



# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



## Cultivares de palma forrageira sob diferentes arranjos e densidades de plantio

Eudo Barreto de Sá Teles<sup>1</sup>, Alessandro de Magalhães Arantes<sup>2</sup>, Sérgio Luiz Rodrigues Donato<sup>3</sup>, Rômulo Souza Soares<sup>4</sup>, João Abel da Silva<sup>5</sup> e Paulo Emílio Rodrigues Donato<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Mestre em Produção Vegetal pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi – IF Baiano *Campus* Guanambi, CEP: 46430-000; Guanambi (BA), Brasil. E-mail: eudodoglas86@hotmail.com; <sup>2</sup>Professor Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Setor de Agricultura, Guanambi, Bahia, Brasil. E-mail: alessandro.arantes@ifbaiano.edu.br; <sup>3</sup>Professor Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Setor de Agricultura, Guanambi, Bahia, Brasil. E-mail: sergio.donato@ifbaiano.edu.br; <sup>4</sup>Estudante de Engenharia Agrônoma, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Setor de Agricultura, Guanambi, Bahia, Brasil. E-mail: romulo.udi@hotmail.com (autor correspondente); <sup>5</sup>Professor Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Setor de Agricultura, Guanambi, Bahia, Brasil. E-mail: joao.silva@ifbaiano.edu.br; <sup>6</sup>Professor Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Setor de Agricultura, Guanambi, Bahia, Brasil. E-mail: paulo.donato@ifbaiano.edu.br

Artigo recebido em 17/04/2023 e aceito em 22/10/2023

### RESUMO

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 e Gigante, sob diferentes configurações e densidades de plantio. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas com 12 tratamentos e 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<sup>-1</sup>. As cultivares de palma forrageira apresentam acúmulo de matéria verde no cladódio semelhante ao longo do tempo. A densidade de plantio de 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>, proporcionou maior número de cladódio, para ambas cultivares, onde a ‘Orelha de Elefante Mexicana’ expressou maior número de cladódio quando comparada com a cultivar Gigante. O índice de área de cladódio não foi influenciado pela CP, sendo maior na cultivar Orelha de Elefante Mexicana e na densidade de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A cultivar Orelha de Elefante Mexicana apresenta produtividade superior a Gigante. A configuração de plantio em fileira tripla e as densidades de plantio com 40 a 60 mil plantas ha<sup>-1</sup> promovem maiores rendimentos de matéria verde na palma forrageira, sendo a população de 40 mil plantas ha<sup>-1</sup> a mais viável economicamente.

Palavras-chave: *Opuntia*, semiárido, sistema de cultivo.

## Forage cactus cultivars under different arrangements and planting densities.

### ABSTRACT

The forage cactus has stood out in the Brazilian semi-arid region with the main function of forage support for animal feed during the dry period. Therefore, the objective of this study was to evaluate the performance of the fodder palm cultivars Orelha de Elefante Mexicana and Gigante, under different configurations and planting densities. The experiment was conducted in a randomized block design, in a split-plot scheme with 12 treatments and three replications. The plots consisted of two planting configurations (CP), single row and triple row; the subplots composed of two cultivars (Cv), Gigante and Orelha de Elefante Mexicana; and the sub-subplots by three planting densities (DP), 20, 40 and 60 thousand plants ha<sup>-1</sup>. Forage cactus cultivars present similar accumulation of green matter in the cladode over time. The planting density of 20,000 plants ha<sup>-1</sup> provided a greater number of cladodes for both cultivars, where the ‘Orelha de Elefante Mexicana’ expressed a greater number of cladodes when compared to the Gigante cultivar. The cladode area index was not influenced by CP, being higher in the cultivar Orelha de Elefante Mexicana and at a density of 60,000 plants ha<sup>-1</sup>. The Orelha de Elefante Mexicana cultivar has higher productivity than Gigante. The triple row planting configuration and planting densities with 40 to 60 thousand plants ha<sup>-1</sup> promote higher yields of green matter in forage cactus, with a population of 40 thousand plants ha<sup>-1</sup> being the most economically viable.

Keywords: *Opuntia*, semiarid, cropping system.

## 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 (Maniçoba et al., 2021). A estiagem que acomete essa região, tem afetado diretamente uma de suas principais atividades econômicas, 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 (Lopes et al., 2019).

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 (Leite et al., 2018). 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 (Soares et al., 2021). Contudo, suas características anatômicas e morfológicas, que permitem maior racionalidade no uso da água, podem ser fortemente afetadas, a depender do manejo.

Para contribuir com o manejo eficiente da palma forrageira visando altas produtividades de matéria seca, foram realizadas inúmeras pesquisas envolvendo as principais técnicas e tecnologias para a composição de um sistema de produção: adubação orgânica, densidades e espaçamentos de plantio (Donato et al., 2014a, 2014b; 2017a; Barros et al., 2016; Padilha Júnior et al., 2016; Lédo et al., 2019, 2020, 2021; Fonseca et al.; 2020, 2022a); densidade de plantio e cultivares (Cavalcante et al., 2014; Silva et al., 2014); caracterização morfológica das cultivares (Silva et al., 2015; J. Silva et al., 2017); eficiência fotoquímica da fotossíntese (Brito et al., 2018), atributos químicos do solo (Padilha Júnior et al., 2020); adubação mineral e espaçamentos de plantio (Silva et al. 2016a e 2016b); recomendação de adubação (S. Donato et al., 2017b); uso de biofertilizantes (Fonseca et al., 2021) uso da palma forrageira na alimentação de ruminantes (Marques et al., 2017; E. Silva et al., 2017; Carvalho et al., 2018; Sá et al., 2021); normas para a interpretação do estado nutricional (Alves et al., 2019a, b; Teixeira et al., 2019, 2021); indicadores técnicos e econômicos (P. Donato et al., 2017b); irrigação (Souza et al., 2019; Fonseca et al., 2019, 2022a, b); irrigação com

déficit hídrico e água residuária (Souza et al., 2023); cultivos em diferentes agroecossistemas (Matos et al., 2020, 2021a); diagnóstico de sistemas de produção (Matos et al., 2021b); zoneamento agroclimático (Veimrober Júnior et al., 2019); estimativas de tamanho de parcelas experimentais (Guimarães et al., 2019a, 2019b, 2019d, 2020a); previsão de colheita (Guimarães et al., 2018; Guimarães et al., 2019c); ferramentas didáticas (Guimarães et al., 2020b), entre outros. Grande parte destes estudos compõe a publicação Palma forrageira: do plantio à colheita (Donato et al., 2020a).

As espécies de palma forrageira predominantes nas regiões produtoras são provenientes dos gêneros *Opuntia* spp. e *Nopalea* spp. Devido à variabilidade climática presente no semiárido, alterações na temperatura do ar e no regime de chuvas afetam diretamente o potencial produtivo das lavouras (Liu e Song, 2020), alguns estudos demonstram que o gênero *Nopalea* spp. requer um ambiente com temperaturas amenas e um suprimento hídrico prolongado durante seu ciclo para ocorra pegamento das mudas e que estas possam apresentar elevadas produtividades (Oliveira et al., 2018; Edvan et al., 2020.).

Grande parte das áreas cultivadas com palma forrageira é em sequeiro, dessa forma, cultivares que se adaptem a esse sistema são requisitadas pelos produtores, devido ao menor custo de implantação e garantia de colheita. O gênero *Opuntia* possui maior número de espécies potenciais para uso nesse sistema de cultivo (Ramos et al., 2021). Apesar da adaptação as condições edafoclimáticas do semiárido, algumas espécies deste gênero apresentam suscetibilidade a cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), responsável pela redução dos palmis nos estados de Pernambuco e Paraíba, que eram constituídos em grande maioria pela cultivar Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) (Lopes et al., 2010).

Diante dessa problemática, pesquisas foram realizadas para identificar espécies resistentes a essa praga e que apresentassem potencial produtivo semelhante a cultivar Gigante (Lopes et al., 2010), dentre os resultados a cultivar Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haworth)) tem se destacado devido ao elevado potencial produtivo (Pereira et al., 2022) e boa aceitação pelos animais (E. Silva et al., 2017). Apesar de ser susceptível a cochonilha-do-carmim, a cultivar Gigante e o clone IPA-20 ainda são plantados pelos agricultores devido a sua facilidade de manejo. Uma forma de suprimir o ataque dessa

praga é fazer o controle dos focos de incidência com o uso de pesticidas registrados no MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), colheitas anuais, facilitam o controle devido à possibilidade de identificar os focos iniciais.

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 e Gigante, sob diferentes configurações e densidades de plantio.

## Material e métodos

### 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 (Figura 1). 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 Köppen, com precipitação média de 768 mm ano<sup>-1</sup>, 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 2). A estação meteorológica pertence ao Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos (SEIA), os dados são disponibilizados diariamente.

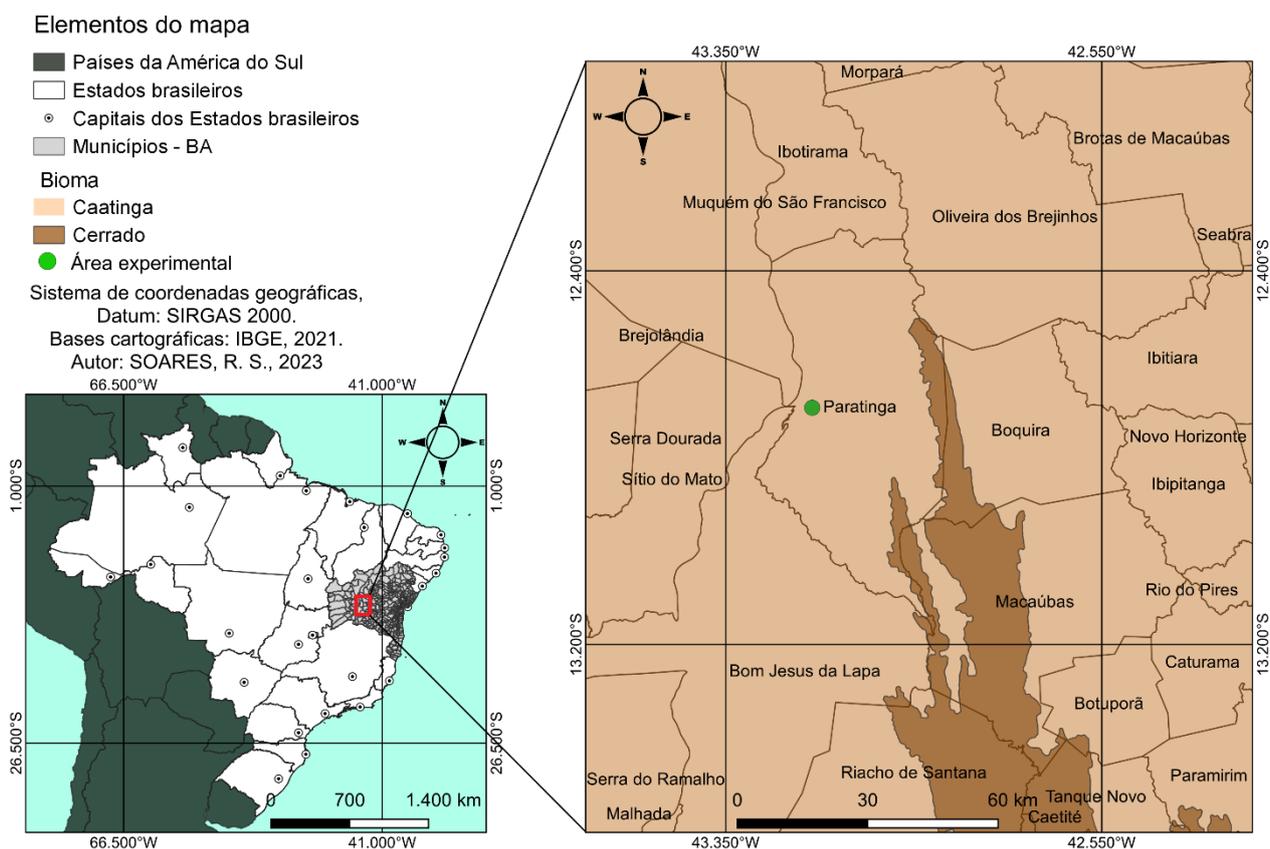


Figura 1. Localização geográfica da área experimental no município de Paratinga-BA.

### 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, dispostas lado a lado; as subparcelas compostas por duas cultivares (Cv), Gigante e Orelha de Elefante Mexicana, essas foram posicionadas de forma aleatória dentro da parcela; e as subsubparcelas por três densidades de plantio (DP), 20, 40 e 60 mil plantas ha<sup>-1</sup>, onde foram

dispostas de forma randomizada dentro de cada subparcelas. Para disposição de forma aleatória dos tratamentos foi utilizado o pacote “randomizeR” (Uschner et al., 2018) no software R . As 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 3).

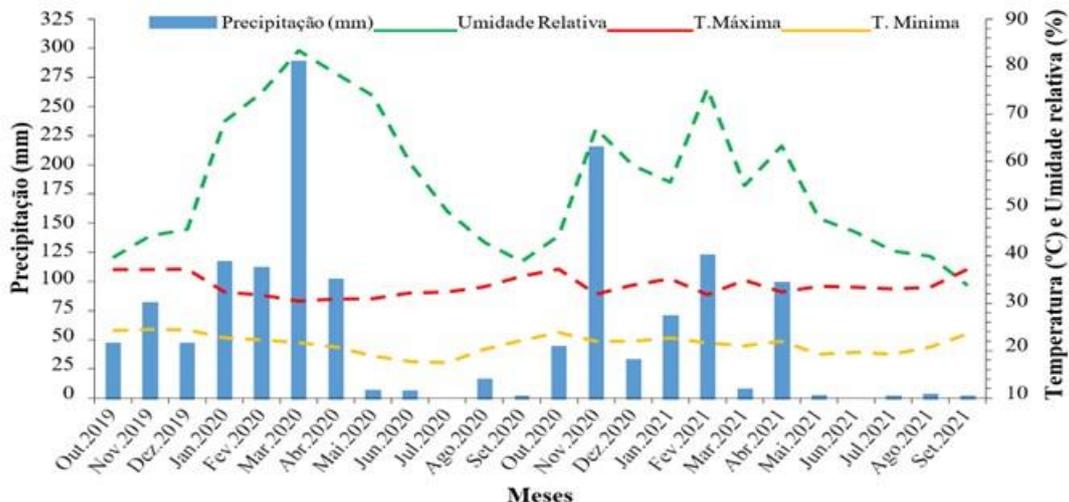


Figura 2. Precipitação mensal (mm), Umidade relativa (%), Temperatura máxima (°C) e Temperatura mínima (°C) durante o período de 01/10/2019 a 01/09/2021, registradas pela estação automática (SEIA) para o município de Paratinga-BA.

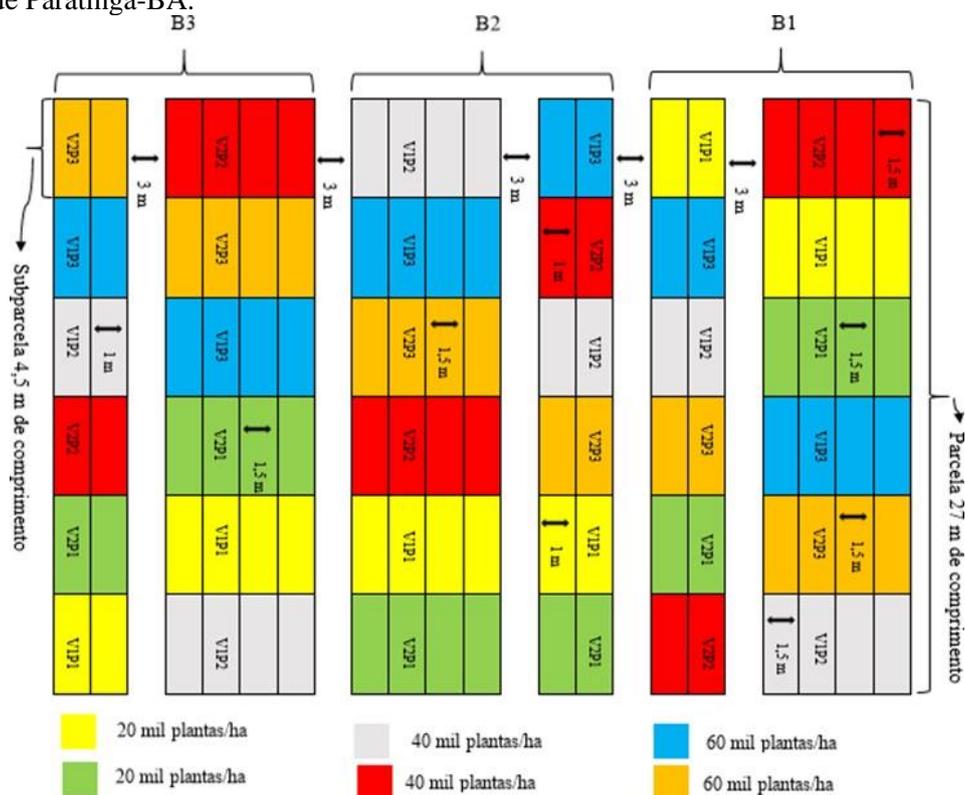


Figura 3. Representação da distribuição do delineamento experimental na área de realização da pesquisa.

As subparcelas medem 4,5 m de comprimento, com área útil de 7,5 e 5 m<sup>2</sup> para as fileiras simples e fileiras triplas, respectivamente.

Totalizaram trinta e seis unidades experimentais e área total de 1.053 m<sup>2</sup>.

**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 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 utilizando uma grade aradora de arrasto com dezesseis discos de 26 polegadas. A gradagem foi feita 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.

**Adubação de fundação**

A adubação de fundação, foi realizada com adubo orgânico e químico, simultaneamente. Como fonte do adubo orgânico foi utilizado 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<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 Mg ha<sup>-1</sup> de esterco bovino.

No plantio em fileiras simples, a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, equivale à 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<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, equivale à 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 Mg ha<sup>-1</sup> foi distribuída em aplicações de 13,5 L m<sup>-1</sup> linear de esterco bovino, no plantio em fileiras simples e 14,5 L m<sup>-1</sup> linear no plantio em fileiras triplas.

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, na dose de um balde para cada 1,5 metro linear de sulco, 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.

**Tabela 1.** Atributos químicos e granulométricos 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 <sub>2</sub> O	dag kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								%	
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 <sup>-3</sup> -----			mg L <sup>-1</sup>			dS m <sup>-1</sup>	-----%-----					
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<sup>-1</sup> = %; mg dm<sup>-3</sup> = ppm; cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> = meq 100 cm<sup>-3</sup>.

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.

**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. Na área do experimento, foram descarregadas em um local sombreado, onde ficaram por mais sete dias antes do plantio.

#### 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. Os cladódios foram colocados em pé no sulco 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.

#### Condução do experimento

As capinas, realizadas na área, com o auxílio de enxadas, ocorreram nos meses de janeiro e março de 2020, com devido cuidado para não danificar o sistema radicular das plantas e nem ferir os cladódios. A adubação de cobertura foi realizada com dose de nitrogênio de 90 kg ha<sup>-1</sup> e potássio 60 kg ha<sup>-1</sup>, divididas em duas aplicações de igual proporção. 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 K<sub>2</sub>O. 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.

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

#### 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, quatro 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 (CC), largura (LC) e espessura do cladódio (EC), além do 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.

O cálculo da área de cladódio para a cultivar Gigante, equação (1), foi realizado conforme a metodologia utilizada por Donato et al. (2014b) e Silva et al. (2016a).

$$AC = CC \times LC \times 0,693, \text{ em que,} \quad (1)$$

AC = área de cladódio, cm<sup>2</sup>;

CC = comprimento do cladódio, cm;

LC = largura do cladódio, em cm; e

0,693 = fator de correção em função da forma elipse do cladódio.

Para a cultivar Orelha de Elefante Mexicana, a área do cladódio (AC) foi estimada através da equação (2) (Lucena et al., 2018):

$$AC = (3,1415 * C/2 * L/2), \text{ em que,} \quad (2)$$

AC = área de cladódio, cm<sup>2</sup>;

C = comprimento do cladódio, cm;

L = largura do cladódio, cm.

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, considerando 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 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.

O número de plantas mortas por tratamento foi determinado por contagem direta após a colheita.



Figura 2. Falha no pegamento (A) e tombamento de palma forrageira causado pela *Pectobacterium* (B). Foto: Eudo Barreto de Sá Teles.

#### 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 (3) abaixo:

$$BMVC = C * L * E * 0,535, \text{ em que,} \quad (3)$$

BMVC = biomassa de matéria verde do cladódio, g;

C = Comprimento médio dos cladódios, 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  $\text{cm}^{-3}$ .

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  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

#### Colheita

A colheita foi realizada aos 690 DAP, momento em que foram avaliados AL, LP, NC, IAC, produtividade de matéria 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  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

#### 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.

#### 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 ( $p \leq 0,05$ ). Essas variáveis com exceção do número de cladódios também variaram de forma independente com cultivar e dias após o plantio. As variáveis largura da planta, índice de área de cladódio e produtividade estimada de matéria verde variaram em função da DAP, de maneira independente, exceto para o IAC, que variou também, em função das cultivares (Tabela 3).

Ajustaram-se, modelos cúbicos para todas as variáveis analisadas, em função da interação entre dias após o plantio e cultivar (Figura 4) e em função de dias após o plantio de forma independente conforme o caso (Figura 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., 2016a; Castro et al., 2020).

Ao compararmos os dados de precipitação (Figura 1) com as curvas de crescimento da palma forrageira (Figura 4 A), ajustadas em função da interação dos fatores DAPxCv, 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).

A cultivar Gigante apresentou porte mais elevado (Figura 4 A), condizente com seu hábito ereto, característica inerente desse genótipo (J. Silva et al., 2017).

**Tabela 2.** 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	GL	Quadrados médios							
		Variáveis							
		AP	NC	CC	LC	EC	LP	IAC	PMV
Bloco	2	43,72	7,07	2,93	4,52	0,36	2,84	0,00	1,09
Cv	1	1061,13***	251,85	79,33***	101,12***	58,69***	1,53 <sup>ns</sup>	0,04***	2,77 <sup>ns</sup>
Erro 1	2	14,55	3,33	0,45	0,96	0,16	57,02	0,00	2,52
DAP	7	2103,72***	260,09	14,07***	9,33***	140,37***	1099,61***	0,01***	2,22**
DAP x Cv	7	86,82***	9,89*	8,06***	1,29***	8,56***	14,34 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>
Erro 2	28	5,21	4,24	0,45	0,25	0,78	6,99	0,00	8,11
CV (%)		25,42	47,27	10,06	14,38	69,20	22,94	19,91	74,72
Médias		73,28	14,58	22,86	13,98	6,99	56,67	0,26	121,93

ns- Não significativo, ao nível de 0,05 de significância, pelo Teste F; \*, \*\*, \*\*\* Significativo ao nível de 0,05, 0,01 e 0,001 de significância, respectivamente, pelo Teste F. FV - fonte de variação; GL - grau de liberdade; Cv - cultivar; DAP - dias após o plantio; AP - altura de planta (cm); LP - largura da planta (cm); NC - número de cladódios; CC- comprimento do cladódio (cm); LC - largura do cladódio (cm); EC - espessura do cladódio (mm); IAC - índice de área de cladódio ( $m^2 m^{-2}$ ); PMV - produtividade de matéria verde estimada ( $Mg ha^{-1}$ ).

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). 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 plantas. Foi realizada contagem direta, de todas as plantas que secaram e não emitiram brotações (Tabela 2). 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).

**Tabela 3.** Índice de pegamento e tombamento de palma forrageira avaliadas entre 90 e 510 dias após o plantio.

Cultivar	Total plantado (un)	Falha 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 eficiência fotossintética da palma forrageira apresenta valores ideais quando o ambiente apresenta condições favoráveis, nesse caso, o fator limitante é o conteúdo de água no solo. O déficit hídrico prolongado induz a planta a reduzir seu metabolismo, reduzindo a taxa fotossintética, respiração, transpiração e absorção de nutrientes, deste modo, o crescimento vegetativo está fortemente relacionado ao conteúdo de água no solo (Brito et al., 2018; Alves et al., 2020).

A cultivar Orelha de Elefante Mexicana apresentou maior número de cladódios (Figura 4 B). 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. Essa cultivar tem demonstrado excelentes resultados quando fornecido irrigação complementar, apresentando maior acúmulo de matéria seca, número de cladódios e eficiência de uso da água (Rocha et al., 2017).

A palma forrageira ‘Gigante’ apresentou cladódio com maior comprimento, enquanto a ‘Orelha de Elefante Mexicana’, apresentou cladódio com maior largura (Figura 5 C e D).

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 no comprimento dos cladódios mais jovens sobre os cladódios primários, uma vez

que, Nunes et al. (2020), relatam que a maior parte dos cladódios do gênero *Opuntia* spp. se encontram na primeira e segunda ordem e decresce em função do surgimento de outras ordens.

A espessura média do cladódio da palma forrageira variou com os s fatores DAP e cultivares (Figura 4 E). A maior espessura de cladódio da palma forrageira foi verificada no cultivar Gigante. Essa 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, assim como a quantidade fornecida via irrigação (Scalisi et al., 2016; Xavier et al., 2020). É possível observar um decréscimo da espessura do cladódio da palma forrageira, nos períodos mais críticos da estação seca, que compreende as observações de 270 a 390 DAP, junto ao aumento do déficit de saturação de vapor de água do ambiente, onde a planta sob condição de sequeiro e com cladódios novos perdem mais água para a atmosfera devido a maior condutância estomática e incorporação de CO<sub>2</sub> (Alves et al., 2020).

A largura da planta seguiu o mesmo modelo de todas as variáveis determinado pelas estações de crescimento (Figura 5 A). 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 (Ramos et al., 2021). 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.

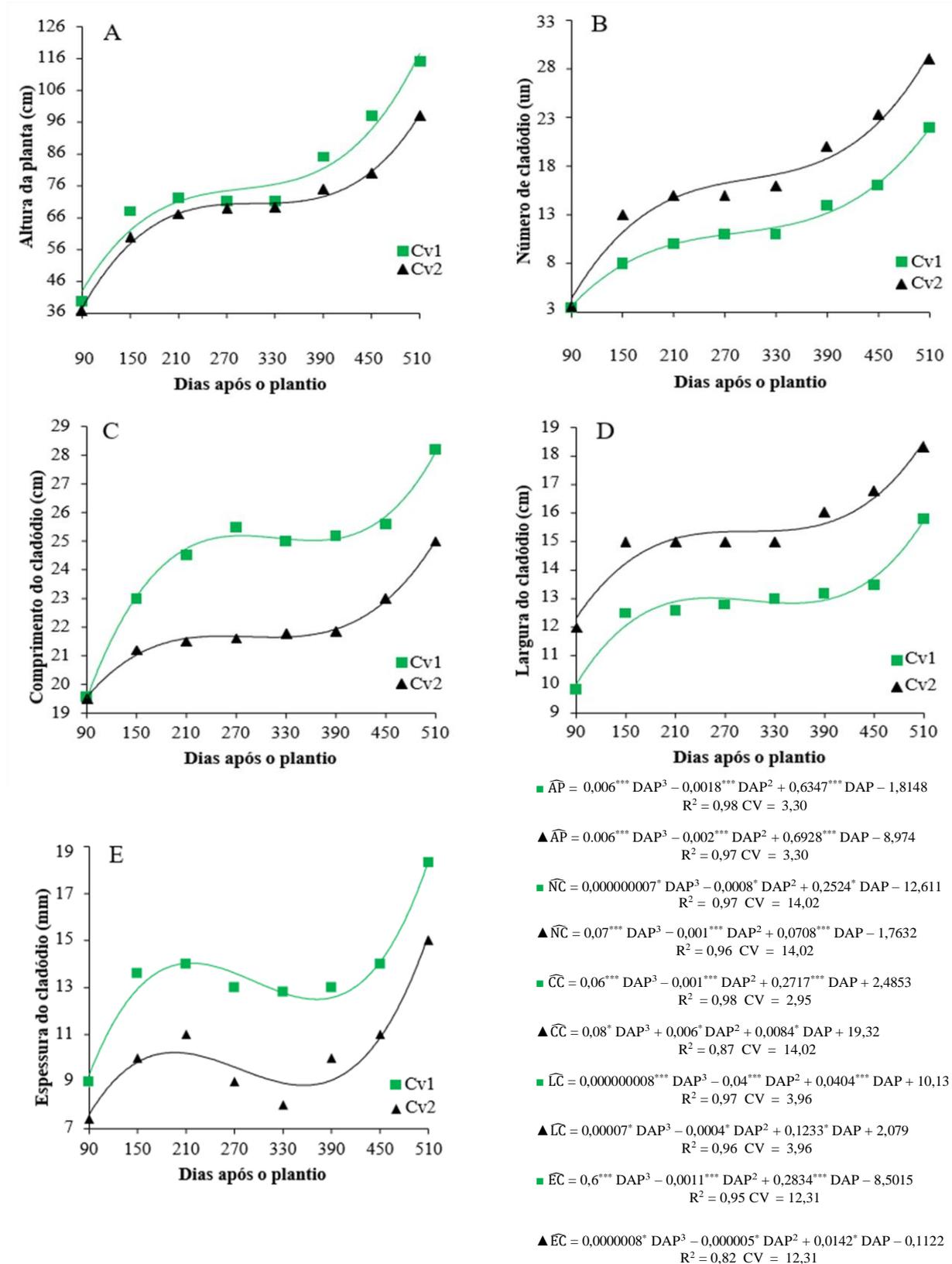


Figura 5. Altura da planta (AL), número de cladódio (NC), comprimento do cladódio (CC), largura do cladódio (LC) e espessura do cladódio (EC) das cultivares de palma forrageira Gigante (Cv1) e Orelha de Elefante Mexicana (Cv2) em função de dias após o plantio.

O índice de área de cladódio (Figura 5 B), refletiu os períodos favoráveis e desfavoráveis ao crescimento da planta ao longo dos DAP, concordando com Silva et al. (2016a). No presente estudo, o IAC não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre as cultivares estudadas ao longo dos DAP.

A curva de produtividade de matéria verde (Figura 5 C), mostra que o acúmulo foi maior nos

períodos em que houve ocorrência de chuvas, e estabilizou-se 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, pois a planta já está estabilizada com sistema radicular estabelecido.

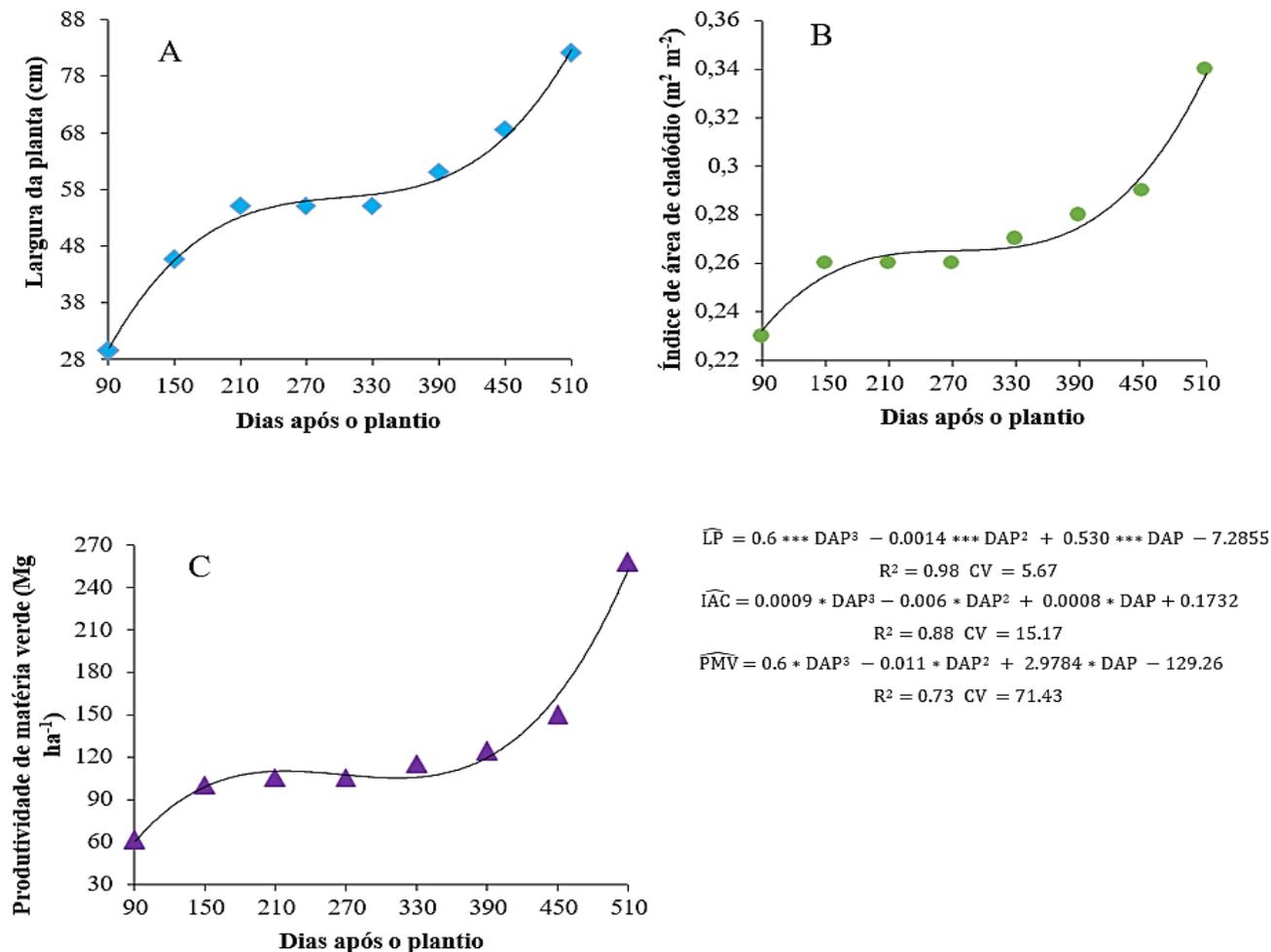


Figura 6. Largura da planta (LP), índice de área de cladódio (IAC) e produtividade de matéria verde (PMV), das cultivares de palma forrageira Gigante (Cv1) e Orelha de Elefante Mexicana (Cv2) em função de dias após o plantio.

Na avaliação realizada aos 690 DAP, a produtividade de matéria verde e o comprimento do cladódio da palma forrageira foram as únicas variáveis que apresentaram variação em função da interação entre todos os fatores em estudo ( $p \leq 0,05$ ), no caso, configuração de plantio, cultivar e densidade de plantio (Tabela 5). A altura da planta e o número de cladódios variaram em função da interação dupla entre os fatores configuração de

plantio e cultivares, para a primeira, e densidade de plantio para a segunda ( $p \leq 0,05$ ). As cultivares influenciaram a largura do cladódio e IAC da palma forrageira, de maneira independente ( $p \leq 0,05$ ). O IAC variou também, em função da DP ( $p \leq 0,05$ ). A largura da planta e a espessura dos cladódios da palma forrageira não variaram com os fatores estudados.

**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	GL	Quadrado médio							
		Variáveis							
		AP	LP	NC	CC	LC	EC	IAC	PMV
Bloco	2	1175,7 <sup>ns</sup>	705,4 <sup>ns</sup>	154,7 <sup>ns</sup>	21,26 <sup>ns</sup>	11,47 <sup>ns</sup>	11,69 <sup>ns</sup>	46,26 <sup>ns</sup>	362,4 <sup>ns</sup>
CP	1	3006,7 <sup>ns</sup>	3034,2 <sup>ns</sup>	1067,1 <sup>ns</sup>	48,68 <sup>ns</sup>	20,18 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	77,77 <sup>ns</sup>	30637,4 <sup>***</sup>
Erro 1	2								
Cv	1	24857,7 <sup>***</sup>	29,3 <sup>ns</sup>	2618 <sup>**</sup>	1560,02 <sup>***</sup>	143,32 <sup>**</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	143,1 <sup>*</sup>	22700,4 <sup>***</sup>
CP x Cv	1	841 <sup>*</sup>	5,8 <sup>ns</sup>	4,7 <sup>ns</sup>	22,55 <sup>ns</sup>	1,67 <sup>ns</sup>	3,23 <sup>ns</sup>	17,76 <sup>ns</sup>	1309,4 <sup>*</sup>
Erro 2	4								
DP	2	1769,8 <sup>ns</sup>	810,9 <sup>ns</sup>	4205,7 <sup>***</sup>	3,98 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	2,84 <sup>ns</sup>	379,9 <sup>***</sup>	7277,2 <sup>***</sup>
DP x CP	2	739 <sup>ns</sup>	238,9 <sup>ns</sup>	518,6 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	3,52 <sup>ns</sup>	13,3 <sup>ns</sup>	27,11 <sup>ns</sup>	3884,4 <sup>**</sup>
DP x Cv	2	110,1 <sup>ns</sup>	22,9 <sup>ns</sup>	758,2 <sup>*</sup>	8,18 <sup>ns</sup>	7,18 <sup>ns</sup>	3,31 <sup>ns</sup>	6,08 <sup>ns</sup>	1960 <sup>*</sup>
DP x CP x Cv	2	576,8 <sup>ns</sup>	14,6 <sup>ns</sup>	121,1 <sup>ns</sup>	24,67 <sup>*</sup>	4,61 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	2002,2 <sup>*</sup>
Erro 3	16								
CV (%)		7,1	16,1	32,2	9,3	13	81,0	16,46	3,8
Médias		100,15	72,79	24,88	25,43	15,86	12,58	7,14	114,91

ns- Não significativo, ao nível de 0,05 de significância, pelo Teste F; \*, \*\*, \*\*\* Significativo ao nível de 0,05, 0,01 e 0,001 de significância, respectivamente, pelo Teste F. FV - fonte de variação; GL - graus de liberdade CP - configuração de plantio; Cv - cultivar; DP - densidade de plantio; AP - altura de planta (cm); LP - largura da planta (cm); NC - número de cladódios; CC- comprimento do cladódio (cm); LC - largura do cladódio (cm); EC - espessura do cladódio (mm); IAC - índice de área de cladódio (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>); PMV - produtividade de matéria verde (Mg ha<sup>-1</sup>).

A produtividade de matéria verde da palma forrageira foi maior na configuração de plantio em fileiras triplas e nas maiores densidades de plantio (Tabela 6). O aumento do número de plantas por hectare potencializa a utilização dos recursos naturais, e garante maior rendimento de forragem devido ao maior número de plantas por m<sup>2</sup>, porém deve ser analisado o ponto de estabilização e decréscimo da produção, de modo a definir a máxima produtividade econômica. A escolha do estande de plantas é um ponto crucial durante a implantação da lavoura, visto que o custo com a aquisição de mudas corresponde a mais de 50% do total investido (Donato et al., 2017b). Fonseca et al. (2019; 2020; 2023), relatam que a máxima produtividade de matéria verde e seca é obtida entre populações de 60.000 a 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>, e plantio com densidade superiores aumentam o taxa de sombreamento e consequentemente maior mortalidade.

A ‘Orelha de Elefante Mexicana’ apresentou maior produtividade de matéria verde do que a ‘Gigante’ e não diferiu nas densidades de 40.000 e 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>, em fileiras simples, enquanto, em fileiras triplas, a maior produtividade foi observada na densidade de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A cultivar Gigante foi mais produtiva na densidade de plantio com 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>, na fileira simples, enquanto que na fileira tripla, essa cultivar não diferiu a produtividade nas densidades de plantio de 40.000 e 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O que pode indicar uma economia no custo de implantação da

lavoura. Carvalho et al. (2021) e Pereira et al. (2022), trabalhando com a cultivar Orelha de Elefante Mexicana sob diferentes densidades de plantio em fileiras simples, observaram aumento linear na produtividade de matéria verde conforme o aumento populacional, apesar da diminuição das características morfológica e produtiva das plantas.

A palma forrageira ‘Orelha de Elefante Mexicana’, produziu 50,22 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria verde a mais do que a cultivar Gigante, demonstrando maior potencial produtivo nas condições desse experimento. A diferença de produtividade entre as duas cultivares, pode ser justificada em consequência de falha no pegamento da palma forrageira ‘Gigante’ (Tabela 3), que mostrou uma percentagem de perda inicial no estande de 10,61% ante 5,19% da ‘Orelha de Elefante Mexicana’.

A média de 140,02 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria verde, observada para a palma forrageira ‘Orelha de Elefante Mexicana’ no referido estudo, é considerada baixa, em comparação com outros estudos realizados na região. Esta cultivar, apesar de sua adaptação a condições de déficit hídrico, apresenta melhores resultados produtivos quando submetida a uma oferta hídrica suplementar (Xavier et al., 2020; Carvalho et al., 2021; Pereira et al., 2022). Silva et al. (2016a), Padilha Júnior et al. (2016) e Santana et al. (2021), observaram médias de 224,67 Mg ha<sup>-1</sup>, 226,35 Mg ha<sup>-1</sup> e 175,91 Mg ha<sup>-1</sup>, 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, além da baixa fertilidade química do solo cultivado, com capacidade de troca catiônica de 4,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e saturação por bases de 43% (Tabela 1).

**Tabela 6.** Produtividade de matéria verde (Mg ha<sup>-1</sup>) de palma forrageira em diferentes configurações e densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio.

<b>Orelha de Elefante Mexicana</b>					
Configuração de Plantio	Densidade de plantio (plantas ha <sup>-1</sup> )			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	-
<b>Gigante</b>					
Configuração de Plantio	Densidade de plantio (plantas ha <sup>-1</sup> )			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 ao nível de significância de 0,05; CV – Coeficiente de variação.

O comprimento do cladódio da palma forrageira ‘Gigante’ foi maior do que a ‘Orelha de Elefante Mexicana’, que 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 ha<sup>-1</sup> comparado a densidade de 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

A cultivar Orelha de Elefante Mexicana apresentou o mesmo comprimento de cladódio em todas as configurações e densidades de plantio, exceto na densidade de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, cujo comprimento do cladódio foi maior na configuração em fileiras simples. A cultivar Gigante, também manifestou maior comprimento de cladódio na fileira simples, nas densidades de plantio com 20.000 e 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

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.

Embora Mondragón—Jacobó e Pérez Gonzáles (2002), salientarem que o comprimento do cladódio é uma característica genotípica, pouca influenciada pelo manejo. Alguns estudos, como os de Donato et al. (2014b), 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<sup>-1</sup>), aos 600 DAP, com média de 30,99 cm. A média do comprimento de cladódio, observado por Donato et al. (2014b), é superior às encontradas no presente trabalho. Santana et al. (2021) encontraram máximo comprimento para a dose de 46,6 t ha<sup>-1</sup>, enquanto Xavier et al., (2020) encontraram 29,57 cm de comprimento aplicando uma lâmina de 5,27 L, valores superiores ocasionam decréscimo no comprimento.

A cultivar Gigante apresentou maior altura tanto na fileira simples quanto na fileira tripla, quando comparada com a ‘Orelha de Elefante Mexicana’ (Tabela 8).

As configurações de plantio não

influenciaram na altura da palma forrageira ‘Orelha de Elefante Mexicana’, enquanto a configuração de plantio em fileira simples, proporcionou maior altura na cultivar Gigante.

**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.

<b>Orelha de Elefante Mexicana</b>					
Configuração de Plantio	Densidade de plantio (plantas ha <sup>-1</sup> )			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	-
<b>Gigante</b>					
Configuração de Plantio	Densidade de plantio (plantas ha <sup>-1</sup> )			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 ao nível de significância de 0,05; CV – Coeficiente de variação.

**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 ao nível de significância de 0,05; CV – Coeficiente de variação.

A palma forrageira ‘Gigante’ expressou altura média de planta de 113,28 cm. A altura da planta, é uma característica que está relacionada à própria arquitetura da planta, comprimento e número de cladódios. Supostamente, maiores incrementos na adubação e oferta hídrica promovem maior acúmulo de água e nutrientes na planta, e consequentemente a ocorrência de

variações na altura da planta (Donato et al., 2014b). Padilha Júnior et al. (2016), trabalhando com diferentes configurações de plantio e fertilização, obtiveram de 120,12 cm de altura na cultivar Gigante com adubação NPK indiferente da configuração de plantio. Barros et al. (2016), observaram altura de 118,06 cm para a mesma cultivar, sob adubação orgânica de 90 Mg ha<sup>-1</sup>,

enquanto Fonseca et al. (2023), aplicando uma lâmina de 33% da ET0 encontraram altura de 82 cm., valor superior aos observado nesses trabalhos.

A cultivar Orelha de Elefante Mexicana expressou maior número de cladódio quando comparada com a cultivar Gigante (Tabela 9). Na

densidade de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, as cultivares não diferiram estatisticamente entre si (p≥0,05). A densidade de plantio de 20.000 plantas ha<sup>-1</sup>, proporcionou maior número de cladódio, para ambas cultivares, quando comparada com a maior densidade de plantio, provavelmente em função do maior espaço destinado a cada planta.

**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 <sup>-1</sup> )	Cultivares		Média	CV (%)
	Orelha de Elefante Mexicana	Gigante		
20.000	39,87 Aa	24,87 Ab	32,37	37
40.000	25,33 Ba	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 ao 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<sup>-1</sup> de esterco para a cultivar Gigante, e Pereira et al. (2015), para a cultivar Orelha de Elefante Mexicana, com médias de 17,0 e 13,0 cladódios respectivamente. Segundo Guimarães et al. (2022), a área total de cladódios e o número de cladódios em plantas de palma forrageira possui alta correlação com a produtividade de matéria verde.

A cultivar Orelha de Elefante Mexicana expressou maior largura de cladódio, assim como,

o maior índice de área de cladódio, quando comparada com a cultivar Gigante (Tabela 10). Esses resultados concordam com os obtidos por Rocha et al. (2017). 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. Ramos et al. (2021) trabalhando com 34 genótipos de palma forrageira, encontraram para a largura do cladódio, variedades de palma forrageira com médias superiores a 60 cm, sendo observado 77,2 cm para a ‘Orelha de Elefante Mexicana’, o que demonstra o potencial dessa cultivar no quesito captação de luz.

**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 (cm)	Índice de área de cladódio (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
Gigante	14,86 B	6,14 B
Orelha de Elefante Mexicana	16,86 A	8,14 A
CV (%)	13,0	16,46
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. (2014b), a largura do cladódio é uma variável morfométrica, que geralmente é influenciada pelo cultivar de palma forrageira, e pouco pelo manejo. No entanto, Santana et al. (2021), verificaram aumento na

largura do cladódio da palma forrageira ‘Gigante’, e da cultivar ‘Sem espinho’, com incremento de adubação orgânica, enquanto Fonseca et al. (2023) observaram aumento da largura do cladódio

conforme incremento na irrigação, porém acréscimo pouco expressivo.

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 agrônomico submetido à cultura (Silva et al., 2016). De acordo com Donato et al. (2014b), o IAC da palma forrageira é um fator que determina a área fotossintética ativa da planta, uma vez que indica a capacidade da planta de captar a luz solar e transformá-la, de maneira eficiente, em matéria seca.

O índice de área de cladódio também variou de forma independente com as densidades de plantio. Neste caso, o IAC da palma forrageira foi influenciado pela densidade de plantio corroborando com 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.

**Tabela 11.** Índice de área de cladódio ( $m^2 m^{-2}$ ) de cultivares de palma forrageira em diferentes densidades de plantio, avaliada aos 690 dias após o plantio.

Densidade de plantio (plantas $ha^{-1}$ )	Índice de área de cladódio ( $m^2 m^{-2}$ )
20.000	5,11 C
40.000	7,22 B
60.000	9,08 A
CV (%)	16,46
Média	7,14

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 0,05; CV – Coeficiente de variação.

De acordo com Nobel (2001), valores de IAC superiores a  $5 m^2 m^{-2}$  não representam aumento na produtividade da palma forrageira devido à competição interespecífica entre as plantas por água, luz e nutrientes. Dessa forma, a palma forrageira é pouco eficiente em cultivo sombreado (Peixoto et al., 2018), apresentando menor eficiência quântica e rendimento quântico do fotossistema II (Brito et al., 2018).

Apesar de ser uma característica varietal, o IAC da palma forrageira também pode ser influenciado por outros fatores, tais como, estado nutricional da planta (Padilha Júnior et al., 2016), intensidade de corte (Rocha et al., 2017), temperatura (Barbosa et al., 2018), disponibilidade hídrica (Fonseca et al., 2019), ambiente de cultura (Edvan et al., 2020) densidade de plantio (Fonseca et al., 2020; 2023), adubação (Santana et al., 2021) e tipo de solo (Matos et al., 2021).

### Conclusões

A cultivar Orelha de Elefante Mexicana apresenta produtividade superior a Gigante.

A configuração de plantio em fileira tripla e as densidades de plantio com 40 a 60 mil plantas  $ha^{-1}$  promovem maiores rendimentos de matéria verde na palma forrageira nas condições desse experimento, sendo a população de 40 mil plantas  $ha^{-1}$  a mais viável economicamente.

### Referências

- Alves, J. F. T., Donato, S. L. R., Donato, P. E. R., Silva, J. A. Da., Guimarães, B. V. C., 2019a. Establishment of sufficiency ranges to determine the nutritional status of ‘Gigante’ forage cactus pear-macronutrients. *Journal of Agricultural Science [Online]* 11. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n18p213>. Acesso em: 03 set. 2023.
- Alves, J. F. T., Donato, S. L. R., Donato, P. E. R., Silva, J. A. da., Guimarães, B. V. C., 2019b. Establishment of sufficiency ranges to determine the nutritional status of ‘Gigante’ forage cactus pear-micronutrients. *Journal of Agricultural Science [Online]* 11. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n18p222>. Acesso em: 03 set. 2023.
- Alves, F. A. L., Santos, D. C. dos., Silva, S. M. S., Silva, M. da C., Mello, D. R. de., 2020. Metabolismo fotossintético de variedades de palma forrageira cultivadas no Semiárido brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana [Online]* 25. Disponível em: <https://doi.org/10.12661/pap.2020.009>. Acesso em: 06 set. 2023.
- Barbosa, M. L., Silva, T. G. F. da., Zolnier, S., Silva, S. M. S. e, Ferreira, W. P. M., 2018. Environmental variables influencing the expression of morphological characteristics in clones of the forage cactus. *Revista Ciência Agrônômica [Online]* 49. Disponível em:

- <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180045>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- Barros, J. L. de., Donato, S. L. R., Gomes, V. M., Donato, P. E. R., Silva, J. A. da., Padilha Júnior, M. C., 2016. Palma forrageira 'Gigante' cultivada com adubação orgânica. *Revista Agrotecnologia* [Online] 7. Disponível em: <https://doi.org/10.12971/5051>. Acesso em: 04 set. 2023.
- Brito, C. F. B., Donato, S. L. R., Arantes, A. M., Donato, P. E. R., Silva, J. A., 2018. Photochemical efficiency in cladodes of 'Gigante' cactus pear cultivated under different spacings and organic fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [Online] 22. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n5p338-343>. Acesso em: 07 set. 2023.
- Carvalho, C. B. M., Edvan, R. L., Carvalho, M. L. A. M., Reis, A. L. A., Nascimento, R. R., 2018. Uso de cactáceas na alimentação animal e seu armazenamento após colheita. *Archivos de Zootecnia* 67, 440-446.
- Carvalho, W. F. de, Abreu, F. E. R. de., Albuquerque, D. M. de N., Lopes, M. N., Menezes, M. do S. de S., Sousa, K. R. F., Holanda, Á. N., Silva, T. S. B. da., 2021. Crescimento e produtividade da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana em função da densidade de plantas no semiárido piauiense. *ILPF - Integração Lavoura Pecuária Floresta: Desafios, Perspectivas, Retrocessos e Avanços* [Online] 3. Disponível em: <https://doi.org/10.37885/211106637>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- Cavalcante, L. A. D., Santos, G. R. S., Silva, L. M., Fagundes, J. L., Silva, M. A., 2014. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Tropical* [Online] 44. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000400010>. Acesso em: 03 set. 2023.
- Donato, P. E. R., Pires, A. J. V., Donato, S. L. R., Silva, J. A. da., Aquino, A. A., 2014a. Valor nutritivo da palma forrageira 'Gigante' cultivada sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. *Revista Caatinga* 27, 163-172.
- Donato, P. E. R., Donato, S. L. R., Silva, J. A., Silva Júnior, A. A., 2014b. Morphometry and yield of cactus pear 'Gigante' grown under different spacing and doses of organic fertilization. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* [Online] 9. Disponível em: <https://doi.org/10.5039/agraria.v9i1a3252>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- Donato, P. E. R., Donato, S. L. R., Silva, J. A. da., Pires, A. J. V., Silva Júnior, A. A., 2017a. Extraction/exportation of macronutrients by cladodes of 'Gigante' cactus pear under different spacing and organic fertilizer. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [Online] 21. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n4p238-243>. Acesso em: 04 set. 2023.
- Donato, P. E. R., Silva, J. A., Donato, S. L. R., Rodrigues, M. G. V., Caxito, A. M., 2017. Índices técnicos, de produção e econômicos para a cultura da palma forrageira. *Informe Agropecuário* 38, 46-58.
- Donato, S. L. R., Donato, P. E. R., Silva, J. A. da., Rodrigues, M. G. V., 2017b. Diagnóstico nutricional e recomendação de adubação para a palma forrageira 'Gigante'. *Informe Agropecuário* 38, 46-58.
- Donato, S. L. R., Borém, A., Rodrigues, M. G. V. 2020a. *Palma Forrageira: do plantio à colheita*. 1 ed. EPAMIG, Belo Horizonte.
- Edvan, R. L., Mota, R. R. M., Dias-Silva, T. P., do Nascimento, R. R., de Sousa, S. V., da Silva, A. L., Araújo, M. J. de, Araújo, J. S., 2020. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. *Scientific Reports* [Online] 10. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66972-0>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- Fonseca, V. A., Santos, M. R. dos, Silva, J. A. da, Donato, S. L. R., Santos Rodrigues, C., Brito, C. F. B., 2019. Morpho-physiology, yield, and water-use efficiency of *Opuntia ficus-indica* irrigated with saline water. *Acta Scientiarum Agronomy* [Online] 41. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.42631>. Acesso em: 17 jan. 2023.
- Fonseca, V. A., Costa, L. C., Silva, J. A. da, Donato, S. L. R., Donato, P. E. R., Souza, E. dos S., 2020. 'Gigante' cactus pear cultivated at different population densities in a mechanizable arrangement. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [Online] 24. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n11p769-775>. Acesso em: 17 jan. 2023.
- Fonseca, V. A., Rodrigues, C. S., Alvarenga, R. R., Santos, D. B. dos., Bebé, F. V., Pina, D. S., 2021. Yield of 'Gigante' cactus pear cultivated under biofertilizer doses and application intervals. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [Online] 25. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n11p769-775>. Acesso em: 17 jan. 2023.

- em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n9p633-640>. Acesso em: 02 set. 2023.
- Fonseca, V.A., Donato, S. L. R., Santos, M. R., Oliveira, C. M., Kondo, M. K., Cotrim, C. E., 2022a. Nutrients in ‘Gigante’ forage cactus pear under different saline water irrigation depths and planting densities. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [Online] 26. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n5p381-389>. Acesso em: 02 set. 2023.
- Fonseca, V.A., Santos, M. R., Donato, S. L. R., Silva, J. A. da., Brito, C. F. B., 2022b. Root distribution, nutrient concentration and accumulation in ‘Gigante’ cactus pear irrigated with saline water. *Revista Caatinga* [Online] 34. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n222rc>. Acesso em: 03 set. 2023.
- Fonseca, V. A., Donato, S. L. R., Silva, J. A., Oliveira, C. M., Batista, R. S., 2023. Morphometry and yield of ‘Gigante’ forage cactus pear under irrigation and different planting densities. *Revista Caatinga* [Online] 36. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252023v36n321rc>. Acesso em 07 set. 2023.
- Guimarães, B. V. C., Donato, S. L. R., Azevedo, A. M., Aspiázú, I., Silva Junior, A. A. e., 2018. Prediction of ‘Gigante’ cactus pear yield by morphological characters and artificial neural networks. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [Online] 22. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n5p315-319>. Acesso em: 03 set. 2023.
- Guimarães, B. V. C., Donato, S. L. R., Aspiázú, I., Azevedo, A. M., Carvalho, A. J., 2019a. Size of plots for experiments with cactus pear cv. Gigante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [Online] 23. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p347-351>. Acesso em: 03 set. 2023.
- Guimarães, B. V. C., Donato, S. L. R., Aspiázú, I., Azevedo, A. M., Carvalho, A. J. de., 2019b. Plot size by the variance comparison method for with ‘Gigante’ cactus pear. *Journal of Agricultural Science* [Online] 11. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n18p206>. Acesso em: 03 set. 2023.
- Guimarães, B. V. C., Donato, S. L. R., Aspiázú, I., Azevedo, A. M., Carvalho, A. J., 2019c. Comparison of methods for harvest prediction in ‘Gigante’ cactus pear. *Journal of Agricultural Science* [Online] 11. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n14p216>. Acesso em: 03 set. 2023.
- Guimarães, B. V. C., Donato, S. L. R., Aspiázú, I., Azevedo, A. M., Carvalho, A. J., 2019d. Methods for estimating optimum plot size for ‘Gigante’ cactus pear. *Journal of Agricultural Science* [Online] 11. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n14p205>. Acesso em 03 set. 2023.
- Guimarães, B. V. C., Donato, S. L. R., Aspiázú, I., Azevedo, A. M., Carvalho, A. J., 2020a. Optimal plot size for experimental trials with *Opuntia cactus pear*. *Acta Scientiarum Technology* [Online] 42. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v42i1.42579>. Acesso em: 03 set. 2023.
- Guimarães, B. V. C., Donato, S. L. R., Aspiázú, I., Azevedo, A. M., Carvalho, A. J., 2020b. Didactic tool for experimental demonstration with ‘Gigante’ forage cactus pear. *Journal of Educational Research and Reviews* [Online] 8. Disponível em: [https://doi.org/10.33495/jerr\\_v8i3.20.132](https://doi.org/10.33495/jerr_v8i3.20.132). Acesso em: 02 set. 2023.
- Guimarães, B. V. C., Donato, S. L. R., Aspiázú, I., Azevedo, A. M., Lima, F. dos S., Macêdo, S. V. M. de, Brito, C. F. B., Couto, H. F., 2022. Digital platform for experimental and technical support to the cultivation of cactus pear. *Acta Scientiarum. Agronomy* [Online] 45. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v45i1.57407>. Acesso em: 17 jan. 2023.
- Lédo, A. A., Donato, S. L. R., Aspiázú, I., Silva, J. A. da., Donato, P. E. R., Carvalho, A. J., 2019. Yield and water use efficiency of cactus pear under arrangements, spacings and fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [Online] 23. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n6p413-418>. Acesso em: 02 set. 2023.
- Lédo, A. A., Donato, S. L. R., Aspiázú, I., Silva, J. A. da., Donato, P. E. R., Carvalho, A. J., 2020. Nutrient concentration and nutritional efficiency in ‘Gigante’ cactus pear submitted to different spacings and fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [Online] 24. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n3p154-161>. Acesso em: 02 set. 2023.
- Lédo, A. A., Donato, S. L. R., Aspiázú, I., Silva, J. A. da., Brito, C. F. B., Donato, P. E. R., 2021. Nutritional balance and recovery rate of macronutrients by ‘Gigante’ cactus pear under

- different fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [Online] 25. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-929/agriambi.v25n2p82-89>. Acesso em 02 set. 2023.
- Leite, T. D. S., Leite, M. D. S., Torres, S. B., 2018. Palma forrageira: situação atual e perspectivas para o cultivo na região semiárida do Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR* [Online] 21. Disponível em: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v21i2.2018.6310>. Acesso em: 19 jan. 2023.
- Liu, Y., Song, W., 2020. Modelling crop yield, water consumption, and water use efficiency for sustainable agroecosystem management. *Journal of Cleaner Production* [Online] 253. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119940>. Acesso em: 04 set. 2023.
- Lopes, E. B., Brito, C. H., Albuquerque, I. C., Batista, J. L. 2010. Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp.) e (*Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. *Engenharia Ambiental - Pesquisa e Tecnologia* 7, 204-215.
- Lopes, L., Cardoso, D., Camargo, K., Silva, T., Souza, J., Silva, J. R., Morais, J., Araújo, T. P., 2019. Palma forrageira na alimentação de ruminantes. *Pubvet* [Online] 13. Disponível em: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n3a277.1-10>. Acesso em: 23 jan. 2023.
- Lucena, L., Leite, M., Simões, V., Simões, V., Almeida, M., 2018. Área de cladódio da palma *Opuntia stricta* utilizando dimensões lineares. *Agrarian Academy* [Online] 5. Disponível em: [https://doi.org/10.18677/agrarian\\_academy\\_2018a5](https://doi.org/10.18677/agrarian_academy_2018a5). Acesso em: 27 dez. 2022.
- Maniçoba, R. M., Espínola Sobrinho, J., Zonta, J. H., Cavalcante Júnior, E. G., Oliveira, A. K. S. de, Freitas, I. A. da S., 2021. Resposta do algodoeiro à supressão hídrica em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro. *IRRIGA* [Online] 26. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n1p123-133>. Acesso em 16 jan. 2023.
- Marques, O. C., Gomes, L. S. P., Mourthé, M. H. F., Braz, T. G. S., Pires Neto, O. S. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. *Caderno de Ciências Agrárias* 9, 75-93.
- Matos, L.V., Donato, S. L. R., Silva, B. L., Kondo, M. K., Lani, J. L., 2020. Structural characteristics and yield of ‘Gigante’ cactus pear in agroecosystems in semiarid of Bahia. *Revista Caatinga* [Online] 33. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n426rc>. Acesso em: 03 set. 2023.
- Matos, L.V., Donato, S. L. R., Kondo, M. K., Lani, J. L., 2021a. Sistemas tradicionais de produção de palma forrageira ‘Gigante’ em agroecossistemas do semiárido baiano. *Revista Brasileira de Geografia Física* 14, 554-590.
- Matos, L.V., Donato, S. L. R.; Kondo, M. K., Lani, J. L., Aspiazú, I., 2021b. Soil attributes and the quality and yield of ‘Gigante’ cactus pear in agroecosystems of the semiarid region of Bahia. *Journal of Arid Environments* [Online] 185. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104325>. Acesso em: 04 set. 2023.
- Menezes, R. S. C., Sampaio, E. V. S. B., Salcedo, I. H., Souza, F. J., 2005. Produtividade de palma em propriedades rurais, in: Menezes, R. S. C., Simões, D. A., Sampaio, E. V. S. B. (Eds.), *A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso*. Editora Universitária da UFPE, Recife, pp. 129-142.
- Mondragón-Jacobo, C., Perez-Gonzalez, S., 2002. Genetic resources and breeding cactus pear (*Opuntia* spp.) for fodder production. *Acta Horticulturae* [Online] 581. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.581.5>. Acesso em: 15 jan. 2023.
- Nobel, P. S., 2001. Biologia ambiental, in: Barbera, G., Inglese, P., Pimienta Barros, E. (Eds.). *Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira*. SEBRAE-PB/FAO, Paraíba, pp. 36-48.
- Nunes, J. S. L., Silva, T. G. F. da., Souza, L. S. B., Jardim, A. M. R. F., Alves, H. K. M. N., Cruz Neto, J. F., Leite, R. M. C., Pinheiro, A. G., 2020. Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. *Agrometeoros* [Online] 27. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v27i2.26449>. Acesso em: 06 set. 2023.
- Padilha Júnior, M. C., Donato, S. L. R., Silva, J. A., Donato, P. E. R., Souza, E. S., 2016. Características morfométricas e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes adubações e configurações de plantio. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* [Online] 11. Disponível em: <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i1.3710>. Acesso em: 23 jan. 2023.
- Padilha Júnior, M. C., Donato, S. L. R., Donato, P. E. R., Silva, J. A. da., 2020. Attributes of the soil with cactus pear under organic fertilization, different spacing and sampling times. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*

- [Online] 24. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n7p444-450>. Acesso em: 04 set. 2023.
- Peixoto, M. J. A., Carneiro, M. S. de S., Amorim, D. S., Edvan, R. L., Pereira, E. S., Costa, M. R. G. F., 2018. Características agronômicas e composição química da palma forrageira em função de diferentes sistemas de plantio. *Archivos de Zootecnia* [Online] 67. Disponível em: <https://doi.org/10.21071/az.v67i257.3489>. Acesso em: 29 jan. 2023.
- Pereira, P. D. C., Silva, T. G. F. D., Zolnier, S., Morais, J. E. F. D., Santos, D. C. D., 2015. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. *Revista Caatinga* [Online] 28. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n321rc>. Acesso em: 02 fev. 2023.
- Pereira, J. de S., Figueirêdo, P. I. de., Anjos, J. S. dos., Campos, F. S., Araújo, G. G. L. de., Voltolini, T. V., 2022. Forage yield and structural responses of spineless cactus ‘Orelha de Elefante Mexicana’ at different planting densities. *Acta Scientiarum Agronomy* [Online] 44. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v44i1.53016>. Acesso em: 02 fev. 2023.
- Ramos, J. P. de F., Macêdo, A. J. da S., Santos, E. M., Edvan, R. L., Sousa, W. H. de., Perazzo, A. F., Silva, A. S., Cartaxo, F. Q., 2021. Forage yield and morphological traits of cactus pear genotypes. *Acta Scientiarum Agronomy* [Online] 43. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.51214>. Acesso em: 05 fev. 2023.
- Rocha, R., Voltolini, T., Gava, C., 2017. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. *Archivos de Zootecnia* [Online] 66. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49553112007>. Acesso em 05 fev. 2023.
- Sá, M. K. N., Andrade, A. P. De., Magalhães, A. L. R., Valença, R. De L., Campos, F. S., Araújo, F. Dos S., Araújo, G. G. L. de., 2021. Silagem de palma forrageira com *Gliricidia Sepium*: alternativa alimentar para o Semiárido. *Research, Society and Development* [Online] 10. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12473>. Acesso em: 04 set. 2023.
- Santana, M. A., de Souza, V. A. P., Serpa, M. F. P., Ledo, A. A., De Menezes, A. S., 2021. Efeito de doses de adubação orgânica na produção de palma forrageira. *Nativa* [Online] 9. Disponível em: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i2.10655>. Acesso em: 08 fev. 2023.
- Scalisi, A., Morandi, B., Inglese, P., Bianco, R. L., 2016. Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. *Environmental and Experimental Botany* [Online] 122, 158-167. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.10.003>. Acesso em: 29 dez. 2022
- Silva, L. M. D., Fagundes, J. L., Viegas, P. A. A., Muniz, E. N., Rangel, J. H. D. A., Moreira, A. L., Backes, A. A., 2014. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. *Ciência Rural* [Online] 44, 2064-2071. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131305>. Acesso em: 19 fev. 2023.
- Silva, P., Matos, R., Borges, V., Júnior, A. M., Neto, J. D., 2015. Características morfológicas de três cultivares de palma forrageira sob fertilização mineral em Campina Grande–PB. *Enciclopédia Biosfera* [Online] 11, 387-397. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1759/1683>. Acesso em: 17 fev. 2023
- Silva, T. G. F. da., Araújo Primo, J. T. A., Morais, J. E. F. de., Diniz, W. J. S., Souza, C. A. A., Silva, M. C., 2015. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. *Revista Caatinga* [Online] 28, 10-18. Disponível em: [https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/download/3630/pdf\\_241](https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/download/3630/pdf_241). Acesso em: 15 jan. 2023
- Silva, J. A., Donato, S. L., Donato, P. E., Souza, E. D. S., Padilha Júnior, M. C., Júnior, S., 2016a. Yield and vegetative growth of cactus pear at different spacings and under chemical fertilizations. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [Online] 20. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n6p564-569>. Acesso em: 21 jan. 2023
- Silva, J. A. da., Donato, S. L. R., Donato, P. E. R., Souza, E. Dos S., Padilha Júnior, M. C., Silva Júnior, A. A., 2016b. Extraction/export of nutrients in *Opuntia ficus-indica* under different spacings and chemical fertilizers. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [Online] 20. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n3p236-242>. Acesso em 03 set. 2023
- Silva, E. T. dos S., Melo, A. A. S., Ferreira, M. A., Oliveira, J. C. V., Santos, D. C., Silva, R. C.,

- Inácio, J. G., 2017. Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear stored for different periods. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* [Online] 52. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000900008>. Acesso em 02 set. 2023.
- Silva, J. A., Donato, S. L. R., Donato, P. E. R., Rodrigues, M. G. V., 2017. Cultivares e manejo da palma forrageira. *Informe Agropecuário* 38, 34-45.
- Soares, F. M. F., de Albuquerque, A. L. S., Silva, W. R. T., 2021. Avaliação do crescimento vegetativo de palma forrageira no Semiárido Alagoano. *Diversitas Journal* [Online] 6. Disponível em: [10.17648/diversitas-journal-v6i1-1702](https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v6i1-1702). Acesso em: 19 fev. 2023.
- Souza, J. T. A., Ribeiro, J. E. da S., Ramos, J. P. F., Sousa, W. H., Araújo, J. S., Lima, G. F. C., Dias, J. A., 2019. Rendimento quântico e eficiência de uso da água de genótipos de palma forrageira no Semiárido brasileiro. *Archivos de Zootecnia* [Online] 68. Disponível em: <https://doi.org/10.21071/az.v68i262.4146>. Acesso em: 03 set. 2023.
- Souza, J. A. A., Santos, D. B. dos., Donato, S. L. R., Aspiazu, I., 2023. Water footprint of 'Gigante' cactus pear with deficit irrigation using wastewater and blue water plus cattle manure. *Concilium* [Online] 23. Disponível em: <https://doi.org/10.53660/CLM-1026-23C41>. Acesso em: 04 set. 2023.
- Teixeira, M.B., Donato, S. L. R., Silva, J. A. da., Donato, P. E. R., 2019. Establishment of DRIS norms for cactus pear grown under organic fertilization in semiarid conditions. *Revista Caatinga* [Online] 32. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n411rc>. Acesso em 03 set. 2023.
- Teixeira, M.B., Donato, S. L. R.; Silva, J. A. da., Donato, P. E. R., 2021. Reference values for nutritional diagnosis of 'Gigante' cactus pear by DRIS and BIK methods. *Ciência e Agrotecnologia* [Online] 45. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145010721>. Acesso em: 03 set. 2023.
- Uschner, D., Schindler, D. R., Hilgers, D., Heussen, N., 2018. randomizeR: An R Package for the Assessment and Implementation of Randomization in Clinical Trials. *Journal of Statistical Software* [Online] 85. Disponível em: <https://doi.org/10.18637/jss.v085.i08>. Acesso em: 04 set. 2023.
- Veimrober Júnior, L. A. A., Silva, N. D. da, Silva, A. J. P. da., Santos, D. B. dos., Gheyi, H. R., Nascimento, F. A. L. do. Zoneamento agroclimático da palma forrageira para o Estado da Bahia., 2019. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* [Online] 13. Disponível em: <https://doi.org/10.7127/rbai.v13n4001087>. Acesso em: 04 set. 2023.
- Xavier, M. A., Batista, M. C. Santos, J. P. de O., Silva, J. C. L. da., Cartaxo, P. H. A., Regis, R. S., Pereira, D. D., 2020. Caracterização biométrica de cladódios de *Opuntia stricta* submetida a lâminas de irrigação e adubação orgânica no Semiárido paraibano. *Revista Agrarian* [Online] 13. Disponível em: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v13i47.9206>. Acesso em: 05 set. 2023.