



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI**

EUDO BARRETO DE SÁ TELES

**CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES ARRANJOS E
DENSIDADES DE PLANTIO**

**GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2021**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO CAMPUS GUANAMBI**

EUDO BARRETO DE SÁ TELES

**CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES ARRANJOS E
DENSIDADES DE PLANTIO**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.

**GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2021**

Catálogo: Fabiana A. Santos - CRB-5/1521
IF Baiano, Campus Guanambi.

T269c Teles, Eudo Barreto de Sá

Cultivares de palma forrageira sob diferentes arranjos e densidades de plantio. / Eudo Barreto de Sá Teles. Guanambi, Ba., 2021.

48f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação) Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Guanambi.

Orientador: DSc. Alessandro de Magalhães Arantes

1. Opuntia. 2. cultivares. 3. semiárido. 4. sistema de cultivo
I. Título.

CDU:633.39



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO CAMPUS GUANAMBI**

EUDO BARRETO DE SÁ TELES

**CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA SOB DIFERENTES ARRANJOS E
DENSIDADES DE PLANTIO**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.

APROVADA: 04 de novembro de 2021.

Pesq. Dr^a. Maria Geralda Vilela Rodrigues
Membro da Banca – Epamig Norte – Nova
Porteirinha, MG

Prof. Dr. Paulo Emílio Rodrigues Donato
Membro da Banca IFBAIANO –
Guanambi, BA

Prof. Dr. Sérgio Luiz Rodrigues Donato
Coorientador – IFBAIANO – Guanambi, BA

Prof. Dr. Alessandro de Magalhães Arantes
Orientador – IFBAIANO – Guanambi, BA

BIOGRAFIA

EUDO BARRETO DE SÁ TELES, é natural do município de Paratinga – BA, sendo o 11º filho de uma família de quatorze irmãos, filho de agricultora e agricultor familiar, onde concluiu o ensino médio no Polo Educacional Professora Honorina, (2005). Licenciado em Matemática pela Faculdade de Tecnologia e Ciências (FTC), Salvador – BA, (2012). Engenheiro Agrônomo graduado pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB), *Campus IX*, Barreiras – BA, (2018). Em 2019 iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido (MPPVS) pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus Guanambi*, concluindo em novembro de 2021.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	11
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1 A PALMA FORRAGEIRA.....	13
3.2 CARACTERÍSTICAS DAS PRINCIPAIS CULTIVARES.....	14
3.3 PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRICIONAL.....	16
3.4 MANEJO E UTILIZAÇÃO.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	22
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	23
4.3 COLETA DE AMOSTRAS E PREPARO DO SOLO.....	24
4.4 ADUBAÇÃO DE FUNDAÇÃO.....	24
4.5 RETIRADA E TRANSPORTE DAS MUDAS.....	26
4.6 PLANTIO DAS MUDAS.....	26
4.7 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	27
4.8 COLETA DE DADOS.....	28
4.9 PRODUTIVIDADE ESTIMADA NÃO DESTRUTIVA.....	29
4.10 COLHEITA.....	30
4.2.1 Análise dos dados.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
6. CONCLUSÕES.....	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação mensal (mm), Umidade relativa (%), Temperatura máxima (°C) e Temperatura mínima (°C) durante o período de 01/10/2019 a 01/09/2021, registadas pela estação automática (SEIA) para o Município de Paratinga-BA	22
Figura 2. Representação da distribuição do delineamento experimental na área de realização da pesquisa.....	23
Figura 3. Falha no pegamento (A) e tombamento de palma forrageira causado pela <i>Pectobacterium</i> (B).....	28
Figura 4. Altura da planta (AL), número de cladódio (NC), comprimento do cladódio (CC), largura do cladódio (LC) e espessura do cladódio (EC) das cultivares de palma forrageira Gigante (Cv1) e Orelha de Elefante Mexicana (Cv2) em função de dias após o plantio	32
Figura 5. Largura da planta (LP), índice de área de cladódio (IAC) e produtividade de matéria verde (PMV), das cultivares de palma forrageira Gigante (Cv1) e Orelha de Elefante Mexicana (Cv2) em função de dias após o plantio.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos química e granulométricos do solo da área experimental, na profundidade de 0,00 – 0,20 m	25
Tabela 2. Índice de pegamento e tombamento de cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliadas entre 90 e 510 dias após o plantio	27
Tabela 3. Análise de variância e seus respectivos quadrados médios, para cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliadas entre 90 e 510 dias após o plantio	31
Tabela 4. Resumo da análise de variância e seus respectivos quadrados médios, para cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliadas entre 90 e 510 dias após o plantio	34
Tabela 5. Resumo da análise de variância e seus respectivos quadrados médios, para cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, aos 690 dias após o plantio	36
Tabela 6. Produtividade de matéria verde (Mg ha ⁻¹) de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio	37
Tabela 7. Comprimento do cladódio (cm) de cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio	38
Tabela 8. Altura da planta (cm) de cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio	39
Tabela 9. Número de cladódio (un) de cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio	40
Tabela 10. Largura do cladódio e índice de área de cladódio de cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio	41
Tabela 11. Índice de área de cladódio (m ² m ⁻²) de cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio	41

RESUMO

TELES, E. B. S., M.Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus Guanambi*, novembro de 2021. **Cultivares de palma forrageira sob diferentes arranjos e densidades de plantio**. Orientador: Alessandro de Magalhães Arantes. Coorientador: Sérgio Luiz Rodrigues Donato.

A palma forrageira tem se destacado na região semiárida brasileira, com a principal função, de suporte forrageiro para a alimentação animal no período de estiagem. Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo avaliar o desempenho das cultivares de palma forrageira Orelha de elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haworth) Haworth) e Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill), sob diferentes configurações e densidades de plantio. Os 12 tratamentos foram dispostos num delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas por duas configurações de plantio (CP), fileira simples e fileiras triplas; as subparcelas compostas por duas cultivares (Cv), Gigante e Orelha de Elefante Mexicana; e as subsubparcelas por três densidades de plantio (DP), 20, 40 e 60 mil plantas ha⁻¹. Essas densidades de plantio foram conferidas, respectivamente, pelos espaçamentos 1,50 x 0,33 m; 1,50 x 0,17 m e 1,50 x 0,11 m para a configuração em fileiras simples e pelos espaçamentos 3,00 x 1,00 x 0,30 m; 3,00 x 1,00 x 0,15 m e 3,00 x 1,00 x 0,10 m para a configuração em fileira tripla. As variáveis avaliadas foram: altura (AP) e largura (LP) da planta, comprimento (CC), largura (LC) e espessura do cladódio (EC), número de cladódio (NC), índice de área de cladódio (IAC) e produtividade de matéria verde (PME). As mensurações foram realizadas a cada 60 dias, a partir dos 90 até os 510 dias após o plantio. A densidade de plantio com 60 mil plantas ha⁻¹ e a configuração de plantio em fileira tripla, promoveram maior produtividade da palma forrageira. A cultivar Orelha de Elefante Mexicana foi mais produtiva do que a Gigante.

Termos para indexação: *Opuntia*, cultivares, semiárido, sistema de cultivo.

ABSTRACT

TELES, E. B. S., M.Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus Guanambi*, novembro de 2021. **Cultivares de palma forrageira sob diferentes arranjos e densidades de plantio**. Orientador: Alessandro de Magalhães Arantes. Coorientador: Sérgio Luiz Rodrigues Donato.

The forage cactus has stood out in the semi-arid region of Brazil, with the main function of providing forage support for animal feed during the dry season. Thus, the aim of this study was to evaluate the performance of forage cactus cultivars Mexican elephant ear (*Opuntia stricta* (Haworth) Haworth) and Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill), under different configurations and planting densities. The 12 treatments were arranged in a randomized block design, in a split-plot scheme, with three replications. The plots consisted of two planting configurations (CP), single row and triple rows; the subplots composed by two cultivars (Cv), Gigante and Ear de Elefante Mexicana; and the sub-plots by three planting densities (DP), 20, 40 and 60 thousand plants ha⁻¹. These planting densities were checked, respectively, by spacing 1.50 x 0.33 m; 1.50 x 0.17 m and 1.50 x 0.11 m for the configuration in single rows and by spacing 3.00 x 1.00 x 0.30 m; 3.00 x 1.00 x 0.15 m and 3.00 x 1.00 x 0.10 m for the triple row configuration. The variables evaluated were: plant height (AP) and width (LP), length (CC), width (LC) and cladode thickness (EC), cladode number (NC), cladode area index (IAC) and green matter (PME) productivity. Measurements were performed every 60 days, from 90 to 510 days after planting. The planting density with 60 thousand plants ha⁻¹ and the triple row planting configuration promoted greater forage cactus productivity. The cultivar Orelha de Elefante Mexicana was more productive than the Gigante.

Index terms: *Opuntia*, cultivars, semiarid, cropping system.

1. INTRODUÇÃO

Os períodos de seca prolongada na região semiárida brasileira, tem acumulado problemas para os agricultores que dependem apenas da chuva para produzir seus alimentos. A estiagem que acomete essa região, tem afetado diretamente uma de suas principais atividades econômicas, que é a criação de animais, no entanto, o cultivo de plantas que tenham maior tolerância à seca, como a palma forrageira, constitui solução para mitigar esses problemas.

O cultivo da palma forrageira para a alimentação animal no período de estiagem, tem se difundido de forma significativa nos últimos anos, em regiões que sofrem com a estacionalidade na produção das culturas no período da seca, contribuindo assim, com a resiliência desses sistemas produtivos. A palma forrageira é uma das plantas com maior potencial de exploração na região semiárida brasileira, em virtude de sua adaptação às características ambientais, e ao seu alto potencial produtivo em regiões com irregularidade na distribuição de chuvas. Contudo, suas características anatômicas e morfológicas, que permitem maior racionalidade no uso da água, podem ser fortemente afetadas, a depender do manejo.

O manejo da palma forrageira é determinante para a expressividade do potencial produtivo da cultura, de maneira geral, as combinações de plantio, como espaçamentos e configurações que determinam a densidade de plantas por área, não devem proferir como uma receita a ser seguida por todos os produtores, pois as limitações tecnológicas de cada agricultor, bem como, as condições de fertilidade do solo de cada região, são fatores que são considerados na escolha das combinações de plantio. Todavia, por falta de conhecimento por parte dos agricultores, a cultura da palma ainda não é considerada como uma lavoura, e o manejo nos palmais são ineficientes. No entanto, o sucesso produtivo da cultura, está relacionado, geralmente, com o manejo e com a espécie de palma a ser cultivada.

As espécies de palma forrageira predominantes nos palmais das regiões produtoras da cultura, são provenientes de dois gêneros, como a *Opuntia ficus indica* (L.) Mill e a *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck, com as cultivares Gigante, Redonda, Orelha de Elefante Mexicana, Miúda e o clone IPA-Sertânia. Desse modo, os estudos realizados na região sobre o cultivo da palma forrageira, estão consolidados no tocante a configuração de plantio, espaçamento, densidade de plantio, adubação, rendimento de biomassa e composição bromatológica, ainda assim, se faz necessário estudos entre cultivares, uma vez que estas, respondem de forma diferente, às interações de clima, solo e manejo.

À vista disso, verifica-se, a necessidade de estudos que possam aprimorar os sistemas de produção da palma forrageira, levando em consideração as características específicas da cultura, do nível tecnológico do agricultor e das condições ambientais de cada região. Desse

modo, objetivou-se com o presente estudo avaliar o desempenho das cultivares de palma forrageira Orelha de elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haworth) Haworth) e Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill), sob diferentes configurações e densidades de plantio.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A palma forrageira

As regiões com maior aridez do nordeste brasileiro, são condicentes com as seguintes características: a) precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; b) índice de aridez de Thornthwaite, dado pela razão entre precipitação e evaporação, igual ou inferior a 0,50; c) percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano, por um período de 30 anos (BRASIL, 2017). Nesse sentido, a irregularidade na distribuição das chuvas durante o ano, favorece a sazonalidade na produção de forragem e, conseqüentemente, limita o desenvolvimento da pecuária nessas regiões, principalmente de ruminantes. Entre as alternativas existentes para minimizar esses efeitos, a palma forrageira é o vegetal que mais se destaca, já que suas características anatômicas e fisiológicas permitem boa adaptação a ambientes áridos e semiáridos (LOPES et al., 2019).

Com boa adaptação às condições climáticas adversas, e visto ser uma cultura com magnificência fisiológica especial, no que se refere a absorção, aproveitamento e perda de água, a palma possui mecanismo fotossintético, denominado, Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM), que confere maior eficiência metabólica à planta (MARQUES, et al., 2017). Esse metabolismo presente nas cactáceas, permite à planta, realizar as trocas gasosas, principalmente à noite, o que confere uma vantagem significativa no processo de adaptação a ambientes áridos e semiáridos, quando comparado com outros vegetais C_3 e C_4 . Segundo Inglese et al. (2017), o processo de abertura estomática, durante a noite, para a captação do CO_2 , que é transformado em ácidos orgânicos e armazenados nos vacúolos, onde se decompõem e liberam, no dia seguinte, o CO_2 , que é assimilado pelo ciclo de Calvin, permite à planta, perder menos água para a atmosfera, devido a temperaturas amenas e maior umidade relativa do ar durante a noite (DONATO et al., 2017a).

Outra característica das plantas CAM, que confere menor perda de água para atmosfera, é a presença de cutículas de baixa permeabilidade, que são compostas por vários tipos de ceras e por substâncias que repelem o excesso de cargas radiantes na forma de raios solares (SAMPAIO, 2005; MACÊDO et al., 2020).

O número de estômatos presente nas plantas de metabolismo CAM é inferior quando comparado com as plantas C_3 e C_4 , no entanto, esses estômatos são bastante ativos, proporcionando assim, alta eficiência na realização das trocas gasosas entre a planta e o ambiente externo, principalmente à noite, enquanto que durante o dia, quando parcialmente ou totalmente fechados, seu menor número reduzem a perda de água MACÊDO et al., (2018).

O sistema radicular da palma forrageira é caracterizado por apresentar três divisões bastante interessantes, sendo, as raízes mais profundas, responsáveis pela sustentação da planta e também pela extração dos nutrientes e água das camadas mais profundas do solo, as raízes esponjas, que estabelecem próximo à superfície do solo, apresentam como principal função, a captação imediata de água e nutrientes prontamente solúveis no solo, e as raízes de chuva, assim denominadas por que surgem nas primeiras horas após o solo ser molhado e desaparece tão logo o solo fica seco (SAMPAIO, 2005; MACÊDO et al., 2020).

Em decorrência da adaptação em diversas condições edafoclimáticas, é notório o avanço do cultivo da palma forrageira, o que segundo Donato et al. (2017), está relacionado à sua maior segurança produtiva, associada a uma série de providências essenciais à redução dos riscos de produção, possibilitando ao agricultor maior garantia de colheita. Além de apresentar elevado potencial produtivo, e importância para o desenvolvimento sustentável, principalmente de zonas áridas e semiáridas, a palma forrageira, assume maior viabilidade de cultivo, quando comparado a outros vegetais.

O uso da palma forrageira na alimentação animal, tem contribuído, significativamente, na redução dos custos com aquisição de alimentos externos à propriedade, tais como, farelo de soja, milho e outros concentrados comerciais, utilizados para complementar a dieta alimentar de ruminantes, principalmente no período de estiagem, quando há pouca disponibilidade de alimento (LIMA et al., 2015). O suporte forrageiro oferecido pela palma, à pecuária, no semiárido, tem ajudado no desenvolvimento da atividade nos últimos anos, em função de vários aspectos, como a capacidade de adaptação em sistemas agrícolas, com base em cultivos que podem suportar condições de falta de água, altas temperaturas, solos que exigem poucos insumos energéticos, facilidade de manejo no plantio, rusticidade, longevidade e viabilidade econômica no âmbito da produção (CUNHA, 2018).

Diante dos diversos benefícios da palma forrageira, o aumento na disponibilidade de forragem para rebanhos no período de estiagem, pode ser caracterizado como o mais importante. O cultivo, da palma forrageira, possibilita o aumento da capacidade de suporte da propriedade, e reduz, a lotação animal em áreas de vegetação nativa, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do semiárido (LEITE et al., 2017).

3.2 Características das principais cultivares

A palma forrageira, amplamente difundida no nordeste brasileiro, pertence à divisão *Embryophyta*, subdivisão *Angiospermea*, classe *dicotyledoneae*, subclasse *Archiclamiidae*, ordem *Opuntiales* e família *Cactaceae*, com predominância dos gêneros *Opuntia fícus-indica*

(L.) Mill. e *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck, com as cultivares Gigante, Redonda, Orelha de elefante mexicana, Miúda e o clone IPA-Sertânia (SILVA, 2018).

A palma forrageira Gigante (*Opuntia ficus indica*), popularmente denominada, graúda, azeda ou santa, apresenta arquitetura menos ramificada, caule mais ereto, porte mais elevado, crescimento inicial bem vertical, e mais copada na parte superior. O peso do cladódio pode chegar 1,0 kg, com comprimento de aproximadamente 50 cm, forma elíptica, com coloração verde- fosca. Apresenta flores hermafroditas, amarela-brilhante, de tamanho médio, na qual a corola fica aberta na antese. O fruto é uma baga, ovalado, com sabor adocicado e comestível (SILVA, 2017a).

A palma Miúda (*Napolea cochenillifera*), ou palma doce, como é conhecida popularmente, é uma planta de porte reduzido e caule bastante subdividido. Apresenta maior número de cladódios, quando comparado com as outras cultivares, porém, de menor tamanho e coloração verde-brilhante-intenso. As flores são vermelhas e a corola permanece meio fechada durante o ciclo. Essa cultivar apresenta resistência à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*), e menor tolerância à seca, quando comparada com as cultivares do gênero *Opuntia*, sendo mais indicada para regiões mais úmidas do Semiárido, com precipitação mais distribuída e temperaturas amenas (VASCONCELOS et al., 2009). Apresenta produtividade de matéria verde, inferior à palma Gigante e à palma Redonda, no entanto, com valores similares de massa seca (SANTOS et al., 2006).

A palma Redonda (*Opuntia* sp.) é originária da palma Gigante. É uma cultivar que apresenta porte médio e caule com maior crescimento lateral, hastes curtas e menos resistentes. Seu crescimento, ramificado lateralmente, dificulta o cultivo em consórcio com outras culturas. O peso de suas raquetes pode chegar até 1,8 kg, crescimento de quase 40 cm de comprimento, de formato arredondado (VASCONCELOS et al., 2009). Apresenta altas produtividades e é susceptível à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*), assim como a palma Gigante, porém, é mais palatável (NEVES et al., 2010).

A palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw.), trazida do México para o Brasil através do Instituto Agrônomo da Paraíba (IPA), é considerada como resistente à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*), e susceptível à cochonilha-de-escama. Segundo Santos et al. (2013), essa cultivar encontra-se bem adaptada às condições climáticas do Semiárido brasileiro e representa mais de 90% de sobrevivência e satisfatória produtividade de massa seca. Apresenta hábito de crescimento aberto, possui porte baixo, cladódios largos e curtos, formato de losango, espessura grossa e coloração verde-escura e apresentando muita cerosidade (GALLEGOS-VÁZQUEZ; CERVANTES-HERRERA; BARRIETOS-PRIEGO,

2005). É uma cultivar menos exigente em fertilidade de solo, quando comparada com a palma Miúda (SILVA et al., 2017a).

O clone IPA-Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Sal-Dyck), palma baiana ou palma sem espinho, como é popularmente conhecida, foi coletada pelo IPA, na Bahia, após queima de uma área cultivada com palma Miúda. Devido a semelhança morfológica com a palma Miúda, acredita-se, ser uma mutação desta, no entanto, o clone IPA-Sertânia apresenta menor brotação e seus cladódios são maiores (SANTOS et al., 2013). Seu crescimento é ereto, cladódios medianos, estreitos, com pequena razão no comprimento/largura, espessura grossa, com moderada presença de cerosidade e coloração verde-amarelada (GALLEGOS-VÁZQUEZ; CERVANTES-HERRERA; BARRIETOS-PRIEGO, 2005). É cultivada nos estados de Pernambuco e Bahia, e sua larga aceitabilidade pelos produtores, está pautada na ausência de espinhos, o que facilita o manejo. Em contrapartida, é susceptível à fusariose (SANTOS et al., 2013).

3.3 Produtividade e valor nutricional

O aumento do potencial produtivo da palma forrageira, associado à qualidade nutricional da forragem, depende de inúmeros fatores, tais como: pluviosidade, fertilidade do solo, vigor das mudas, densidade de plantio, ataques de pragas e doenças, dentre outros. No entanto, linhas de pesquisas vêm sendo realizadas constantemente, em busca de estratégias que possam aumentar a produtividade de matéria seca, e melhorar a eficiência do manejo da palma forrageira. Sendo, a prática do plantio adensado, a mais recomendada, em virtude do considerável aumento na produtividade dessa cultura (SILVA et al., 2014b).

O sistema de plantio adensado, resulta em maiores produtividades, em função do aumento da densidade populacional de plantas por área, mas, há redução de massa verde e matéria seca por planta, devido à redução de área e número de cladódio, influenciados por provável competição entre as plantas, por água, nutrientes e luz (SILVA et al., 2017a). Nessa conjuntura, altas produtividades de fitomassa, exigem maior extração de nutrientes do solo pela cultura, principalmente, onde há uso da técnica de adensamento. No entanto, se faz necessário um programa de adubação, pois a sustentabilidade dos sistemas de produção de palma diminuiria ao longo do tempo, devido à redução na fertilidade dos solos (LEITE, 2009; PEAR, 2020).

A produtividade da palma forrageira, é um parâmetro que está associado a vários outros fatores, e entre eles estão genótipo, espaçamento e adubação. Guimarães et al. (2012), avaliaram a produtividade de massa verde e massa seca de palma forrageira Gigante (*Opuntia ficus-ndica*)

e Miúda (*Nopalea cochenilifera*), com diferentes espaçamentos entre plantas, 0,30 m, 0,45 m e 0,60 m e, constataram que a produtividade de massa verde e massa seca não foi influenciada pelo genótipo, alcançando produtividade média de massa verde e massa seca, de 85,4 Mg ha⁻¹ e 7,6 Mg ha⁻¹, respectivamente. No entanto, Silva et al. (2014), observaram maior produtividade de massa seca para a palma Miúda quando compara com a Gigante, e Donato et al. (2014), observaram aumento na produtividade de massa verde e massa seca com aplicação de esterco bovino na palma Gigante.

O desempenho produtivo da palma forrageira tem alcançado níveis satisfatórios com a adubação orgânica. Estudo realizado por Nascimento et al. (2013) no sertão do Pernambuco, avaliou as características estruturais da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana, submetida a diferentes níveis de adubação orgânica, com 0, 10, 20 e 30 t ha⁻¹ ao ano, do adubo orgânico e, 0, 120, 240 e 360 kg ha⁻¹ ao ano de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. Os resultados obtidos por esses autores, mostraram que as características estruturais da palma sofreram influência positiva para espessura e perímetro das raquetes que receberam maiores doses de adubação orgânica e mineral. Não obstante, o nível 0 de adubação orgânica, influenciou negativamente, reduzindo a altura da planta e o perímetro do cladódio.

A palma, é convencionalmente conhecida, como uma forrageira de baixo teor de proteína bruta, com valores médios de 45,0 g kg⁻¹ Silva et al. (2017b), 46,0 g kg⁻¹ Santos et al. (2005), 51,0 g kg⁻¹ Melo et al. (2003). No entanto, estudos desenvolvidos por Donato et al. (2014) e Barros et al. (2014), sobre adubação orgânica na palma forrageira Gigante, no primeiro e segundo corte, mostraram que as aplicações de doses crescentes de esterco bovino influenciaram de forma positiva os teores de proteína bruta da palma forrageira Gigante, alcançando valores de 120,0 e 120,21 g kg⁻¹, respectivamente. Mostrando assim, o potencial da forrageira para o uso em dieta animal.

O uso da palma forrageira em dieta de ruminantes, tem expandido muito nos últimos anos, além da boa aceitação pelos animais, estudos tem comprovado cientificamente, que o alimento é rico em carboidratos não fibrosos (58,55 ± 8,13%) e carboidratos não estruturais (47,9 ± 1,9%). Apresentam altos teores de cálcio (2% - 5,7% da MS), potássio (1,5% - 2,58% da MS), magnésio (1,3% - 1,7% da MS) e material mineral (12,04 ± 4,7%) (FERREIRA et al., 2006; PEAR 2020). No entanto, esses mesmos autores destacam os baixos teores de MS (11,69 + 2,56%) e de fosforo (0,1 - 0,6 % da MS). Além do mais, os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido são baixos quando comparada a outros volumosos como a silagem de milho e sorgo (SILVA, 2017b). O uso desta forrageira individualmente ou em proporções elevadas podem causar distúrbios nutricionais aos ruminantes, provocando diarreias, em decorrência da baixa concentração de fibra, que não é suficiente para manter as

condições adequadas das funções ruminais, devendo ser fornecida aos animais associada a uma fonte de fibra (RODRIGUES et al., 2016).

3.4 Manejo e utilização

A palma forrageira tem se destacado na região semiárida do nordeste brasileiro, com a principal função de suporte forrageiro estratégico para a alimentação de ruminantes. Por se tratar de uma cultura perene e de ciclo longo, planejar as estratégias de manejo, pode garantir maior longevidade produtiva da cultura, e funcionalidade do sistema. Dessa forma, orientações sobre a escolha do local de implantação, tipo de solo, espaçamento, densidade de plantio, adubação, controle de plantas espontâneas, colheita e fornecimento aos animais, constitui em etapas de fundamental importância no estabelecimento do palmar.

A densidade de plantio da palma forrageira varia bastante, a depender da região, do tipo de solo e, principalmente, da disponibilidade tecnológica do agricultor. Segundo Junior et al. (2014), o espaçamento da palma forrageira, visando as estratégias de manejo, é um detalhe importante na implantação do palmar, por definir a população de plantas, variando com as condições de fertilidade de solo, precipitação, finalidade da exploração e produtividades esperadas. Fonseca et al. (2020), avaliando a palma forrageira Gigante em diferentes densidades populacionais e arranjo mecanizável, constataram que, o aumento da densidade populacional diminui o número de cladódio e aumentou o índice de área de cladódio. Não obstante, o espaçamento de plantio na cultura da palma forrageira pode afetar a interceptação da luz e a eficiência fotossintética, influenciando no desenvolvimento e na produtividade da cultura.

São vários os espaçamentos utilizados em plantio de palma forrageira, as configurações podem ser em fileiras simples, duplas, triplas e quádruplas, com populações oscilando entre 5 mil e 120 mil plantas ha⁻¹, podendo chegar até 180 mil plantas ha⁻¹ (SILVA et al., 2015). Fonseca et al. (2020), recomendam populações entre 64 e 70 mil plantas ha⁻¹ para arranjos que permitem a mecanização, levando em consideração os rendimentos máximos de matéria verde e seca. No entanto, estudos realizados por Silva et al. (2014), constataram aumento de produtividade das palmas forrageiras Gigante, Redonda e Miúda, com incremento da densidade de plantio de até 80 mil plantas ha⁻¹. Todavia, os sistemas de cultivos adensados, com altas produtividades de biomassa, resulta na extração/exportação de grandes quantidades de nutrientes do solo, sendo necessário a reposição desses nutrientes após cada ciclo, principalmente de potássio, cálcio e nitrogênio (DONATO et al., 2017a).

O conhecimento da exigência nutricional da palma forrageira é fundamental para o estabelecimento e manutenção do sistema produtivo, uma vez que, toda a produção dessa

cultura é exportada da área. Segundo Silva et al. (2010), a cultura é capaz de extrair grandes quantidades de nutrientes do solo, algo em média de 240,1; 35,3; 714,5 e 547,3 kg ha⁻¹ de N, P, K e Ca, para uma produtividade média de 18,2 Mg ha⁻¹ de matéria seca. Ledo et al. (2020), constatou que, a adubação orgânica ou organomineral na palma forrageira Gigante, possibilita maior eficiência nutricional de N, S, P, Mn e Zn, enquanto a eficiência nutricional de K é maior com fertilização mineral. Nesse contexto, a palma necessita de manejo adequado como as demais culturas, e a reposição de nutriente no solo é fundamental para o seu desenvolvimento estrutural e produtivo (NASCIMENTO et al., 2011).

A adubação da palma pode ser orgânica e/ou mineral, como afirmam Donato et al. (2014a). Ainda que o cultivo da palma, por ser mais usual em regiões de baixa precipitação e por pequenos agricultores, é convencionalmente implantada no terço final da estação seca, período que antecede a estação chuvosa, devendo receber, como adubação de plantio, basicamente, superfosfato simples e esterco animal. Segundo Ledo et al. (2021), a fertilização orgânica ou mineral, em proporções adequadas, otimiza a produção de matéria verde, acúmulo de nutrientes nos cladódios e produção de matéria seca da palma forrageira. Além das melhorias nas qualidades químicas, físicas e biológicas do solo, a adubação orgânica resulta em liberação mais lenta dos nutrientes para a planta, em comparação com os fertilizantes mineral, aumentando a sustentabilidade e a resistência dos solos do Semiárido (FIALHO et al., 2013).

A resposta da palma à adubação tem sido tema de vários estudos nos últimos anos na região, e, em um deles, Donato et al. (2014) avaliaram o efeito de doses crescentes de esterco bovino sobre a palma forrageira Gigante, e observaram que o número de cladódios por planta aumentou linearmente, em resposta à adição de esterco bovino. Santos et al. (2006) avaliaram a palma forrageira cv. IPA-20 adubada com diferentes níveis de esterco bovino e constataram que, após dois anos, a produtividade da palma aumentou de forma linear, com a elevação do nível de adubação orgânica. Ainda assim, estudos realizados por Lima et al. (2018), sobre adubos orgânicos no desenvolvimento das variedades de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana, Baiana e Miúda submetidas a três tipos de adubação, esterco, ácido fúlvico, ácido húmico, mostraram que a variedade Orelha de Elefante Mexicana respondeu positivamente à adubação com esterco, alcançando a maior produtividade entre as variedades estudadas. Ledo et al. (2020), avaliando os teores de nutrientes e a eficiência nutricional da palma forrageira Gigante, observaram que, a adubação com produtos orgânicos e organomineral, estão relacionados a maiores rendimentos de matéria seca. No entanto, a adoção da prática de adubação em lavoura de palma ainda é pouca utilizada pelos agricultores, sendo a falta de conhecimento, o principal impedimento ao seu uso.

A palma é altamente sensível à competição por luz e nutrientes, podendo, a interferência das plantas espontâneas, no cultivo da palma, ser direta, quando acontece a competição por água, luz, nutriente e espaço físico, ou indireta, quando as plantas espontâneas atuam como hospedeiras alternativas de pragas e doenças que podem prejudicar o desenvolvimento da cultura, ou ainda atrapalhar os tratos culturais e a colheita (SILVA et al., 2017). Portanto, manter o palmal livre de plantas espontâneas, além de aumentar o potencial produtivo da cultura, melhora o desempenho dos tratos culturais principalmente, adubação e colheita.

A colheita da palma é realizada manualmente, e de maneira geral, tem custo elevado em função da maior exigência em mão de obra. Porém, esses custos são minimizados, se considerar, que é empregada a própria mão de obra familiar na realização da colheita. O primeiro corte dos cladódios, geralmente é realizado entre um ano e um ano e meio após a implantação da cultura, com colheitas anuais subsequentes (DONATO et al., 2017b). A longevidade produtiva do palmal, está associada, também, ao manejo da colheita, que envolve principalmente o tipo de corte e a quantidade de cladódios deixada na planta mãe, estes, resultarão em maior reserva, que sustentará as novas brotações por um período maior de escassez hídrica e, conseqüentemente, garantirá a produtividade do ciclo seguinte (SILVA et al., 2017a).

A palma forrageira é uma cactácea com diversas finalidades, utilizada amplamente na alimentação animal no Brasil, em outras regiões do mundo, pode ser cultivada para a produção de verduras e frutas para a alimentação humana, produção de combustíveis e biogás, cochonilha para produção de corante vermelho, além de diversos produtos como bebidas, remédios e cosméticos, sendo, no entanto, importante fonte de renda para agricultura familiar (LIMA et al., 2015).

Na alimentação de ruminantes, a palma é utilizada picada e fornecida ao cocho, desidratada e raramente ensilada, a forma de utilização varia muito da disponibilidade de recursos humanos e de equipamentos (SILVA et al., 2017b). Ainda segundo o mesmo autor, a palma deve ser servida misturada a outros alimentos mais fibrosos, como feno, silagem, palhada ou até mesmo capim seco, em decorrência da alta quantidade de carboidratos não fibrosos presente na planta, visto que, valores elevados desses carboidratos na dieta, podem causar efeitos deletérios no rúmen.

Devido a baixos teores de proteínas presentes na forragem da palma, em alguns cultivos é evidente, a necessidade da utilização de alimentos com concentração mais elevada de proteínas junto com a forragem. Segundo Frota et al. (2015), a utilização da palma corrigida com ureia, é interessante, pelo tipo de carboidrato não fibroso predominante na palma, que pode promover uma sincronização entre o fornecimento de energia e nitrogênio para os

microrganismos ruminais, facilitando a incorporação do nitrogênio da ureia à proteína microbiana.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental da Escola Família Agrícola do Sertão do São Francisco (EFASF), situada na comunidade de Lagoa Dourada, no Vale do Rio São Francisco, no município de Paratinga, Bahia. As coordenadas geográficas são, 12° 41' 26" S e 43° 11' 03" W, altitude 425 m, com clima do tipo BSh, segundo a classificação de Koppen, com precipitação média de 768 mm ano⁻¹, temperatura média de 27 °C e período de estiagem estendendo-se de abril a outubro.

A quantidade e a distribuição da precipitação, umidade relativa e temperatura do ar, referente ao período experimental, que se estendeu até a última coleta de dados, foram registrados por uma estação meteorológica automática, instalada a 10 quilômetros da área experimental, no Povoado de Volta da Serra, Paratinga – BA (Figura 1). A estação meteorológica pertence ao Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos (SEIA), os dados são disponibilizados diariamente.

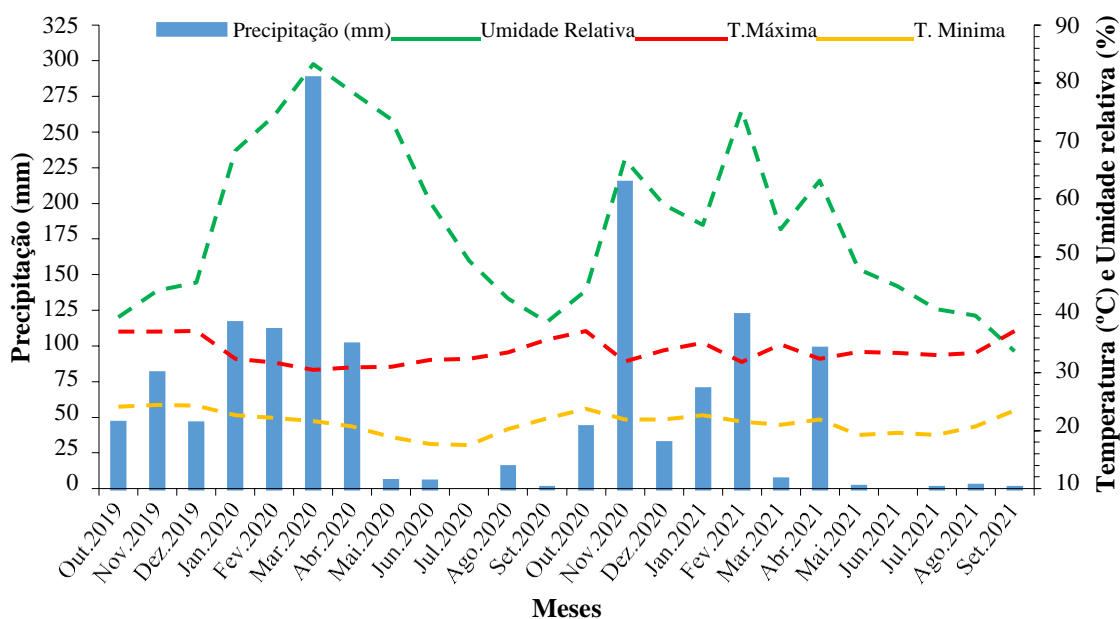


Figura 1. Precipitação mensal (mm), Umidade relativa (%), Temperatura máxima (°C) e Temperatura mínima (°C) durante o período de 01/10/2019 a 01/09/2021, registadas pela estação automática (SEIA) para o Município de Paratinga-BA.

4.2 Delineamento experimental

Os 12 tratamentos foram dispostos num delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas por duas configurações de plantio (CP), fileira simples e fileiras triplas; as subparcelas compostas por duas cultivares (Cv), Gigante e Orelha de Elefante Mexicana; e as subsubparcelas por três densidades de plantio (DP), 20, 40 e 60 mil plantas ha⁻¹. Essas densidades de plantio foram conferidas, respectivamente, pelos espaçamentos 1,50 x 0,33 m; 1,50 x 0,17 m e 1,50 x 0,11 m para a configuração em fileiras simples e pelos espaçamentos 3,00 x 1,00 x 0,30 m; 3,00 x 1,00 x 0,15 m e 3,00 x 1,00 x 0,10 m para a configuração em fileira tripla. (Figura 2).

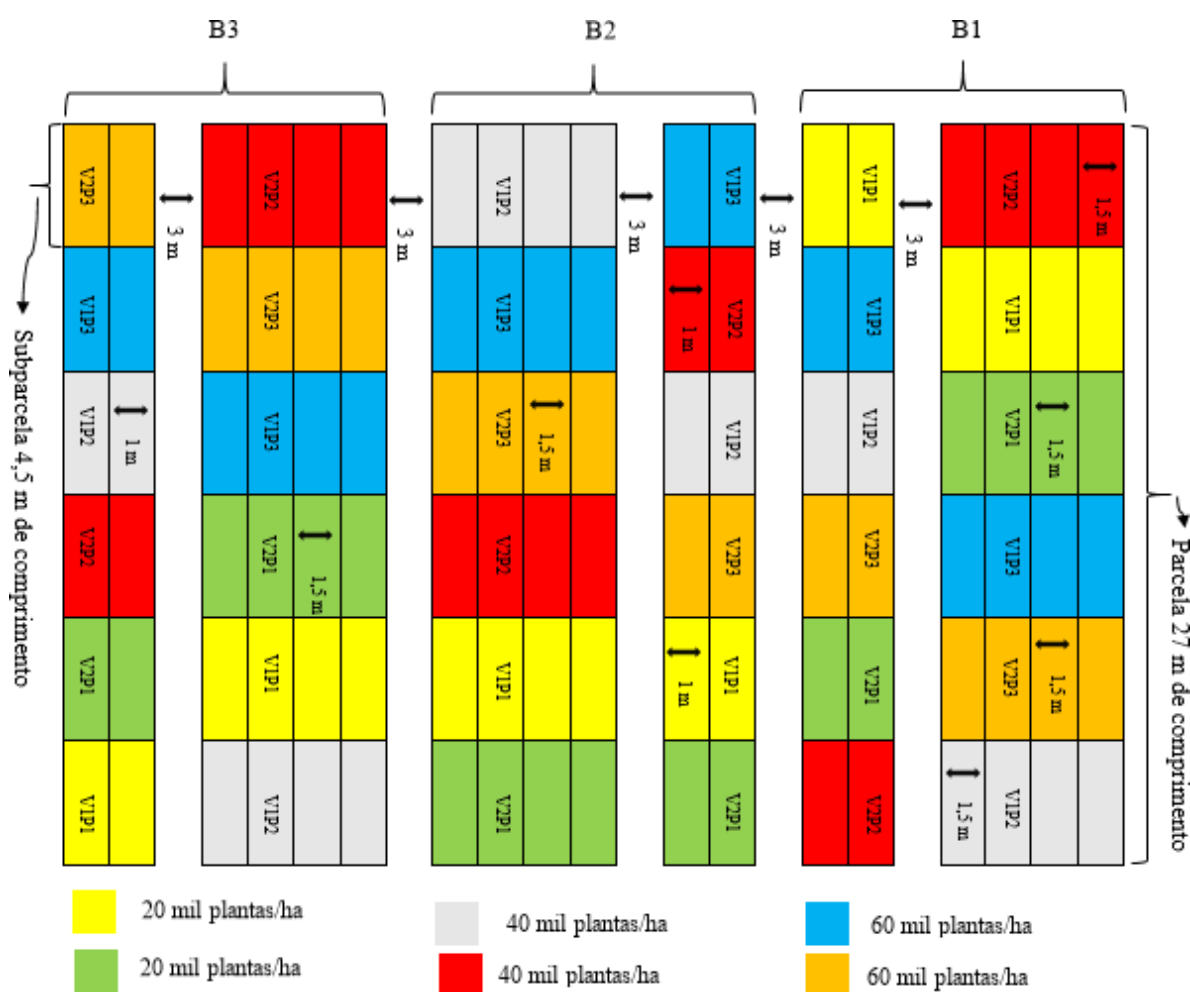


Figura 2. Representação da distribuição do delineamento experimental na área de realização da pesquisa.

As subparcelas medem 4,5 m de comprimento, com área útil de 7,5 e 5 m² para as fileiras simples e fileiras triplas respectivamente. Totalizaram trinta e seis unidades experimentais e área total de 1.053 m².

4.3 Coleta de amostras e preparo do solo

Foram coletadas dez amostras simples de solo, na profundidade de 0,00 a 0,20 m, homogêneas, posteriormente foi retirada uma amostra composta. A amostra composta foi acondicionada em saco plástico novo e devidamente identificado, e posteriormente encaminhada ao laboratório de solos da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG Norte), para análise química e granulométrica. Os resultados constam na Tabela 1.

Após a coleta do solo, a área foi preparada para o plantio com operações de subsolagem, gradagem e abertura dos sulcos.

A subsolagem foi realizada com profundidade média de 25 cm, utilizando um subsolador de arraste, com cinco hastes.

Após a subsolagem, foi realizada uma gradagem na área, a operação foi realizada, utilizando uma grade aradora de arrasto, com dezesseis discos de 26 polegadas. A gradagem foi realizada de fora para dentro da área, deixando o terreno mais uniforme.

A abertura, dos sulcos de plantio, foi realizada, utilizando um sulcador com capacidade de abertura de apenas um sulco por vez. O sulcador foi regulado, de modo a conseguir, a abertura dos sulcos com profundidade média de 20 cm.

4.4 Adubação de fundação

A adubação de fundação, foi realizada com adubo orgânico e, adubo químico, simultaneamente. A fonte do adubo orgânico foi o esterco bovino, proveniente de três propriedades distintas, localizadas na mesma região do experimento, e o adubo químico foi o superfosfato simples. A adubação foi realizada no sulco de plantio, com doses de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 t ha⁻¹ de esterco bovino. No plantio em fileiras simples, a dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, equivale a aplicação de 16,87 kg de superfosfato simples por parcela e 2,81 kg por subparcela. Na adubação em fileiras triplas, a mesma dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, equivale a aplicação de 11,34 kg de superfosfato simples por parcela e 1,89 kg por subparcela, perfazendo um total de 84,63 kg de superfosfato simples na adubação de fundação. Para a adubação orgânica, a dose de 30 t ha⁻¹ foi distribuída em aplicações de 13,5 L m⁻¹ linear de esterco bovino, no plantio em fileiras simples e 14,5 L m⁻¹ linear no plantio em fileiras triplas.

Tabela 1. Atributos química e granulométricos do solo da área experimental, na profundidade de 0,00 – 0,20 m

pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	V	
(H ₂ O)	dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³								%
5,2	1,7	17,4	89	0,1	1,1	0,6	0,3	2,7	2	2,3	4,7	43	
B	Cu	Fe	Mn	Zn	Prem	CE	Areia	Silte	Argila				
mg dm ⁻³		mgL ⁻¹		dSm ⁻¹		%							
0,3	2,7	34,4	9,5	0,8	38,2	0,2	49	22	29				

(pH) em água; (MO) matéria orgânica; (P) fósforo; (K) potássio; (Na) sódio; (Ca) cálcio; (Mg) magnésio; (Al) alumínio; (H+Al) hidrogênio mais alumínio; (SB) Soma de bases; (t) CTC efetiva; (T) CTC; (V) Saturação por bases; (B) boro; (Cu) cobre; (Fe) ferro; (Mn) manganês; (Zn) zinco; (Prem) fósforo remanescente; (CE) Condutividade elétrica. Dag kg⁻¹ = %; mg dm⁻³ = ppm; cmol_c dm⁻³ = meq 100 cm⁻³.

Para a pesagem do superfosfato simples, foi utilizada uma balança eletrônica digital, com capacidade de 40 kg e para distribuição nos sulcos, foram utilizados baldes. A pesagem do fertilizante foi feita com base na dose aplicada em cada linha das subparcelas, sendo que, para as fileiras simples, cada linha de 4,5 m recebeu 0,56 kg de superfosfato simples, e nas fileiras triplas, cada linha de 4,5 m recebeu 0,63 kg de superfosfato simples.

O esterco bovino foi medido em baldes com capacidade de 20 litros distribuídos nos sulcos de plantio. A medida do esterco correspondeu a aplicação de 1,5 metro linear, portanto, foram aplicados três baldes de 20 litros para cada linha de 4,5 m. Para as fileiras triplas, foram acrescentados dois litros de esterco em cada balde.

Após a distribuição dos adubos no sulco de plantio, foi feita a sua incorporação manual ao solo, com o auxílio de enxadas. Após a homogeneização, foi realizada a reabertura do sulco para o plantio dos cladódios.

4.5 Retirada e transporte das mudas

As mudas para a implantação do experimento foram doadas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, provenientes da área experimental do *Campus*. Os cladódios foram colhidos pelos estudantes do Instituto, sob a supervisão do professor responsável pela área experimental. As mudas foram transportadas para um local sombreado, com a utilização de carrinho de mão, onde permaneceram por 10 dias para cicatrização do corte e murchamento. O palmar de onde foram colhidas as mudas, era limpo e livre de pragas e doenças.

O transporte das mudas, do local de origem, para a área do experimento, foi realizado por caminhão. As mudas foram acondicionadas cuidadosamente no caminhão para não sofrerem danos. No local do experimento, as mudas foram descarregadas em um local sombreado, onde ficaram por mais sete dias antes do plantio.

4.6 Plantio das mudas

O plantio foi realizado no dia 20 de outubro de 2019. As mudas foram distribuídas nas subparcelas, conforme o sorteio da casualização, posicionadas ao lado do sulco, em quantidade equivalente a cada arranjo e densidade de plantio. Para o plantio nas fileiras simples, as quantidades foram: no espaçamento de 1,50 x 0,33 m, três cladódios por metro linear, totalizando 14 cladódios; na linha de 4,5 m, no espaçamento de 1,50 x 0,17 m, seis cladódios por metro linear, totalizando 26 cladódios; na linha de 4,5 m e no espaçamento de 1,50 x 0,11 m, nove cladódios por metro linear, totalizando 41 cladódios na linha de 4,5 m. No plantio em

fileiras triplas, as quantidades foram: no espaçamento de 3,00 x 1,00 x 0,30 m, 3,33 cladódios por metro linear, totalizando 15 cladódios; na linha de 4,5 m, no espaçamento de 3,00 x 1,00 x 0,15 m, 6,6 cladódios por metro linear, totalizando 30 cladódios e, no espaçamento de 3,00 x 1,00 x 0,10 m, 10 cladódios por metro linear, totalizando 45 cladódios na linha de 4,5 m. Os cladódios foram colocados em pé, no sulco de plantio, com o auxílio de um gabarito, que permite sustentar a muda na posição de plantio e manter o espaçamento experimental. Os cladódios foram enterrados a uma profundidade que permitiu encobrir entre um terço e a metade do tamanho de cada cladódio.

4.7 Condução do experimento

Após a realização do plantio, ocorreram as primeiras chuvas, ainda no final do mês de outubro, e com isso, surgiram as primeiras brotações. No entanto, houve a ocorrência de um veranico, que se estendeu até o final do mês de dezembro, comprometendo o desenvolvimento inicial do palmar, e reduzindo o estande de plantio. Foi realizada contagem direta, de todas as plantas que secaram e não emitiram brotações (Tabela 2). As capinas, realizadas na área, com o auxílio de enxadas, ocorreram nos meses de janeiro e março de 2020 e foram realizadas com cuidado para não danificar o sistema radicular das plantas e nem ferir os cladódios.

Tabela 2. Índice de pegamento e tombamento de palma forrageira avaliadas entre 90 e 510 dias após o plantio

Cultivar	Total plantado (un)	Palma no pegamento (un)	Tombamento (un)	Mortalidade (un)	Porcentagem (%)
Gigante	2.694	254	32	286	10.61
Orelha de Elefante Mexicana	2.694	81	59	140	5.19

A adubação de cobertura foi realizada com dose de nitrogênio de 90 kg ha⁻¹ e potássio 60 kg ha⁻¹, divididas em duas aplicações de igual proporção Santos et al. (2008). A primeira adubação foi realizada no dia 07 de janeiro de 2020 e a segunda, 30 dias após a primeira. Como fonte dos nutrientes, utilizou-se, ureia 45% de N e cloreto de potássio 60% de K₂O. Os fertilizantes, foram distribuídos, na linha de plantio, com afastamento de 15 a 20 cm das plantas. As aplicações foram realizadas no final do dia, com o solo úmido.

No mês de março de 2020, com a ocorrência de longos períodos chuvosos, o palmar foi atacado pela *Pectobacterium*, causando a podridão mole e, conseqüentemente, o tombamento

de várias plantas (Figura 3 B). Foi realizado levantamento em área total, com contagem de todas as plantas tombadas. Não foi feito controle da bactéria.

As demais limpezas da área foram realizadas com o auxílio de roçadeira motorizada, com cuidado para não danificar as plantas.



Figura 3. Falha no pegamento (A) e tombamento de palma forrageira causado pela *Pectobacterium* (B).

4.8 Coleta de dados

As avaliações morfométricas foram iniciadas no dia 20 de janeiro de 2020, a partir dos 90 dias após o plantio (DAP). Foram sorteadas, dentro de cada tratamento, 4 plantas da área útil, que foram identificadas para as avaliações. Mensurou-se, a cada 60 dias, a partir dos 90 DAP, as seguintes variáveis: altura da planta (AP), número de cladódios por planta (NC), comprimento do cladódio (CC), largura do cladódio (LC), espessura do cladódio (EC) e índice de área do cladódio (IAC). Para mensurar, a altura da planta, largura e comprimento do cladódio, utilizou-se, de trena milimétrica. Para determinar a altura e comprimento, foi considerada a medição que resultasse em maior largura e maior comprimento do cladódio. A altura da planta, foi obtida pela medição, desde o solo, até a extremidade do cladódio mais alto. A espessura foi mensurada com o auxílio de paquímetro digital, medindo a área central de cada cladódio. A área dos cladódios foi estimada por meio da equação $AC \text{ (cm}^2\text{)} = CC \times LC \times 0,693$ em que o CC é o comprimento em cm; LC é a largura em cm, e 0,693 é o fator de correção em função da forma de elipse do cladódio (PINTO et al., 2002). Em função da área do cladódio e do número de cladódios por planta, foi calculado o IAC, que mensura a área total dos cladódios da planta, levando em consideração os dois lados do cladódio, dividido pela área ocupada pela planta no solo, resultando em m^2 de área de cladódio m^{-2} de solo.

O cálculo da área de cladódio para a cultivar Gigante, foi realizado conforme a equação abaixo:

$$AC = CC \times LC \times 0,693.(\text{PINTO et al., 2002}).$$

em que,

AC = área de cladódio, em cm^2 ;

CC = comprimento do cladódio, em cm;

LC = largura do cladódio, em cm; e

0,693 é um fator de correção em função do cladódio (SANTOS, 1992).

Para a variedade Orelha de elefante Mexicana, a área do cladódio (AC) foi estimada através da equação:

$$AC = (3,1415 * C/2 * L/2)$$

em que,

AC = área de cladódio, em cm^2 ;

C = comprimento do cladódio, em cm; e

L = largura do cladódio, em cm.

O Índice de área do cladódio foi estimado pela área média do cladódio, multiplicado por dois (considerando os dois lados), dividida, em seguida, pela área ocupada pela planta no solo, resultando em m^2 de área de cladódio m^{-2} de solo.

4.9 Produtividade estimada não destrutiva

A estimativa da biomassa verde, das cultivares Gigante e Orelha de Elefante, no campo, foi determinada segundo metodologia proposta por Menezes et al. (2005) e a massa média dos cladódios, estimada pela equação abaixo:

$$BMVC = C * L * E * 0,535$$

em que,

BMVC = biomassa de matéria verde do cladódio, em g;

C = Comprimento médio dos cladódios, em cm;

L = Largura média dos cladódios em cm;

E = Espessura média dos cladódios em cm; e

0,535 = fator resultante da multiplicação, do fator de correção da área (0,883), pelo peso específico corrigido ($0,772 \text{ g cm}^{-3}$), pelo valor de 3,14 e por $\frac{1}{4}$, provenientes do cálculo da área da elipse, em g cm^{-3} .

Finalmente, para a obtenção da produtividade estimada, foi multiplicada a massa média dos cladódios, pelo número médio de cladódios por planta e pelo número de plantas por hectare, para a obtenção da massa de matéria verde da palma, em $t\ ha^{-1}$.

4.10 Colheita

A colheita foi realizada aos 690 dias (DAP), momento em que foram avaliados AL, LP, NC, IAC, produção de massa verde (PMV). Para a determinação da PMV, foi colhida, todas as plantas das subparcelas. No corte, foi preservado, por planta, apenas um cladódio primário. O corte foi realizado na junção entre os cladódios, de modo a não provocar danos nos que ficarem nas plantas. Todos os cladódios colhidos foram acomodados em um artefato de peso identificado e, posteriormente, foram pesados e determinado a PMV, em $Mg\ ha^{-1}$.

4.2.1 Análise dos dados

Os dados das avaliações foram submetidos a análise de variância, para verificação da significância das interações entre os fatores testados pelo Teste F, a 5% de significância. As interações significativas foram desdobradas, e as médias comparadas pelo Teste de Duncan, a 5% de significância. Para as avaliações de crescimento ao longo do tempo (90 a 510 DAP), foram utilizadas análises de regressão. Para escolha dos modelos de regressão consideraram-se o fenômeno biológico, os coeficientes de determinação (R^2) e de determinação ajustados (R^2_{aj}) e a significância dos coeficientes de regressão pelo teste t. As análises foram realizadas utilizando o *Software R* e *Sisvar*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as avaliações de crescimento ao longo do tempo, foi realizada análise de regressão em função dos dias após o plantio, e das cultivares. Houve efeito de interação entre os fatores DAP e cultivar, para as variáveis, altura da planta, número de cladódio, comprimento, largura e espessura do cladódio ($p \leq 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância e seus respectivos quadrados médios, para cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliadas entre 90 e 510 dias após o plantio

FV	G.l	Quadrado médio				
		Variáveis				
		AP	NC	CC	LC	EC
Bloco	2	43.72	7.07	2.93	4.52	0.36
Cv	1	1061.13***	251.85	79.33***	101.12***	58.69***
DAP	7	2103.72***	260.09	14.07***	9.33***	140.37***
DAP x Cv	7	86.82***	9.89*	8.06***	1.29***	8.56***
Erro	30	5.83	4.18	0.45	0.30	0.74

^{ns}- Não significativo, em nível de 0,05 de significância, pelo Teste F; *, **, *** Significativo em nível de 0,05, 0,01 e 0,001 de significância, respectivamente, pelo Teste F. AP altura da planta; NC número de cladódios; CC comprimento do cladódio; LC largura do cladódio; EC espessura do cladódio; FV fonte de variação; GL grau de liberdade; QM quadrado médio; Cv cultivar; DAP dias após o plantio.

Ajustaram-se, modelos cúbicos para todas as variáveis analisadas, em função dos dias após o plantio (Figura 4 e 5). Os modelos ajustados podem ser justificados pela alternância entre os períodos favoráveis (chuvoso) e desfavoráveis (seca), ao crescimento da palma forrageira (SILVA et al., 2016).

Ao compararmos os dados de precipitação (Figura 1) com as curvas de crescimento da palma forrageira (Figura 4 A), ajustadas em função da DAP, verifica-se, crescimento até 210 DAP, período que coincide com o final da estação chuvosa para o primeiro ano de avaliação, (maio de 2020), seguido de estabilidade de crescimento para os meses da seca (junho a outubro de 2020), intervalo que compreende entre 210 a 330 DAP e retomada do crescimento no início da estação chuvosa (dezembro 2020).

Houve efeito entre os fatores DAP e cultivares ($p \leq 0,05$) para a variável altura da planta. A maior altura da planta é observada para a cultivar ‘Gigante’.

Os períodos de chuvas, favorecem o crescimento das plantas, devido à presença de umidade no solo, e conseqüentemente, maior disponibilidade de nutrientes, fenômeno que não acontece na época seca, período sem a presença de chuvas, e por isso, há estabilidade no crescimento das plantas (210 a 330 DAP).

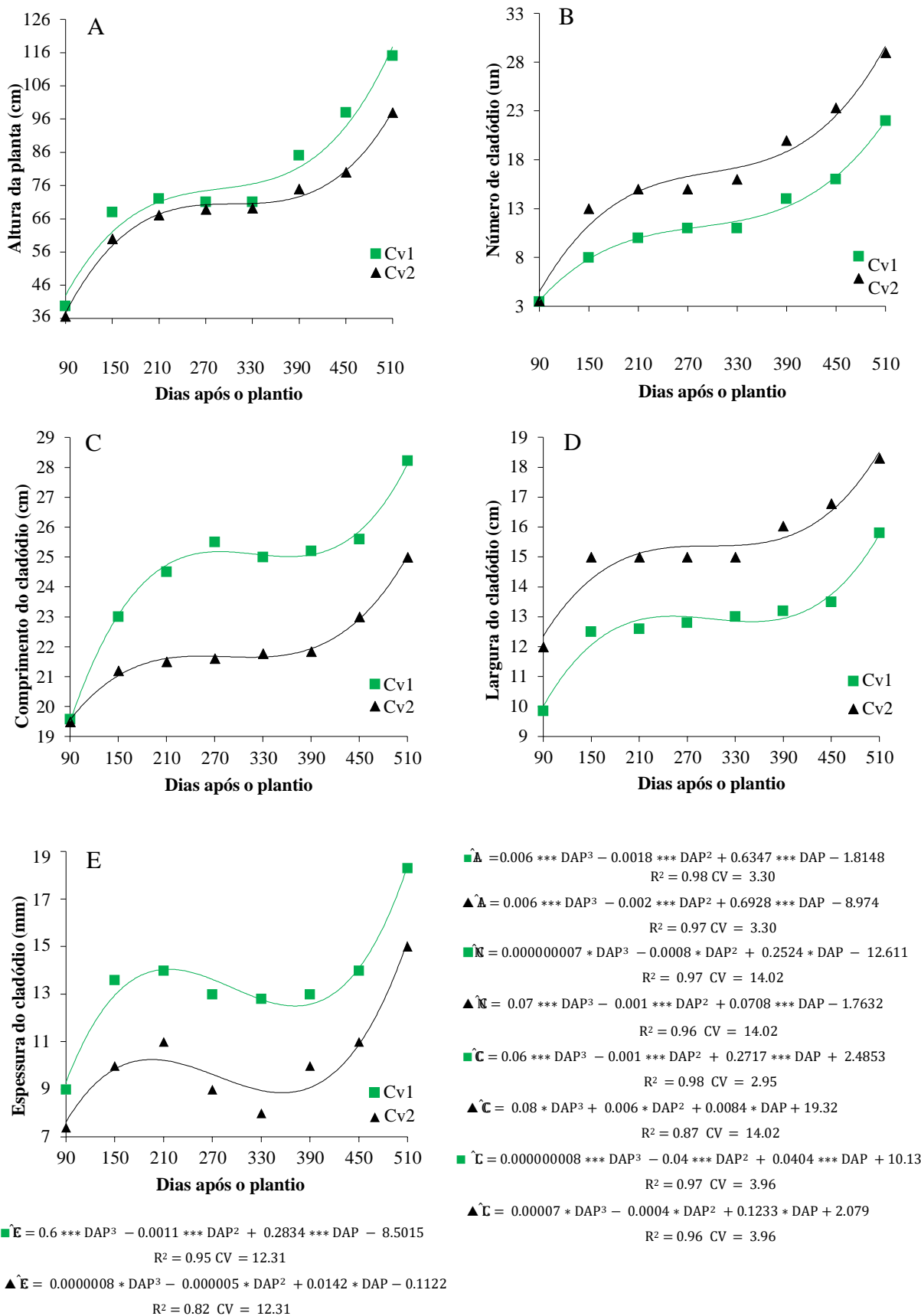


Figura 4. Altura da planta (AL), número de cladódio (NC), comprimento do cladódio (CC), largura do cladódio (LC) e espessura do cladódio (EC) das cultivares de palma forrageira Gigante (Cv1) e Orelha de Elefante Mexicana (Cv2) em função de dias após o plantio.

Segundo Sampaio (2005), os processos fisiológicos e bioquímicos como fotossíntese, respiração, transpiração e absorção de nutrientes são dependentes de água, deste modo, o crescimento vegetativo está fortemente relacionado ao conteúdo de água no solo.

O comprimento e a largura dos cladódios da palma forrageira, apresentaram modelo cúbico em função dos dias após o plantio (Figura 4 C e D), e obtiveram efeitos de interação entre os fatores DAP e cultivares ($p \leq 0,05$). A palma ‘Gigante’ apresentou cladódio com maior comprimento, enquanto que a ‘Orelha de Elefante Mexicana’, apresentou cladódio com maior largura.

As variações no comprimento e largura dos cladódios entre as cultivares, é atribuído às características fenotípicas de cada cultivar. O comportamento cúbico observado para essas duas características, pode estar relacionado com o surgimento de novos cladódios, sendo que, o crescimento dessas variáveis, coincide com a época chuvosa.

Como os intervalos entre as avaliações foram de 60 dias, pode ter minimizado o efeito do comprimento dos cladódios mais jovens sobre os cladódios primários, uma vez que, Silva et al. (2010), relatam que o comprimento é maior em cladódio primário e decresce em função do surgimento de outras ordens.

A espessura média do cladódio da palma forrageira, variou em função dos dias após o plantio, apresentando modelo cúbico (Figura 4 E). Também foi observado efeito entre os fatores DAP e cultivares ($p \leq 0,05$). A maior espessura de cladódio da palma forrageira foi verificada no cultivar ‘Gigante’.

A espessura do cladódio, é uma característica que depende do teor de água na planta. As curvas ajustadas mostram que, o comportamento da espessura do cladódio da palma forrageira varia com o período em que há maior ou menor quantidade de água no solo. É possível observar um decréscimo da espessura do cladódio da palma, nos períodos mais críticos da estação seca, que compreende as observações de 270 a 390 DAP.

O número de cladódios da palma forrageira, apresentou comportamento cúbico ao longo dos dias após o plantio (Figura 4 B), e obteve efeito de interação entre os fatores DAP e cultivares ($p \leq 0,05$). A cultivar Orelha de Elefante Mexicana apresentou maior número de cladódios.

A emissão de novas brotações, é semelhante entre as duas cultivares de palma forrageira ao longo dos DAP, sendo o fenômeno dependente das chuvas para acontecer.

Para as variáveis largura da planta, índice de área de cladódio e produtividade estimada de matéria verde, foram observadas interações significativa ($p \leq 0,05$) apenas em função da DAP (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância e seus respectivos quadrados médios, para cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliadas entre 90 e 510 dias após o plantio

FV	Quadrado médio			
	Variáveis			
	G.l	LP	IAC	PMV
Bloco	2	2.84	0.00	1.09
Cv	1	1.53 ^{ns}	0.04 ^{***}	2.77 ^{ns}
DAP	7	1099.61 ^{***}	0.01 ^{***}	2.22 ^{**}
DAP x Cv	7	14.34 ^{ns}	0.00 ^{ns}	1.41 ^{ns}
Erro	30	10.32	0.00	7.58

^{ns}- Não significativo, em nível de 0,05 de significância, pelo Teste F; *, **, *** Significativo em nível de 0,05, 0,01 e 0,001 de significância, respectivamente, pelo Teste F. LP largura da planta; IAC índice de área de cladódio; PMV produção de matéria verde; FV fonte de variação; GL graus de liberdade; QM quadrado médio; Cv cultivar; DAP dias após o plantio.

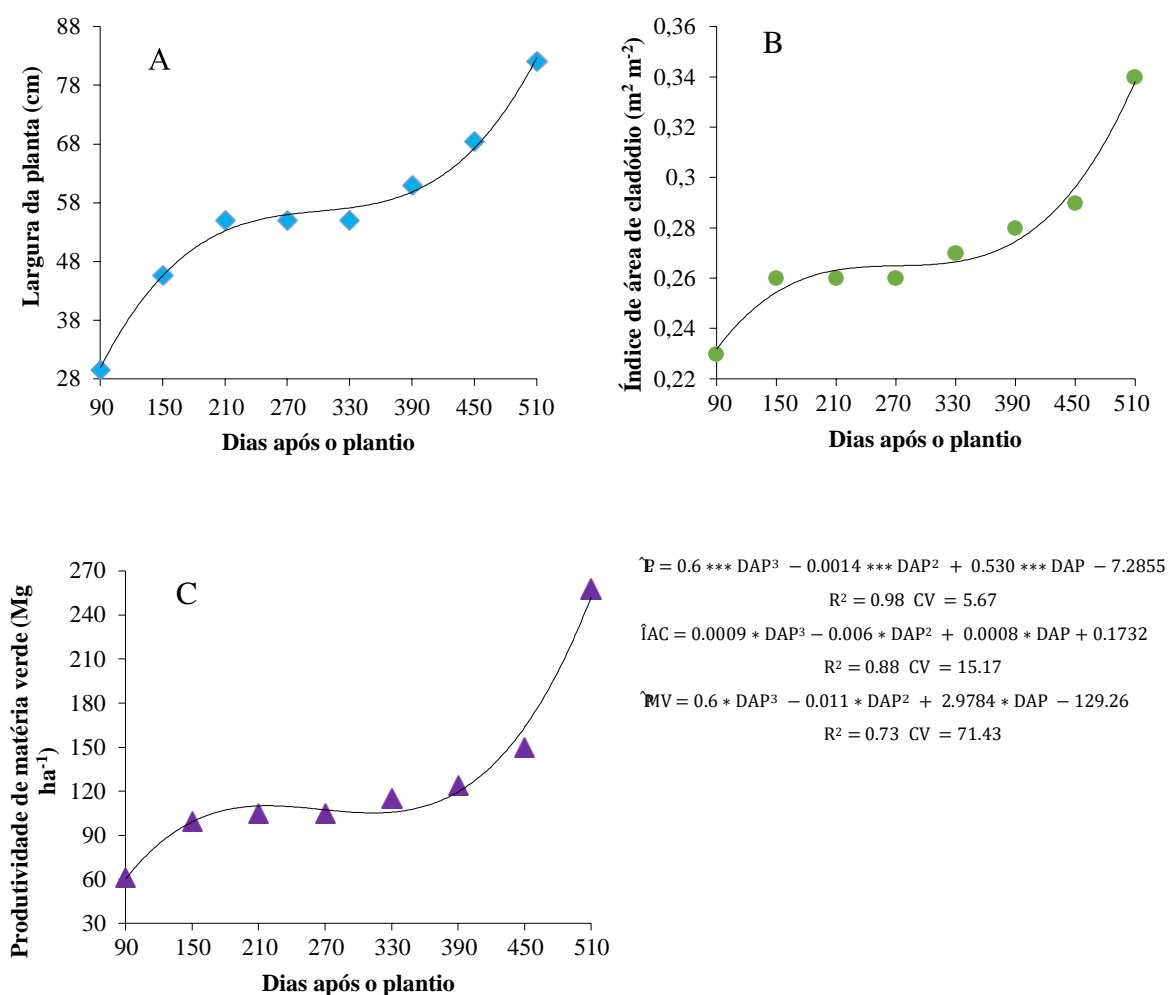


Figura 5. Largura da planta (LP), índice de área de cladódio (IAC) e produtividade de matéria verde (PMV), das cultivares de palma forrageira Gigante (Cv1) e Orelha de Elefante Mexicana (Cv2) em função de dias após o plantio.

Para a largura da planta (Figura 5 A), é possível observar comportamento cúbico em

função dos dias após o plantio. A largura da planta é uma característica morfométrica, que

manifesta o crescimento lateral da palma forrageira, em busca da exploração dos espaços entre as fileiras de plantio. Para o estudo em questão, a largura da planta não diferiu ($p \geq 0,05$) entre as cultivares avaliadas ao longo dos dias após o plantio.

O índice de área de cladódio, também apresentou comportamento cúbico em função dos dias após o plantio (Figura 5 B). O IAC refletiu os períodos favoráveis e desfavoráveis ao crescimento da palma forrageira ao longo dos DAP, para Silva et al. (2016), o IAC é uma variável dependente do crescimento da planta e do espaçamento. No presente estudo, o IAC não diferiu ($p > 0,05$) entre as cultivares estudadas ao longo dos DAP.

O rendimento de matéria verde da palma forrageira, apresentou comportamento cúbico em função dos DAP (Figura 5 C). A curva no gráfico, mostra que o acúmulo de matéria verde da palma é maior nos períodos em que há ocorrência de chuvas, e estabiliza na época seca do ano. É possível observar, também, que a palma forrageira acumula mais matéria verde na segunda estação chuvosa, período que compreende entre 390 e 510 DAP.

Para a avaliação aos 690 DAP, houve interação entre os fatores densidades de plantio, configurações de plantio e cultivares, assim como configurações de plantio e cultivares, densidades de plantio e configurações de plantio e densidades de plantio e cultivares ($p \leq 0,05$) (Tabela 5). A produtividade de matéria verde e o comprimento do cladódio variaram com as densidades de plantio, configurações de plantio e cultivares ($p \leq 0,05$). A altura da planta com as configurações de plantio e cultivares ($p \leq 0,05$). O número de cladódio com as densidades de plantio e cultivares ($p \leq 0,05$). A largura da planta e a espessura do cladódio não foram influenciados por nenhum fator em estudo ($p \geq 0,05$). A altura da planta, o número, o comprimento e a largura do cladódio variaram de forma independente com as cultivares. O índice de área de cladódio, e o número de cladódio, também variaram de forma independente com as densidades de plantio e cultivares. A produtividade de matéria verde também foi influenciada pela interação entre configurações de plantio e cultivares, densidades de plantio e configurações de plantio e densidades de plantio e cultivares, variando também de forma independente com as densidades de plantio, configurações de plantio e cultivares.

Tabela 5. Resumo da análise de variância e seus respectivos quadrados médios, para cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, aos 690 dias após o plantio

FV	G.L	Quadrado médio							
		Variáveis							
		AP	LP	NC	CC	LC	EC	IAC	PMV
Bloco	2	1175,7 ^{ns}	705,4 ^{ns}	154,7 ^{ns}	21,26 ^{ns}	11,47 ^{ns}	11,69 ^{ns}	46,26 ^{ns}	362,4 ^{ns}
CP	1	3006,7 ^{ns}	3034,2 ^{ns}	1067,1 ^{ns}	48,68 ^{ns}	20,18 ^{ns}	0,54 ^{ns}	77,77 ^{ns}	30637,9 ^{***}
Erro 1	2								
Cv	1	24858,7 ^{***}	29,3 ^{ns}	2618 ^{**}	1560,02 ^{***}	143,32 ^{**}	0,39 ^{ns}	143,10 [*]	22700,4 ^{***}
CP x Cv	1	841 [*]	5,8 ^{ns}	4,7 ^{ns}	22,55 ^{ns}	1,67 ^{ns}	3,23 ^{ns}	17,76 ^{ns}	1309,4 [*]
Erro 2	4								
DP	2	1769,8 ^{ns}	810,9 ^{ns}	4205,7 ^{***}	3,98 ^{ns}	0,13 ^{ns}	2,84 ^{ns}	379,9 ^{***}	7277,2 ^{***}
DP x CP	2	739 ^{ns}	238,9 ^{ns}	518,6 ^{ns}	0,53 ^{ns}	3,52 ^{ns}	13,36 ^{ns}	27,11 ^{ns}	3884,4 ^{**}
DP x Cv	2	110,1 ^{ns}	22,9 ^{ns}	758,2 [*]	8,18 ^{ns}	7,18 ^{ns}	3,31 ^{ns}	6,08 ^{ns}	1960 [*]
DP x CP x Cv	2	576,8 ^{ns}	14,6 ^{ns}	121,1 ^{ns}	24,67 [*]	4,61 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,05 ^{ns}	2002,2 [*]
Erro 3	16								
CV (%)		7,1	16,1	32,2	9,3	13,0	81,0	32,9	3,8
Médias		100,15	72,79	24,88	25,43	15,86	12,58	7,14	114,91

^{ns}- Não significativo, em nível de 0,05 de significância, pelo Teste F; *, **, *** Significativo em nível de 0,05, 0,01 e 0,001 de significância, respectivamente, pelo Teste F. (FV) fonte de variação; (AP) altura de planta, em cm; (LP) largura da planta, em cm; (NC) número de cladódios; (LC) largura do cladódio (cm); (EC) espessura do cladódio, em mm; (IAC) índice de área de cladódio, em m² m⁻²; (PMV) produtividade de matéria verde, em Mg ha⁻¹; (CP) configuração de plantio; (Cv) cultivar; (DP) densidade de plantio.

A produtividade de matéria verde da palma forrageira, teve comportamento semelhante para as configurações de plantio dentro das densidades de plantio para as duas cultivares, sendo observada as maiores produtividades para a configuração de plantio em fileira tripla (Tabela 6). Para as densidades de plantio, a cultivar ‘Orelha de Elefante Mexicana’ não diferiu nas densidades de 40 e 60.000 plantas⁻¹, e a cultivar ‘Gigante’ foi mais produtiva na densidade de plantio com 60.000 plantas⁻¹, na fileira simples. Na configuração de plantio em fileira tripla, a cultivar ‘Gigante’ não diferiu nas densidades de 40 e 60.000 plantas⁻¹, e a Cultivar ‘Orelha de Elefante Mexicana’ obteve maior produtividade na densidade de plantio com 40.000 plantas⁻¹.

A palma ‘Orelha de Elefante Mexicana’, produziu 50,22 Mg ha⁻¹ de matéria verde a mais do que a cultivar ‘Gigante’, demonstrando maior potencial produtivo. A diferença de produtividade entre as duas cultivares, pode ter ocorrido em consequência de falha no pegamento da palma ‘Gigante’ (Tabela 2), que mostrou uma percentagem de perda inicial no stand de 10,61% ante 5,19% da Orelha de Elefante Mexicana.

Tabela 6. Produtividade de matéria verde (Mg ha⁻¹) de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio

Orelha de Elefante Mexicana					
Configuração de plantio	Densidade de plantio (plantas ha ⁻¹)			Média	CV (%)
	20.000	40.000	60.000		
Fileira simples	112,15 Bb	118,91 Ba	119,60 Ba	116,88 B	3,8
Fileira tripla	122,07 Ac	199,88 Aa	167,55 Ab	163,16 A	3,8
CV%	12,3	12,3	12,3	-	-
Média	117,11	159,40	143,57	140,02 A	-
Gigante					
Configuração de plantio	Densidade de plantio (plantas ha ⁻¹)			Média	CV (%)
	20.000	40.000	60.000		
Fileira simples	35,18 Bb	41,75 Bb	86,87 Ba	54,6 B	3,8
Fileira tripla	109,92 Ab	136,15 Aa	128,96 Aa	125,0 A	3,8
CV%	12,3	12,3	12,3	-	-
Média	72,55	88,95	107,91	89,80 B	-

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan no nível de significância de 0,05; CV – Coeficiente de variação.

A média de 140,02 Mg ha⁻¹ de matéria verde, observada para a palma ‘Orelha de Elefante Mexicana’ no referido estudo, é considerada baixa, em comparação com outros estudos realizados na região. Silva et al. (2016), Padilha Júnior et al. (2016) e Santana et al. (2021),

observaram médias de 224,67 Mg ha⁻¹, 226,35 Mg ha⁻¹ e 175,91 Mg ha⁻¹, respectivamente, para a cultivar ‘Gigante’, valores que são superiores ao encontrado no presente estudo.

A baixa produtividade de matéria verde da palma forrageira para este estudo, pode ser justificada por irregularidade na distribuição das chuvas, principalmente na segunda estação chuvosa e um pequeno aporte de nutrientes via adubação durante o ciclo da cultura.

O comprimento do cladódio da palma forrageira ‘Orelha de Elefante Mexicana’, não foi influenciado por nenhuma densidade de plantio, tanto na fileira simples quanto na fileira tripla (Tabela 7). Enquanto a cultivar ‘Gigante’ apresentou maior comprimento de cladódio na densidade de plantio com 40.000 plantas⁻¹ na fileira tripla, que não diferenciou estatisticamente ($p \geq 0,05$) da densidade de 60.000 plantas⁻¹. Para as configurações de plantio, a cultivar ‘Orelha de Elefante Mexicana’ apresentou maior comprimento de cladódio na fileira simples, com a densidade de plantio de 40.000 plantas⁻¹. A cultivar ‘Gigante’, também manifestou maior comprimento de cladódio na fileira simples, nas densidades de plantio com 20.000 e 60.000 plantas⁻¹.

Tabela 7. Comprimento do cladódio (cm) de cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio

Orelha de Elefante Mexicana					
Configuração de plantio	Densidade de plantio (plantas ha ⁻¹)			Média	CV (%)
	20.000	40.000	60.000		
Fileira simples	21,94 Aa	23,11 Aa	21,93 Aa	22,32 A	12
Fileira tripla	22,54 Aa	21,55 Ba	21,79 Aa	21,95 A	12
CV%	6,1	6,1	6,1	-	-
Média	22,24	22,32	21,86	22,14 B	-
Gigante					
Configuração de plantio	Densidade de plantio (plantas ha ⁻¹)			Média	CV (%)
	20.000	40.000	60.000		
Fileira simples	29,52 Aa	29,38 Aa	30,21 Aa	29,70 A	12
Fileira tripla	26,93 Bb	28,51 Aa	27,80 Bab	27,74 A	12
CV%	6,1	6,1	6,1	-	-
Média	28,22	28,94	29,00	28,73 A	-

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan no nível de significância de 0,05; CV – Coeficiente de variação.

Na média de comprimento do cladódio para as cultivares de palma forrageira, observa-se, que a cultivar Gigante apresentou maior comprimento do artigo, com média de 28,73 cm,

no entanto, acredita-se que o fenômeno tenha acontecido somente pela diferença genotípica entre as duas cultivares.

Donato et al. (2014), observaram que o comprimento médio do cladódio da palma forrageira ‘Gigante’ apresentou crescimento linear com a aplicação de doses crescentes de esterco (0; 30; 60; 90 Mg ha⁻¹), aos 600 DAP, com média de 30,99 cm, embora Mondragón-Jacobo e Pérez Gonzáles (2001), salientarem que o comprimento do cladódio é uma característica genotípica, pouca influenciada pelo manejo. A média do comprimento de cladódio, observado por Donato et al. (2014), é superior às encontradas no presente trabalho.

A altura da palma forrageira foi influenciada pela interação entre as configurações de plantio e cultivares (Tabela 8). A cultivar ‘Gigante’ apresentou maior altura tanto na fileira simples quanto na fileira tripla, quando comparada com a ‘Orelha de Elefante Mexicana’. As configurações de plantio não influenciaram na altura da palma ‘Orelha de Elefante Mexicana’, enquanto a configuração de plantio em fileira simples, proporcionou maior altura na cultivar ‘Gigante’.

Tabela 8. Altura da planta (cm) de cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio

Configuração de plantio	Cultivares		Média	CV (%)
	Orelha de Elefante Mexicana	Gigante		
Fileira simples	89,16 Ab	120,27 Aa	104,71	7,1
Fileira tripla	84,86 Ab	106,30 Ba	95,58	7,1
CV%	24,7	24,7	-	-
Média	87,01	113,28	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan no nível de significância de 0,05; CV – Coeficiente de variação.

A altura da planta, é uma característica que está relacionada à própria arquitetura da planta, no entanto, existem outros fatores, como adubação e disponibilidade hídrica, que podem influenciar essa variável.

A palma ‘Gigante’ apresentou uma altura média de planta de 113,28 cm, valor superior ao observado por Padilha Júnior et al. (2016), que foi de 112,02 cm de altura de planta, para a mesma cultivar. Barros et al. (2016), observaram altura média de 117,06 cm para a cultivar ‘Gigante’, sob adubação orgânica de 90 Mg ha⁻¹. Valor superior ao encontrado no presente estudo. Supostamente, maiores incrementos na adubação promovem maior acúmulo de nutrientes na planta, e conseqüentemente a ocorrência de plantas mais altas (DONATO et al.,

2014).

Para o número de cladódio da palma forrageira, foi observado interação entre densidades de plantio e cultivares (Tabela 9). A cultivar ‘Orelha de Elefante Mexicana’, obteve maior número de cladódio nas densidades de 20.000 e 60.000 plantas⁻¹, quando comparada com a cultivar ‘Gigante’. Na densidade de 40.000 plantas⁻¹, as cultivares não diferiram estatisticamente entre se ($p \geq 0,05$). A densidade de plantio com 20.000 plantas⁻¹, proporcionou maior número de cladódio para a cultivar ‘Orelha de Elefante Mexicana’, enquanto o maior número de cladódio para a cultivar ‘Gigante’, foi observado nas densidades de plantio com 20.000 e 40.000 plantas⁻¹, que não diferiram estatisticamente entre se ($p \geq 0,005$).

Tabela 9. Número de cladódio (un) de cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio

Densidade de plantio plantas ha ⁻¹	Cultivares		Média	CV (%)
	Orelha de Elefante Mexicana	Gigante		
20.000	39,87 Aa	24,87 Ab	32,37	37
40.000	25,33 Bb	19,62 ABb	22,47	37
60.000	22,25 Ba	17,37 Bb	19,81	37
CV%	32,2	32,2	-	-
Média	29,15	20,62	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan no nível de significância de 0,05; CV – Coeficiente de variação.

No presente estudo, a maior média para o número de cladódios foi 29,15 cladódios por planta, para a cultivar ‘Orelha de Elefante Mexicana’, valor superior aos observados por Padilha Júnior et al. (2016), com a aplicação de 30 Mg ha⁻¹ de esterco para a cultivar Gigante, e Pereira et al. (2015), para a cultivar ‘Orelha de Elefante Mexicana’, com medias de 17,0 e 13,0 cladódios respectivamente. Segundo Borges et al. (2018), maior número de cladódios em plantas de palma forrageira é um indicativo que pode refletir em maior produção da cultura.

A largura do cladódio e o índice de área de cladódio da palma forrageira, variaram de forma independente com as cultivares (Tabela 10). A cultivar ‘Orelha de Elefante Mexicana’ obteve maior largura de cladódio, assim como, o maior índice de área de cladódio, quando comparada com a cultivar ‘Gigante’.

A maior largura do cladódio, observada para a cultivar ‘Orelha de Elefante Mexicana’, pode estar relacionada com a própria morfologia do cladódio do cultivar, que apresenta forma arredondada.

Tabela 10. Largura do cladódio e índice de área de cladódio de cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio

Cultivar	Largura do cladódio	Índice de área de cladódios
	(mm)	(m ² m ⁻²)
Gigante	14,86 B	6,14 B
Orelha de Elefante Mexicana	16,86 A	8,14 A
CV %	13,0	56,3
Média	15,86	7,14

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan no nível de significância de 0,05; CV – Coeficiente de variação.

Segundo Donato et al. (2014), a largura do cladódio é uma variável morfométrica, que geralmente é influenciada pelo cultivar da palma, e pouco pelo manejo. No entanto, Santana et al. (2015), verificaram aumento na largura do cladódio da palma forrageira ‘Gigante’, e da variedade ‘Sem espinho’, com incremento de adubação orgânica.

O índice de área do cladódio, é considerado uma medida útil, que auxilia na estimativa do crescimento vegetativo da palma forrageira, permitindo, assim, refletir sobre os efeitos do manejo agrônômico submetido à cultura (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2009). Segundo Donato et al. (2014), o IAC da palma forrageira é um fator que determina a área fotossintética ativa da planta, visto que, indica a capacidade da planta de interceptar a luz solar, e transforma-la, de forma eficiente, em produção de matéria seca.

O índice de área de cladódio avaliado em palma forrageira, também variou de forma independente com as densidades de plantio (Tabela 11). Sendo observado o valor mais elevado para a densidade de plantio com 60.000 plantas⁻¹.

Tabela 11. Índice de área de cladódio (m² m⁻²) de cultivares de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio

Configuração de plantio	Densidade de plantio (plantas ha ⁻¹)			Média	CV (%)
	20.000	40.000	60.000		
Fileira simples	112,15 Bb	118,91 Ba	119,60 Ba	116,88	3,8
Fileira tripla	122,07 Ac	199,88 Aa	167,55 Ab	163,16	3,8
CV%	12,3	12,3	12,3	-	-
Média	117,11	159,40	143,57	140,02	-

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan no nível de significância de 0,05; CV – Coeficiente de variação.

Apesar de ser uma característica varietal, o IAC da palma forrageira também pode ser influenciado por outros fatores, tais como, adubação, disponibilidade hídrica, tipo de solo, temperaturas e estado nutricional da planta (PADILHA JÚNIOR et al., 2016). Neste caso, o IAC da palma forrageira foi influenciado pela densidade de plantio corroborando Fonseca et al. (2020). Estes autores constataram um aumento linear do IAC em resposta ao aumento da densidade de plantio, ou seja, quanto menor for o espaçamento entre as plantas, maior será o IAC, o que é justificável, pois essa variável é uma relação da área total dos cladódios, pela área ocupada pela planta no solo.

6. CONCLUSÕES

1. A cultivar 'Orelha de Elefante Mexicana' foi mais produtiva do que a 'Gigante'.
2. A configuração de plantio em fileira tripla e a densidade de plantio com 60 mil plantas ha⁻¹ promoveram maior rendimento de matéria verde na palma forrageira.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, VITÓRIA EDICLÉCIA. **Fertirrigação nitrogenada de palma forrageira resistente à cochonilha do carmin** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

CARNEIRO, MARIA SOCORRO DE SOUZA et al. **Produtividade da palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana sob diferentes sistemas de irrigação e frequências de corte**. 2020. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2020.

CUNHA, R. R. D. **Avaliação das características do solo em cultivo de palma forrageira irrigada com águas salinas** 2018. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e de Água. 2018.

DONATO, P. E. R. et al. Morphometry and yield of cactus pear 'Gigante' grown under different spacing and doses of organic fertilization. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 9, n. 1, p. 151-158, 2014.

DONATO, S. L. R. et al. Diagnóstico nutricional e recomendação de adubação para a palma forrageira 'Gigante'. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. 296, p. 46-58, 2017.

FARIAS RAMOS, J. P. et al. Crescimento da palma forrageira em função da adubação orgânica. REDVET. **Revista Electrónica de Veterinária**, 16(12), 1-11, (2015).

FERREIRA, M. de A. et al. Utilização da palma forrageira na alimentação de vacas leiteiras. In: **Anais 43ª - Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**. 2006, João Pessoa - PB. **Anais...** CD-ROM, João Pessoa – PB, 2006.

FIALHO, J.S. et al. Soli quality, resistance and resilience in traditional agricultural and agroforestry ecosystems in Brasil's semiarid region. **African Journal of Agricultura Research, Victory Island**, v.8, n. 40, p. 5020-5031, Oct. 2013.

FONSECA, V. A. et al. 'Gigante' cactus pear cultivated at different population densities in a mechanizable arrangement. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 769-775, 2020.

FROTA, M.N.L. et al. Palma forrageira na alimentação animal. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2015. 47p. (**Embrapa Meio-Norte. Documentos 233**) 2015.

GALLEGOS-VÁZQUEZ, C. et al. Manual gráfico para la descripción varietal del nopal tunero y xoconostle (*Opuntia* spp.). México: **Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Certificación de Semillas**, 2005. 116p.

GUIMARÃES, A.S. et al. Produção de matéria verde e seca da palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubação orgânica no norte de Minas Gerais. In: **CONGRESSO**

BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 22., 2012, Cuiabá. **Anais...** A importância da zootecnia para a segurança alimentar, 2012.

INGLESE, P. et al. Ecophysiology and reproductive biology of cultivated cacti. In: Food and agriculture organization of the United Nations 2017. Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear. **International Center for Agricultural Research in the Dry Areas Rome**, p. 29-39, 2017.

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

LÉDO, Alex A. et al. Nutritional balance and recovery rate of macronutrients by 'Gigante' cactus pear under different fertilizations¹. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 82-89, 2021.

LEITE, M. L. M. V. et al. Estimativa da área foliar em *Urochloa mosambicensis* por dimensões lineares. **Revista Agropecuária Técnica**, v.38, p.9-16, 2017.

LIMA, G. F. 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, G. F. C. et al. Palma Forrageira irrigada e adensada: uma reserva Forrageira estratégica para o Semiárido Potiguar. **EMPARN**. Parnamirim, Rio Grande do Norte, Brasil, 2015.

LIMA, S. et al. Adubos orgânicos no desenvolvimento de variedades da palma forrageira. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 2, p. 170-175, 2018.

LOPES, L. A. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, v.13, n.2, a 277, p.1-10, 2019.

LUCENA, L. R. et al. Área de cladódio da palma *Opuntia stricta* utilizando dimensões lineares. **Agrarian Academy**, v. 5, n. 09, 2018.

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

MELO, AIRON APARECIDO SILVA et al. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação: I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 727-736, 2003.

MENEZES, R. S. C. et al. A palma do Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: **Editora Universitária da UFPE**, 2005. 258p.

MONDRAGÓN-JACOBO, C.; PÉREZ-GONZÁLEZ, S. Germplasm resources and breeding opuntia for fodder production. In: Mondragón-Jacobo, C.; Pérez-González, S. (Eds.). Cactus (Opuntia spp) as forage. Roma: **FAO**, 2001. p.21-28.

MOURA, M. S. B. et al. Zoneamento agroclimático da palma forrageira para o estado de Pernambuco. **EMBRAPA**, Série: Documentos nº 242. 2011.

NASCIMENTO, J. P. et al. Caracterização morfométrica de *Opuntia ficus indica* sob diferentes arranjos populacionais e fertilização fosfatada. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.5, n.3, p.21-26, 2011.

NASCIMENTO, SUENI MEDEIROS. **Polímero de alta densidade e adubação foliar em palma orelha de elefante mexicana**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, Macaíba 2019.

NEVES, A. L. A. et al. Planting and use of forage cactus in cattle feed in the Brazilian semiarid region. Juiz de Fora: **Embrapa Gado de Leite**, 2010. 7 p.

NOBEL, P.S. Biologia ambiental. In: BARBERA, G; INGLESE, P.; PIMIENTA BARROS, E. Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. João Pessoa: **FAO, SEBRAE/PB**, 2001. p.36-48.

OLIVEIRA JÚNIOR, et al. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido Paraibano. **Tecnologia & Ciências Agropecuária**, v. 3, n. 1, p. 7-12. 2009.

PADILHA JUNIOR, M. C. et al. Características morfométricas e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes adubações e configurações de plantio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 67-72, 2016.

PEAR, GENERAL ASPECTS OF CACTUS. Aspectos gerais da palma forrageira e alternativas de manejo: uma associação do hidrogel agrícola e da adubação foliar. **Revista Eletrônica Nutritime**. Vol. 17, Nº 02, mar/abr de 2020.

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

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

PINTO, M. S. C. et al. Estimativa do peso da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill.) a partir de medidas dos cladódios. In: **Reunião Anual da Socied. Bras. de Zoot.**, 39. Recife- PE, 2002. **Anais...** Recife-PE: SBZ, v.1, p.54-64. 2002.

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.

RAMOS, J. P. F. et al. Crescimento da palma forrageira em função da adubação orgânica. **Revista Electrónica de Veterinária**, v.16, n.12, p.1-11, 2015.

RODRIGUES, A.M. et al. Nutritional value of opuntia ficus-indica cladodes from portuguese ecotypes. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, 22:40-45, 2016.

SALES, A. T. et al. Crescimento vegetativo de palma forrageira em diferentes densidades de plantio no Curimatú Paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 7, n. 1, p. 19 - 24, 2013.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fisiologia da palma. In; MENEZES, R. S. C. et al. (Eds). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p. 43-55.

SAMPAIO, E.V.S.B. Fisiologia da palma. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (Ed.). **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p. 43-55.

SANTANA, M. A. et al. Efeito de doses de adubação orgânica na produção de palmaforrageira. **Nativa**, v. 9, n. 2, p. 167-172, 2021.

SANTOS, D. C. et al. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. **Recife/PE: IPA**, 2006. 48 p.

SANTOS, D.C. et al. Estratégias para uso de cactáceas em zonas semiáridas: nova cultivares e uso sustentável das espécies nativas. **Revista de Produção Animal**, Teresina, v. 15, n. 2, p. 111-121, 2013.

SANTOS, M. V. F. et al. Efeito do período de armazenamento póscolheita sobre o teor de matéria seca e composição química das palmas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 6, p. 777-783, 1992.

SILVA MACÊDO, Alberto Jefferson et al. A cultura da palma, origem, introdução, expansão, utilidades e perspectivas futuras: **Revisão de Literatura**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 8, p. 62967-62987, 2020.

SILVA, D.J. et al. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. **Viçosa, MG: UFV. 3ª edição**, 4ª reimpressão. 2009. 235p.

SILVA, João A. et al. Composição bromatológica de palma forrageira cultivada em diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 342-350, 2013.

SILVA, João A. et al. Yield and vegetative growth of cactus pear at different spacings and under chemical fertilizations. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 564-569, 2016.

SILVA, L.M. et al. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 2064-2071, 2014b.

SILVA, P. et al. Características morfológicas de três cultivares de palma forrageira sob fertilização mineral em Campina grande–PB. **Enciclopédia biosfera**, 11(21), 2015.

SILVA, R. H. D. **Crescimento de palma forrageira irrigada com água salina** 2018. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa) 2018. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2018.

SOUZA, J. T. A et al. Crescimento e produtividade de genótipos de palma forrageira no Semiárido Paraibano. **TECNOLOGIA & CIÊNCIA AGROPECUÁRIA**, v. 12, p. 37-42, 2018.

VASCONSELOS, A.G.V. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 827-831, maio 2009.