou destaque nas variáveis CCB e EC2 com valores iguais à 16,70 cm e 19,81 mm, esses resultados são 17 e 27,5 % superiores ao alcançado no sistema CIC. Ao verificar as variáveis referentes ao cladódio de terceira ordem, foi constatado que o sistema SIC teve destaque, apresentando maiores resultados em CC3, LC3, PC3 e EC3, com valores iguais à 20,43, 13,57, 50,92 cm e 11,03 mm, respectivamente.

Na Tabela 3 foram expressos os valores médios e o p-valor das variáveis morfológicas e produtivas da palma forrageira referentes a interação dos fatores (e.g., clones * intensidade), em dois ciclos de cultivo.

Tabela 3. Interação entre clones e intensidade de corte, média e p-valor das características morfológicas e produtivas de clones (Miúda – Miu e Orelha de Elefante Mexicana – OEM) de palma forrageira submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido.

Variáveis	Clone x Intensidade				p-valor
	MIU_SIC	OEM_CIC	OEM_SIC	MIU_CIC	
AP	87.75 a	70.00 bc	73.25 b	62.37 c	0.00
LP	75.87 a	50.83 b	65.44 a	43.37 b	0.02
NTC	32.12 a	12.75 b	12.50 b	13.25 b	0.00
NT3	10.75 a	0.25 c	0.37 c	3.00 b	0.00
NT4	6.25 a	0.00 b	0.00 b	0.62 b	0.00
CC4	18.87 a	0.00 b	0.00 b	3.94 b	0.00
LC4	9.44 a	0.00 b	0.00 b	1.87 b	0.00
EC4	10.37 a	0.00 bc	0.00 c	3.00 b	0.00
PC4	43.69 a	0.00 b	0.00 b	9.12 b	0.00
CC5	8.87 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.01
LC5	4.12 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.01
EC5	4.62 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.01
PC5	20.50 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.01
AC5	61.69 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.02
MS	10.25 c	30.95 a	23.66 b	9.87 c	0.03

AP – altura da planta (cm); LP – largura da planta (cm); NT – número de cladódios (por ordem de surgimento, unid); CC – comprimento do cladódio (por ordem de surgimento, cm); LC – largura do cladódio (por ordem de surgimento, cm); EC – espessura do cladódio (por ordem de surgimento, cm); PC – perímetro do cladódio (por ordem de surgimento, cm); AC – área do cladódio (por ordem de surgimento, cm²); CIC – com intensidade de corte; SIC – sem intensidade de corte; MS – massa seca, Mg.ha⁻¹. Para cada variável estudada, médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si estatisticamente.

Ao analisar os tratamentos no primeiro ciclo, observa-se que o fator MIU_SIC, foi o tratamento que se destacou-se entre os demais tratamentos, apresentando os melhores resultados nas variáveis morfológica da planta (AP, LP, NTC, NT3, NT4), e em todas as características dos cladódios de quarta e quinta ordem (e.g., CC, LC, EC, PC). Além disso, o tratamento MIU_SIC teve na variável AC5 valor igual à 61,69 cm², o maior resultado entre os demais tratamentos. Essas variáveis apresentaram diferença significância (p<0,05) entre os demais tratamentos aplicados. Ainda observando a Tabela 3, ao analisar as variáveis produtivas, apenas a MS entre as demais analisadas, apresentou significância (p<0,05), com o melhor

resultado 30,95 Mg ha⁻¹ no tratamento OEM com a aplicação da intensidade de corte – CIC, esse resultado é 213 % superior ao alcançado pelo tratamento MIU_CIC que foi igual a 9,87 Mg ha⁻¹.

Na Tabela 4, são expostas a interação entre os fatores clone e manejo fondren, os valores médios e p-valor das variáveis de crescimento e produtividade da palma forrageira nos dois ciclos de cultivo.

Tabela 4. Interação entre clones e manejo fondren, média e p-valor das características morfológicas de clones (Miúda – Miu e Orelha de Elefante Mexicana – OEM) de palma forrageira submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido.

Variáveis	Clone x Fondren				p-valor
	MIU_CF	OEM_CF	MIU_SF	OEM_SF	
EC1	37.00 a	21.62 c	31.37 ab	24.50 bc	0.04
AC2	187.74 b	494.93 a	195.63 b	269.25 b	0.02
AC4	93.57 a	0.00 c	58.43 b	0.00 c	0.04

EC – Espessura do cladódio de primeira ordem, cm); AC – área do cladódio (por ordem de surgimento, cm²); CF – com fondren; SF – sem fondren. Para cada variável estudada, médias seguidas das mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si estatisticamente.

Ao analisar as variáveis apresentadas na Tabela 4, foi observado que houve diferença significativas (p<0,05) apenas nas variáveis EC1, AC2, AC4 entre as demais. O tratamento que apresentou maiores valores nas variáveis EC1 e AC4, foi a interação entre o clone MIU com aplicação do fondren (MIU_CF) com valores iguais a 37,00 cm e 93,57 cm² respectivamente. Porém, para a variável AC2 o maior resultado foi expresso pelo tratamento OEM com aplicação do manejo fondren (OEM_CF) com valor igual à 494,93 cm².

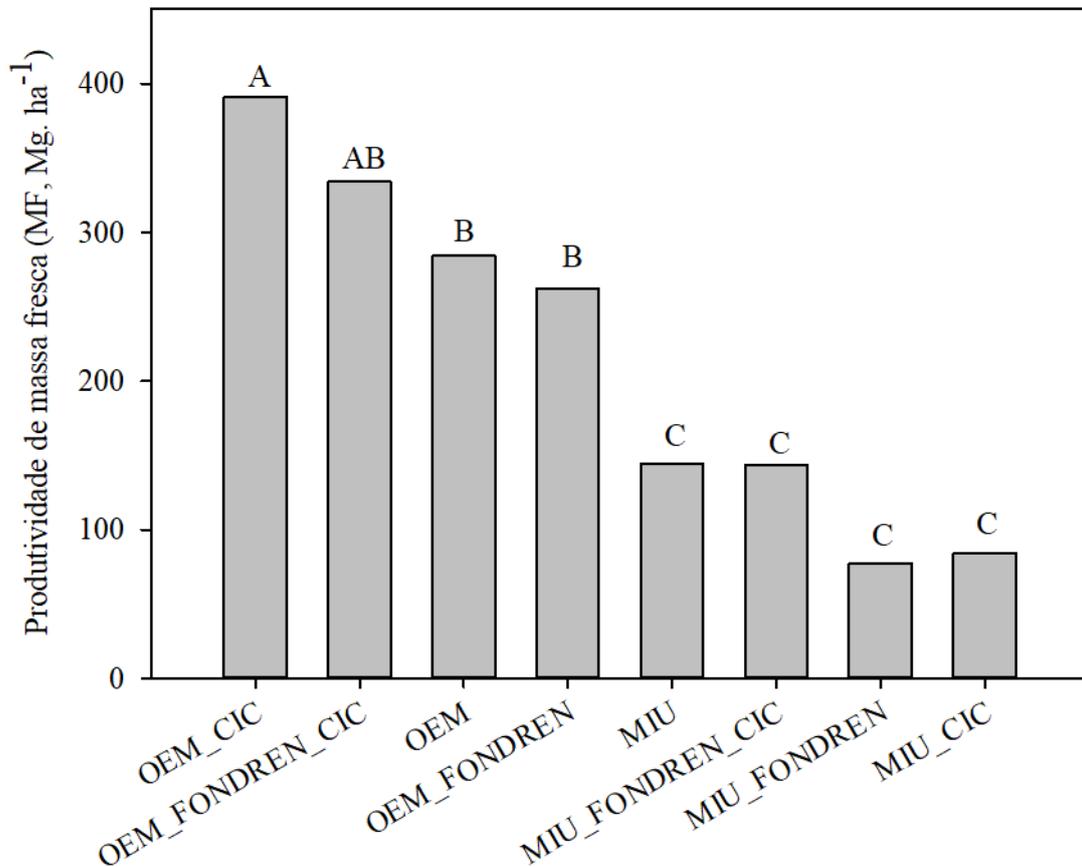


Figura 7. Produtividade de massa fresca (Mg ha⁻¹) da interação tripa em clones (Miúda – Miu e Orelha de Elefante Mexicana – OEM) de palma forrageira submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido. SIC – sem intensidade de corte; CIC – com intensidade de corte.

Os resultados expostos na figura 7, são referentes às produtividades de massa fresca dos tratamentos avaliados para o primeiro ciclo de produção, e demonstraram que houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos avaliados. Ao analisar variável produtividade os tratamentos com o clone OEM obtiveram os melhores resultados quando comparados com os tratamentos com o clone miúda. Os tratamentos com o clone OEM com intensidade de corte (OEM_CIC) e OEM com intensidade e manejo fondren (OEM_FONDREN_CIC) tiveram as maiores produtividade, com valores iguais a 390.899 e 334.241 Mg ha⁻¹, respectivamente, seguidos dos tratamentos com o clone OEM sem os manejos de corte (OEM) e, com o manejo fondren (OEM_FONDREN) com valores iguais a 284.485 e 262.256 Mg ha⁻¹. Analisando o clone miúda (MIU) foi verificado que não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos avaliados, e no geral ocorreu as menores produtividades independente do manejo

aplica quando comparado aos tratamentos com o clone OEM. Os tratamentos que apresentaram os maiores resultados para o clone OEM foram 362 e 295 % maiores quando comparado ao tratamento MIU_CIC, com valor igual a 84.460 Mg ha⁻¹, que apresentou a menor produtividade.

4.2. ÍNDICES MORFOFISIOLÓGICOS DA PALMA FORRAGEIRA

Na Figura 8 estão apresentadas as taxas de crescimento da cultura da palma forrageira para os dois ciclos de cultivos. A taxa de crescimento absoluta (TCA) representada nas Figuras 8A e 8B, inclui todos os tratamentos adotado para o estudo. Ao analisar o comportamento nos dois ciclos, verifica-se que os tratamentos tiveram os menores valores no início do experimento, com aumento gradual dos valores seguido por um decréscimo ao final do ciclo. O tratamento com os maiores valores da TCA nos ciclos um e dois foi registrado pelo clone OEM, quando aplicado o manejo fondren sem intensidade de corte (OEM_CF_SIC) com valores de 0,042 e 0,014 Mg ha⁻¹ °Cdia⁻¹, respectivamente. Esses valores foram 169 % e 92 % maiores, respectivamente, em comparação com os tratamentos MIU_SF_SIC (0.0156 Mg ha⁻¹ °Cdia⁻¹) e OEM_CF_CIC (0.0075 Mg ha⁻¹ °Cdia⁻¹) no primeiro e segundo ciclo respectivamente.

A taxa de crescimento relativa, apresentada na Figura 8C e 8D, apresentou comportamento semelhante entre os tratamentos para os dois ciclos de cultivo, com os maiores valores ocorrerem na fase inicial e redução gradativa ao decorrer do ciclo. Os tratamentos OEM_CF_SIC, MIU_CF_SIC e MIU_SF_SIC, demonstraram os melhores resultados da TCR nos dois ciclos, com valores iguais de 0,0052, 0,0048 e 0,0045 Mg Mg⁻¹ °Cdia⁻¹ para o primeiro ciclo respectivamente, e 0,0046, 0,0043 e 0,0040 Mg Mg⁻¹ °Cdia⁻¹ seguindo a mesma ordem para o segundo ciclo. Ao identificar o melhor tratamento nos dois ciclos, verificou-se que a OEM_CF_SIC foi superior 284 % e 205 % quando comparado ao tratamento OEM_SF_CIC nos dois ciclos respectivamente. Em geral, os tratamentos que não foram aplicados a intensidade de corte tiveram as melhores respostas, com exceção do OEM_SF_SIC com valores iguais a 0,0017 e 0,0015 Mg Mg⁻¹ °Cdia⁻¹, resultado 68 % menor em comparação ao melhor tratamento para os dois ciclos respectivamente.

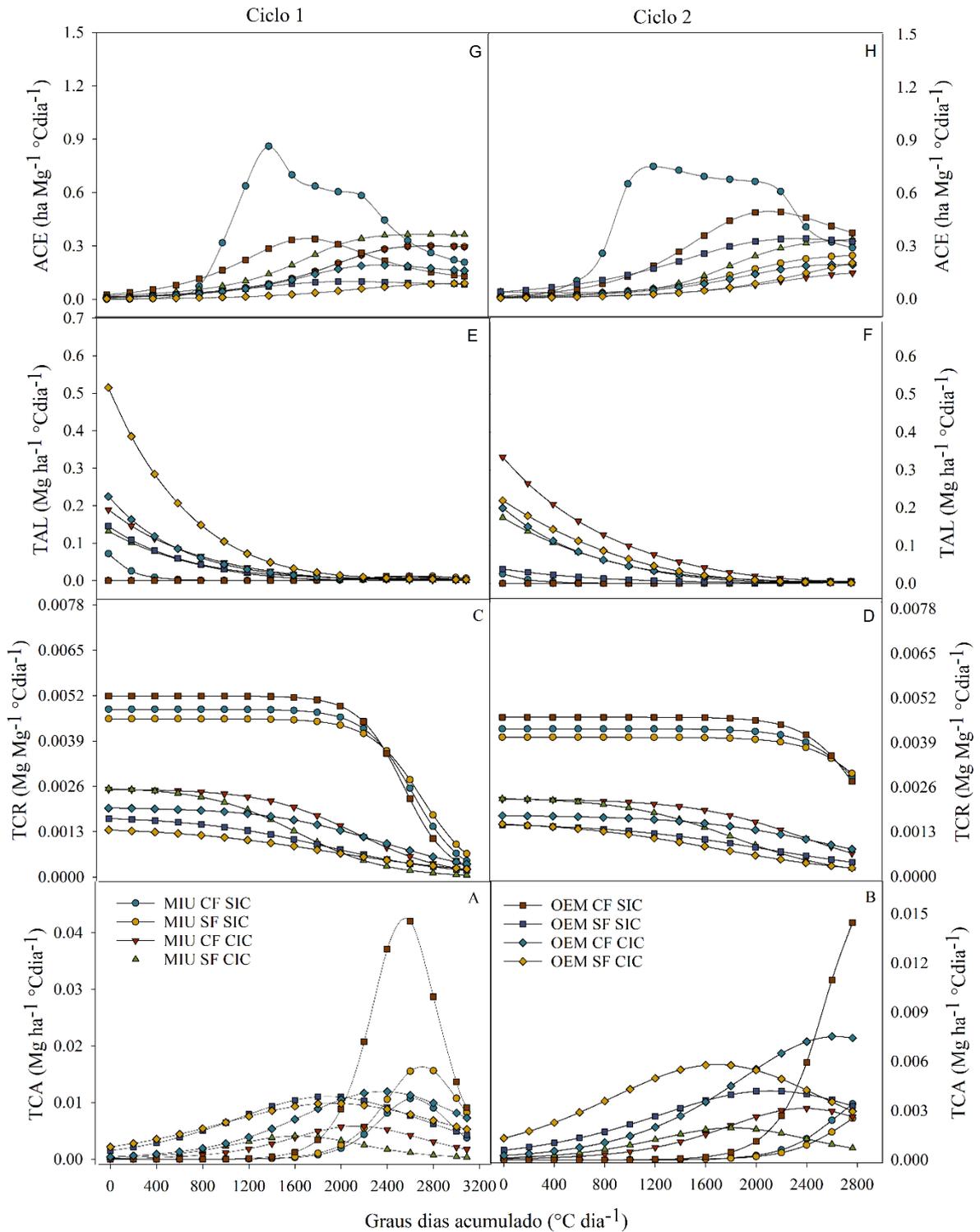


Figura 8. Índices morfofisiológicos dos dois ciclos de clones de palma forrageira (MIU – miúda e OEM – orelha de elefante mexicana) submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido.

Ao analisar a Figura 8E e 8F, referente ao comportamento da taxa de assimilação líquida (TAL) dos tratamentos estudados, verificou-se que, em ambos os ciclos, os maiores resultados ocorreram no início do estudo, com redução gradual durante o período experimental. Observou-se também similaridade no comportamento da TAL entre os dois ciclos avaliados. Em ambos os ciclos, os menores resultados foram constatados no tratamento OEM_CF_SIC com valores de 0,0121 e 0,0063 Mg ha⁻¹ °Cdia⁻¹, respectivamente, esses resultados são 98 % menores quando comparados aos tratamentos OEM_SF_CIC (0,5148 Mg ha⁻¹ °Cdia⁻¹) no primeiro ciclo e MIU_CF_CIC (0,3333 Mg ha⁻¹ °Cdia⁻¹) no segundo ciclo.

As Figuras 8G e 8H retratam a área específica do cladódio (ACE) para os dois ciclos de cultivo. Observou-se que os menores valores da ACE ocorreram no início do experimento, com aumento dos valores ao longo do período avaliado. O tratamento que alcançou as maiores magnitudes para o primeiro e segundo ciclo, foi tratamento MIU_CF_SIC com valores de 0,8609 e 0,7511 ha Mg⁻¹ respectivamente. Esse resultado é 136 % superior ao segundo maior tratamento MIU_SF_CIC (0,3653 ha Mg⁻¹) no primeiro ciclo, e 53 % maior ao tratamento OEM_CF_SIC (0,4922 ha Mg⁻¹) com o segundo com maior magnitude no segundo ciclo.

4.3. DETERMINAÇÃO DA FENOLOGIA DA PALMA FORRAGEIRA

Na Figura 9 são apresentados a taxa de emissão de cladódios dos clones de palma forrageira orelha de elefante mexicana (OEM) e miúda (MIU) sob diferentes manejos e colheita durante o primeiro ciclo de cultivo. No primeiro ciclo (Figura 9) os tratamentos com o clone MIU (9A, 9B e 9D), emitiram cladódios de quinta ordem e tiveram desenvolvimento vegetativo até a fenofase cinco (F5), com exceção do tratamento MIU_SF_CIC (Figura 9C), que teve emissão de cladódio de quarta ordem, e teve estacionamento no desenvolvimento vegetativo na fanofase quatro (F4). Para o tratamento MIU_CF_CIC o clone emitiu cladódios até a quinta ordem, porém, a taxa de emissão de cladódio de quarta ordem não foi suficiente para determinar a mudança para uma nova fenofase. Para a taxa de emissão de cladódios nos tratamentos com o clone OEM foram bem definidos, com desenvolvimento vegetativo dos tratamentos (9E, 9F e 9G) paralisado na fanofase 2 (F2). No entanto, o tratamento OEM_CF_CIC (Figura 9H) teve seu desenvolvimento até a fenofase 3 (F3).

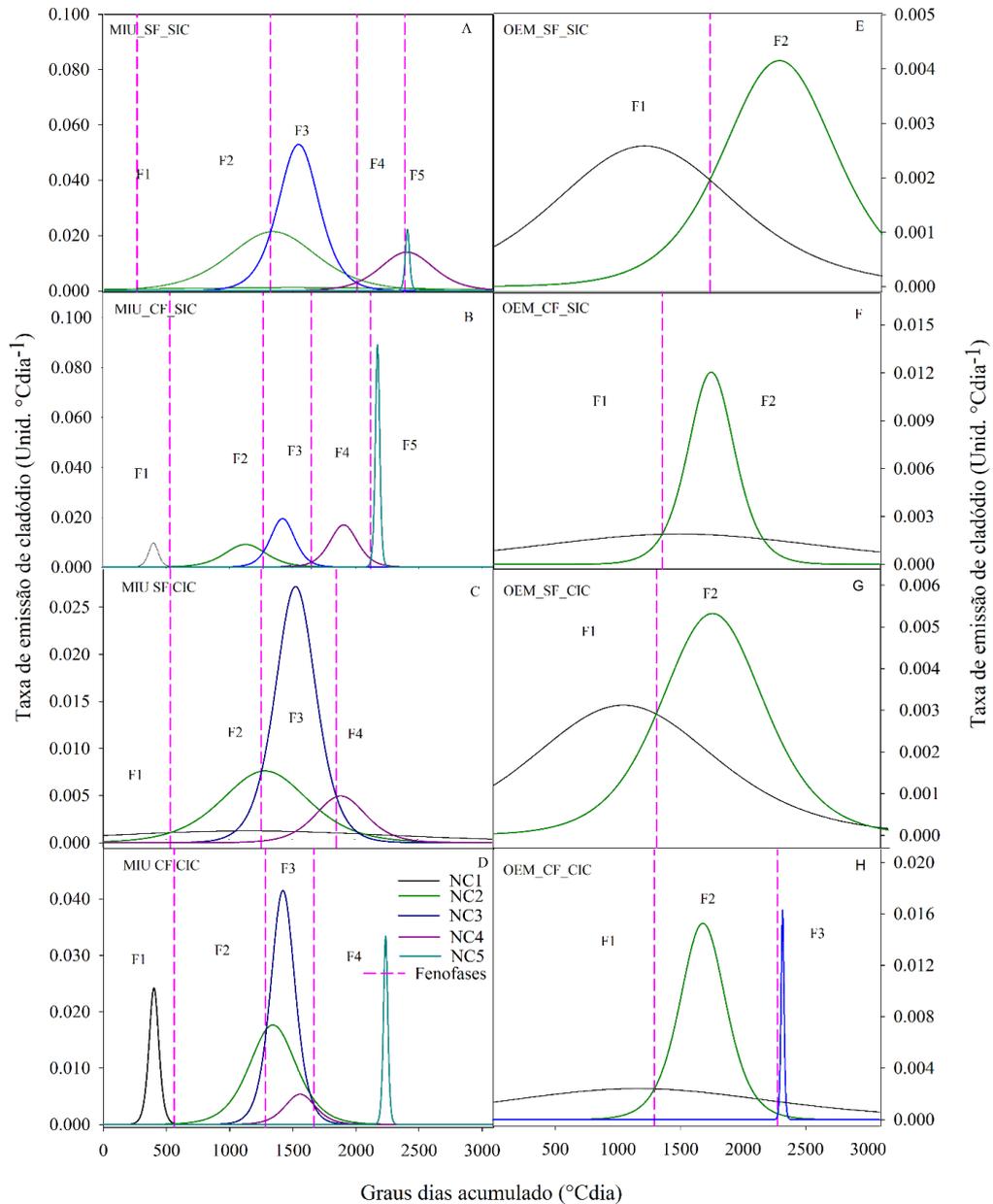


Figura 9. Fenofase vegetativa do primeiro ciclo da palma forrageira (MIU – miúda e OEM – orelha de elefante mexicana) submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido.

Para o período de mudança de fase vegetativa dos clones de palma forrageira, em geral os tratamentos com o clone OEM demoram em torno de 1290 °Cdias para ocorrer essa mudança entre as primeiras fenofases. No entanto, o OEM_SF_SIC permaneceu na fenofase inicial (F1) até 1720 °Cdias.

No segundo ciclo de cultivo representado na Figura 10, foram expostas as taxas de emissões de cladódios dos clones de palma forrageira, com exceção da primeira fenofase (F1),

que não foi considerada no ciclo final do experimento. As fases vegetativas para os tratamentos que compreendem ao clone MIU apresentaram comportamento semelhante ao do primeiro ciclo, com maior quantidade de fenofases para os tratamentos com o clone MIU em comparação aos tratamentos com o clone OEM.

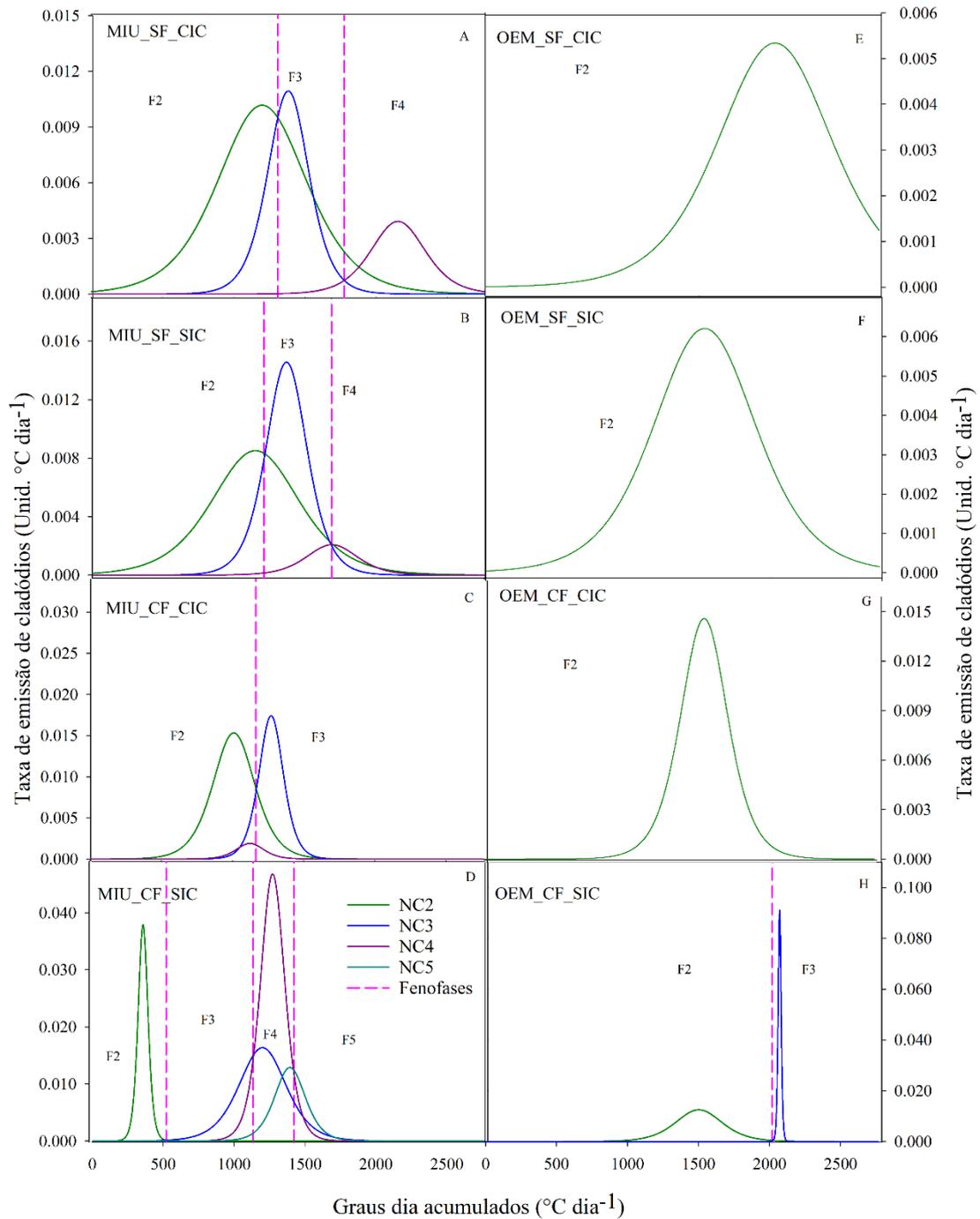


Figura 10. Fenofase vegetativa do segundo ciclo da palma forrageira (MIU – miúda e OEM – orelha de elefante mexicana) submetidas ao manejo fondren e intensidade de colheita em ambiente semiárido.

No segundo ciclo os tratamentos MIU_SF_CIC, MIU_SF_SIC e MIU_CF_SIC representadas nas Figuras 10A, 10B e 10D, expressaram maior quantidade de fases vegetativas, estabilizando seu desenvolvimento nas fenofases F4, F4 e F5, com valores de 1775, 1685 1422 °Cdias, respectivamente, sem o surgimento de novas fases. Ainda para o mesmo clone, a MIU_CF_CIC teve estabilização na terceira fenofase, mesmo que o tratamento tenha emitido cladódios de quarta ordem. Já para os tratamentos que incluem o clone OEM, a máxima fenofase (F3) foi registrada por OEM_CF_SIC aos 2020 °Cdias, e os demais tratamentos estabilizaram seu desenvolvimento na segunda fenofase.

5. DISCUSSÃO

5.1. CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E PRODUTIVIDADE DA PALMA FORRAGEIRA

Analisando os resultados da Tabela 1, foi observado que o clone OEM apresentou em geral maiores valores das variáveis de crescimento para os cladódios basais (1º e 2ª ordens) e o clone MIU apresentou os melhores resultado para os cladódios de ordem superiores. Esse comportamento pode ser explicado devido a morfologia, pois clones dos gêneros *Opuntia* como o clone OEM possuem área maior quando comparado com a MIU (Pereira *et al.*, 2015b). Esse comportamento também se repete nas variáveis que expressão o número de cladódio por ordem de surgimento, Estudos mostram que a taxa de emissão de cladódios do clone miúda é superior ao da OEM, podendo chegar a emitir até a 5ª ordem, o que reflete diretamente no NTC, ou seja, o clone MIU aloca energia e nutrientes para emissão de cladódios de ordens superiores, enquanto o clone OEM utiliza seus recursos na manutenção de cladódios primários (Nunes *et al.*, 2020a).

Ao observar na Tabela 1, as variáveis de crescimento do tratamento sistema sem intensidade, preservou cladódios de 1º, 2º e 3ª ordens, proporcionando maior quantidade de cladódio na planta, promovendo valores superiores para o IAC. A magnitude do índice de área dos cladódios se associa ao número total de cladódios presente na planta e ao hábito de crescimento da cultura. Dessa forma, os resultados obtidos pela pelo sistema sem intensidade podem estar associados a contribuição de cladódios primários (1ª e 2ª ordens) no desenvolvimento da AC1 (Pinheiro *et al.*, 2014). Ao manter os cladódios secundários na planta a área de cladódios (AC) remanescente após o corte é mantido, favorecendo o crescimento das

plantas, uma vez que os cladódios fotossintetizam e, portanto, influenciam a produção de biomassa (Lima *et al.*, 2016).

Os resultados da Tabela 2, Cortes menos intensos resultaram em plantas mais altas, largas e com maior número de cladódios na planta, gerando maior área do cladódio e favorecendo à maior área fotossintética (Pereira *et al.*, 2020). Essas características têm forte relação com a produtividade da cultura (Santos *et al.*, 2021).

Em termos de produção de palma forrageira, quando utilizado no sistema de cultivo o clone orelha de elefante mexicana (OEM) se destaca quando comparados com os demais clones, devido à alta produtividade desse clone. A elevada produtividade está associada as características intrínsecas desse clone (Alves *et al.*, 2022a; Santos *et al.*, 2024). Ser explica, por sua adaptação as condições adversas no ambiente, e influência das variáveis meteorológicas de forma distintas para cada clone Araújo Júnior *et al.* (2021c), menor mortalidade de plantas, quando comparado com outros clones normalmente utilizados na região (Silva *et al.*, 2015), características morfológica dos cladódios, promovem maior área dos cladódios e conseqüentemente elevada área fotossintética Pereira *et al.* (2015b), além de possuir grande reserva de massa seca por unidade de área (Nunes *et al.*, 2020b).

5.2. ÍNDICES MORFOFISIOLÓGICOS DA PALMA FORRAGEIRA

Os índices morfofisiológicos são utilizados com o objetivo de demonstram o desenvolvimento e a eficiência da cultura quando colocada em diferentes condições ambientais e ou quando submetido a diferentes configurações de cultivo (Araújo Júnior *et al.*, 2021b; Queiroz *et al.*, 2015).

A taxa de crescimento absoluta (TCA) demonstra a velocidade com que uma planta acumula matéria seca por unidade de área (Araújo Júnior *et al.*, 2021b; Nunes *et al.*, 2020b). O tratamento OEM_CF_SIC foi responsável por apresentar os maiores resultado para a TCA, esse comportamento que pode estar relacionado às características do clone (Santos *et al.*, 2024). Essas características incluem a maior interceptação da radiação e elevada atividade fotossintética, que são atribuídas ao hábito de crescimento, ao arranjo dos cladódios na planta é a maior área de cladódios (Salvador *et al.*, 2024). Essas características proporcionam ao clone OEM uma maior capacidade de acúmulo de matéria seca (Nunes *et al.*, 2020a).

A taxa de crescimento relativa (TCR), indica o potencial que a planta possui em armazenar matéria seca em relação á biomassa presente na planta em determinado período (Queiroz *et al.*, 2015). A TCR apresentou similaridade para os dois ciclos, onde os maiores

valores aconteceram no momento inicial. Esse comportamento é associado ao crescimento e desenvolvimento estrutural da célula e a formação de novos tecidos, possibilitando a expansão da área do cladódio da palma (Jardim *et al.*, 2021a). Entretanto, houve redução ao longo do ciclo, esse comportamento está ligado com o crescimento das plantas, auto-sombreamento, estabelecimento de novos tecidos e na redução da absorção de nutrientes (Araújo Júnior *et al.*, 2021b).

A taxa de assimilação líquida (TAL), expressa a habilidade que a planta possui em transformar fotoassimilados em matéria seca (Araújo Júnior *et al.*, 2021b). Os maiores resultados para a TAL no início do ciclo estão relacionados com a evolução da área foliar, que promove o aumento da área fotossintetizante Silva *et al.* (2015), e menor taxa de emissão de novos cladódios (Araújo Júnior *et al.*, 2021b). Porém, a diminuição dos valores da TAL ao longo do ciclo tem relação com o surgimento de novos cladódios que apresentam reduzida atividade fotossintética (Jardim *et al.*, 2021b).

A área específica do cladódio (ACE), estima a distribuição da matéria seca na superfície fotossintetizante da folha (Araújo Júnior *et al.*, 2021b). O comportamento da ACE pode apresentar hábitos diferentes para cada espécie, toda via, pode ocorrer variação em plantas de mesma espécie (Ali *et al.*, 2017). Para o estudo, a ACE apresentou os maiores resultados no tratamento MIU_CF_SIC (Figura 8G e 8H) nos dois ciclos. De acordo com Queiroz *et al.* (2015) na maioria das vezes a ACE tem comportamento inverso ao da espessura do cladódio.

5.3. DETERMINAÇÃO DA FENOLOGIA DA PALMA FORRAGEIRA

A compreensão das fases vegetativa (Fenofase) de clones de palma forrageira pode contribuir na determinação do manejo mais adequado para a cultura, e indicar o sistema de produção que melhor se ajusta para essa cultura (Amorim *et al.*, 2017). Os resultados mostraram que para o clone miúda pertencente ao gênero *Nopalea* apresentou maior número de fenofases ao longo do período experimental (até a fenofase cinco) quando comparado ao clone orelha de elefante mexicana (OEM) pertencente ao gênero *Opuntia*, que se desenvolveu até a terceira fenofase. Resultados semelhante ao do presente estudo foi mostrado por Araújo Júnior *et al.* (2021b) ao avaliara fenofase em clone de palma forrageira sob diferentes regimes hídricos.

Os clones de palma forrageira pertencentes ao gênero *Nopalea* apresentam maior emissão de cladódios de ordens superiores (e.g. cladódios de 4^a, 5^a e 6^a ordem de surgimento) quando comparado ao clone OEM (Silva *et al.*, 2015).

6. CONCLUSÃO

A utilização do clone orelha de elefante mexicana (*O. stricta* (Haw.) Haw.) nos sistemas de produção com palma forrageira, proporcionou aumento da produtividade, independente da configuração de cultivo.

A integração do manejo de intensidade de corte em cultivos com o clone orelha de elefante mexicana promove incremento na produtividade de matéria fresca e seca. Porém, a aplicação do manejo de intensidade de corte, afeta negativamente as características biométricas dos clones orelha de elefante mexicana e miúda, provocando redução na magnitude de crescimento das variáveis estruturais da palma forrageira. Além disso, independente do clone as taxas de crescimento da palma forrageira tiveram as melhores respostas quando não foi aplicado a intensidade de corte.

As fenofases não foram afetadas pelos manejos de corte adotados. Entretanto, as modificações estão exclusivamente relacionadas com as características de cada clone. Com destaque para o clone miúda que apresentou maior quantidade de fenofases.

É necessário novos estudos com aplicação do manejo de intensidade de corte em outros clones do gênero *Nopalea*, para verificar se o comportamento dos resultados obtidos nesse estudo terá modificações em outro clone.

REFERÊNCIAS

ALI, A. M. et al. Specific leaf area estimation from leaf and canopy reflectance through optimization and validation of vegetation indices. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 236, p. 162–174, 2017.

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration : Guidelines for computing crop water requirements-FAO irrigation and drainage paper 56. **FAO: Rome** , v. 300, n. 9, p. 301, 1998.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ALVES, C. et al. Consórcio palma-sorgo sob lâminas de irrigação: balanço de água no solo e coeficientes da cultura. **Agrometeoros**, v. 27, n. 2, 2020.

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, 2022a.

ALVES, H. K. M. N. et al. An approach on resilient agricultural practices for sustainable maximization of production systems in the Brazilian semi-arid region | Uma abordagem sobre

práticas agrícolas resilientes para maximização sustentável dos sistemas de produção no Semiárido br. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 1, p. 373–392, 2022b.

ALVES, H. K. M. N. et al. Integrated management of agronomic practices in the forage cactus: maximizing productivity, biological efficiency and economic profitability. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v. 24, p. 307–329, 2022c.

AMORIM, D. M. et al. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems | Fenofases e momento de corte de palma forrageira sob irrigação e sistemas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 62–71, 2017.

ARAÚJO JÚNIOR, G. N. et al. Productivity, bromatological composition and economic benefits of using irrigation in the forage cactus under regulated deficit irrigation in a semiarid environment. **Bragantia**, v. 80, p. e1221, 2021a.

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, p. 104510, 2021b.

ARAÚJO JÚNIOR, G. N. et al. Growth dynamics and accumulation of forage mass of forage cactus clones as affected by meteorological variables and water regime. **European Journal of Agronomy**, v. 131, p. 126375, 2021c.

ARAÚJO JUNIOR, G. N. et al. Temperatura base da palma forrageira em sistema de cultivo consorciado com o sorgo. Juazeiro-BA/Petrolina-PE: **XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação do Semiárido Brasileiro**, 2017.

BAKALI, A. H. Cladode planting methods improves the initial growth and production of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). **Advances in Agriculture & Botanic**, v. 8, p. 111–128, 2016.

CAMPOS, F. et al. Alternativa de forragem para caprinos e ovinos criados no semiárido. **Nutri Time**, v. 14, n. 2, p. 5004–5013, 2017.

CARNEIRO, R. G. et al. Energy balance and Evapotranspiration response to environmental variables in the semi-arid Caatinga biome. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 152, p. 105319, 2025.

CAVALCANTE, L. A. D. et al. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 424–433, 2014.

CAVALCANTI, J. C. P. **Recomendações de adubação para o estado do Pernambuco (2ª aproximação)**. 3ª edição ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, 2008.

CORRÊA, R. D. G. et al. Sowing operation direction and population densities in corn growing | Sentido da operação de semeadura e densidades populacionais no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 183–187, 2019.

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.

CRUZ, M. C. M. et al. Qualidade de frutas de tangerineira “ponkan” submetidas ao raleio químico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 127–134, 2009.

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, n. 9, p. 724–733, 2017.

DUBEUX JÚNIOR., J. C. B. et al. FORAGE POTENTIAL OF CACTI ON DRYLANDS. **Acta Horticulturae**, n. 1067, p. 181–186, 2015.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F. Potential of cactus pear in South America. **Cactusnet Newsletter**, v. 13, p. 29–40, 2013.

FERRAZ, R. L. S. et al. Variations in soil water replacement levels promote changes in forage cactus mineral composition and biomass productivity. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 5, p. e2537, 2020.

GARCIA, C. V. et al. Agronomic characteristics and nutritional value of cactus pear progenies. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 6, p. 4721–4735, 2021.

HUSSAIN, J. et al. Wheat Responses to Climate Change and Its Adaptations: A Focus on Arid and Semi-arid Environment. **International Journal of Environmental Research**, v. 12, n. 1, p. 117–126, 2018.

JARDIM, A. M. R. F. et al. Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, v. 188, 2021a.

JARDIM, A. M. R. F. et al. Genotypic differences relative photochemical activity, inorganic and organic solutes and yield performance in clones of the forage cactus under semi-arid environment. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 162, p. 421–430, 2021b.

JARDIM, A. M. R. F. et al. Interaction of agroecosystem intercropped with forage cactus-sorghum in the semi-arid environment: a review. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 1, p. 069–087, 2020a.

JARDIM, A. M. R. F. et al. Sink or carbon source? how the *Opuntia* cactus agroecosystem interacts in the use of carbon, nutrients and radiation in the Brazilian semi-arid region. **Journal of Hydrology**, v. 625, p. 130121, 2023.

JARDIM, A. M. R. F. et al. Production potential of *Sorghum bicolor* (L.) Moench crop in the Brazilian semiarid. **Pubvet**, v. 14, n. 4, 2020b.

LEITE, M. L. M. V et al. Caracterização da produção de palma forrageira no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 192–200, 2014.

- LIMA, G. F. D. C. et al. Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear under different cutting intensities. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 481–488, 2016.
- 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.
- MEIRA, A. N. et al. Food security and safety mismatch in low-income settings: Evidence from milk produced by smallholders in semiarid Paraíba, Northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 188, 2021.
- MOURA, M. S. B.; SOBRINHO, J. E.; SILVA, T. G. F. Aspectos meteorológico do semiárido brasileiro. 2019.
- NUNES, J. S. L. et al. Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. **Agrometeoros**, v. 27, n. 2, 2020a.
- NUNES, J. S. L. et al. Índices morfofisiológicos e biofísicos da palma forrageira cultivada sob tecnologias hídricas na bacia do Rio Pajeú. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 1, p. 128–139, 2020b.
- PEREIRA, J. S. et al. Morphological and yield responses of spineless cactus Orelha de Elefante Mexicana under different cutting intensities. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 21, p. e2121142020, 2020.
- PEREIRA, L. S. et al. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. **Agricultural Water Management**, v. 147, p. 4–20, 2015a.
- PEREIRA, P. D. C. et al. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 184–195, 2015b.
- PINHEIRO, K. M. et al. Correlations of the cladode area index with morphogenetic and yield traits of cactus forage | Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 12, p. 939–947, 2014.
- QUEIROZ, M. G. et al. Relações Hídrico-Econômicas Da Palma Forrageira Cultivada Em Ambiente Semiárido. **Irriga**, v. Edição esp, p. 141–154, 2016.
- 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, n. 10, p. 931–938, 2015.
- RICHARDS, L. A. et al. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. [s.l.] US Department of Agriculture, 1954. v. 60
- ROCHA, R. S.; VOLTOLINI, T. V; 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.

SALVADOR, K. R. S. et al. Intercropping impacts growth in the forage cactus, but complementarity affords greater productivity, competitive ability, biological efficiency and economic return. **Agricultural Systems**, v. 218, p. 103958, 2024.

SANTOS, J. P. A. S. et al. Morphophysiological responses, water, and nutritional performance of the forage cactus submitted to different doses of nitrogen. **Field Crops Research**, v. 308, p. 109273, 2024.

SANTOS, J. P. A. S. et al. Técnicas de manejo sustentável para o aporte forrageiro da agricultura familiar no semiárido brasileiro: palma forrageira, irrigação e fondren. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 7, p. 3910–3931, 2021.

SANTOS, K. C. et al. Nutritional potential of forage species found in Brazilian Semiarid region. **Livestock Science**, v. 195, p. 118–124, 2017.

SILVA, A. S. et al. Características agronômicas de variedades de *Opuntia cochenillifera* e *Nopalea cochenillifera* sob diferentes densidades de plantio. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 6, 2019.

SILVA, D. F. et al. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, 2021.

SILVA, P. F. et al. Seasonal patterns of carbon dioxide, water and energy fluxes over the Caatinga and grassland in the semi-arid region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 147, p. 71–82, 2017.

SILVA, T. G. F. et al. Profitability of using irrigation in forage cactus-sorghum intercropping for farmers in semi-arid environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 2, p. 132–139, 2023a.

SILVA, T. G. F. et al. Crescimento E Produtividade De Clones De Palma Forrageira No Semiárido E Relações Com Variáveis Meteorológicas 1 Growth and Productivity of Cactus Forage Clones in Semiarid and Relationship With Meteorological Variables. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 10–18, 2015.

SILVA, T. G. F. et al. Cactus–sorghum intercropping combined with management interventions of planting density, row orientation and nitrogen fertilisation can optimise water use in dry regions. **Science of the Total Environment**, v. 895, 2023b.

SOUZA, C. A. A. et al. Intercomparison of micrometeorological variables, surface energy fluxes, and evapotranspiration in different landscapes of the Brazilian semi-arid region. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 341, p. 109679, 2023.

SOUZA, M. D. S. et al. Growth, phenology and harvesting time of cactus-millet intercropping system under biotic mulching. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 68, n. 6, p. 764–778, 2021.

VIEIRA, E. L. et al. Manual de fisiologia vegetal. **Edufma**, 2010.

ZHANG, H.; FLOTTMANN, S. Source-sink manipulations indicate seed yield in canola is limited by source availability. **European Journal of Agronomy**, v. 96, p. 70–76, 2018.