



**Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Pós - Graduação em Engenharia Agrícola
Área de Concentração em Irrigação e Drenagem**



DISSERTAÇÃO

FERTIRRIGAÇÃO NITROGÊNADA DE PALMA FORRAGEIRA RESISTENTE A COCHONILHA DO CARMIN

Campina Grande – PB
Fevereiro de 2018

Vitória Ediclécia Borges
Engenheira Agrícola

FERTIRRIGAÇÃO NITROGÊNADA DE PALMA FORRAGEIRA
RESISTENTE A COCHONILHA DO CARMIN

Orientador:
Profº. Dr. José Dantas Neto- UFCG

Co-orientador:
Profª. Dra. Maria S. S. de Farias - UFCG

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - PB, em Cumprimento às exigências ao título de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Campina Grande – PB
Fevereiro de 2018

- B732f Borges, Vitória Ediclécia.
Fertirrigação nitrogenada de palma forrageira resistente à cochonilha do carmin / Vitória Ediclécia Borges. – Campina Grande, 2018.
57 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.
"Orientação: Prof. Dr. José Dantas Neto, Profa. Dra. Maria S. S. de Farias".
Referências.
1. Fertirrigação Nitrogenada. 2. Fertilização Mineral. 3. Palma Forrageira - Fertirrigação Nitrogenada. 4. *Opuntia ficus-indica* (L.).
I. Dantas Neto, José. II. Farias, Maria S. S. de. III. Título.

CDU 631.67'84(043)

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior.

Aos meus orientadores, Dra. Patrícia Ferreira da Silva, Prof^a. Dra. Maria Sallydelândia S. de Farias e Prof. Dr. José Dantas Neto, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos, meu muito obrigada.

Aos meus pais e irmãos, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A meu companheiro de vida, Thiago Galvão, pelo amor e atenção a cada dia dessa jornada e acreditando mais em mim do que eu mesma. Obrigada, amor!

Aqueles que estiveram presente na pesquisa, o amigo Rigoberto, Antônio e Francielio, minha gratidão.

Ao quarteto mais lindo e amado da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, meu amor a vocês.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muitíssimo obrigada.

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

VITÓRIA EDICLÉCIA BORGES

“FERTIRRIGAÇÃO NITROGÊNADA DE PALMA FORRAGEIRA
RESISTENTE A COCHONILHA DO CARMIN”

APROVADA EM 27 DE FEVEREIRO DE 2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Dantas Neto – UAEE/CTR/UFMG

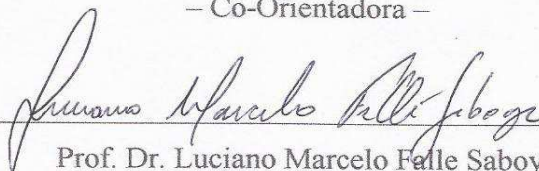
– Orientador –



Profª. Dra. Maria Sallydelândia Sobral de Farias

– UAEE/CTR/UFMG –

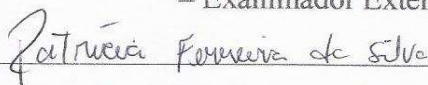
– Co-Orientadora –



Prof. Dr. Luciano Marcelo Falle Saboya

– UAEE/CTR/UFMG –

– Examinador Externo –



Dra. Patrícia Ferreira da Silva – PNPD/CAPE

– Examinadora Externa –

Av. Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário.
58429-140 – Campina Grande – PB
Fone: (83) 2101.1055. Fax: (83) 2101.1185
<http://www.deag.ufcg.edu.br/copeag>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo Geral	14
2.2. Objetivos Específicos	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1. Cultivares	14
3.2. Características Agronômicas e Climáticas da Palma Forrageira	15
3.3. Utilização da Palma Forrageira	18
3.4. Adubação e Extração Mineral da Palma Forrageira	18
3.5. Qualidade de Água	19
3.6. Importância da Irrigação	20
3.7. Fertirrigação	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Localização da área experimental	22
4.3. Delineamento experimental	25
4.5. Características do sistema e manejo da irrigação	27
4.6.1. Análise de Crescimento	28
4.6.2. Análise da produtividade	29
4.6.4. Eficiência do Uso de Nitrogênio	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1.2. Comprimento dos Cladódios	31
5.1.3. Largura de Cladódios	33
5.1.4. Espessura de Cladódios	34
5.1.5. Número de Cladódios	35
5.1.6. Altura de Planta	37
5.1.7. Largura de planta	38

5.1.8.	Área de Cladódios	39
5.2.	Produtividade.....	40
5.3.	Extração de Nutrientes pela Palma forrageira.....	42
6.	CONCLUSÃO.....	47
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1- Cultivares mais plantadas no nordeste resistentes a cochonilha do carmim, orelha de elefante mexicana(a), baiana (b) e miúda (c) (fonte: acervo pessoal).	15
Figura 2 - Localização da área experimental.....	22
Figura 3 - Dados de temperatura, umidade relativa e precipitação da área experimental.	23
Figura 4 - Área experimental com vista para vegetal local. (fonte: acervo pessoal).....	24
Figura 5 - Croqui da área experimental condições de campo.	23
Figura 6 – Disposição no campo do sistema de irrigação por Microaspersão. (Fonte: Acervo pessoal).....	26
Figura 7 – Disposição no campo do sistema de irrigação por microaspersão. (fonte: acervo pessoal)	27
Figura 8 - Médias de comprimento de cladódios de três cultivares de palma forrageira após o primeiro ciclo de cultivo.	32
Figura 9 - Médias de largura de cladódios de três cultivares de palma forrageira após o primeiro ciclo de cultivo.	33
Figura 10 - Médias da espessura de cladódios de três cultivares de palma forrageira após o primeiro ciclo de cultivo.	34
Figura 11 - Número de cladódios de três cultivares de palma forrageira em função das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação após um ano de cultivo.....	35
Figura 12 - Médias altura de planta de três cultivares de palma forrageira após o primeiro ciclo de cultivo.	37
Figura 13 – Largura de plantas das três cultivares de palma forrageira em função das doses de nitrogênio aplicado via fertirrigação após o primeiro ciclo de cultivo.	38
Figura 14 - Média da área de cladódio de três cultivares de palma forrageira após o primeiro ciclo de cultivo.	39
Figura 15 – Médias da produtividade de três cultivares de palma forrageira após o primeiro ciclo de cultivo.	41
Figura 16 - Efeito das doses de nitrogênio aplicado via fertirrigação sob a produtividade de três cultivares de palma forrageira aos 360 dias após o plantio. .	42

Figura 17 - Eficiência do uso de nitrogênio para as três cultives de palma forrageira em função das doses aplicadas via fertirrigação (a) e em função do nitrogênio extraído (b).....	46
--	----

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização química do solo da área experimental nas profundidades de 0-20 e 20-40.....	24
Tabela 2 - Caracterização física-hídrico do solo da área experimental nas profundidades de 0-20 e 20-40, cujas, amostragens foram realizadas no início dos estudos.	24
Tabela 3 - Caracterização da água utilizada no experimento.	25
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para o (CC), (LC), (EC), (NC), (AP), (LP) e (AC) de palma forrageira com fertirrigação (F) e interação de f versus cultivar (C).	30
Tabela 5 - Resumo da análise de variância para a produtividade (P) em tha^{-1} de três cultivares de palma forrageira sob fertirrigação nitrogenada.	40
Tabela 6 - Teores médios dos macronutrientes nitrogênio (N), potássio (K), sódio (Na) e enxofre (S) determinados na matéria seca da palma forrageira após um ano de cultivo.....	43

RESUMO

O desempenho agronômico da palma forrageira é influenciado diretamente pelo manejo da irrigação assim como da adubação. Assim, objetivou-se com o presente estudo avaliar o desempenho agronômico e a extração de nutrientes em três cultivares de palma forrageira sob fertirrigação nitrogenada. O experimento foi conduzido em condições de campo no município de Santa Luzia-PB, na fazenda Poço Redondo, o delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 3, sendo o primeiro fator constituído por cinco níveis de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação (0; 150; 300; 450 e 600 kg ha⁻¹ de N), e o segundo fator três cultivares de palma forrageira as espécies *Opuntia fícus-indica* (L.) Mill.cv. “Orelha de Elefante”, e *Nopalea cochenillifera* (L.) “Miúda” e Baiana, com três repetições, totalizando 45 parcelas experimentais. 365 dias após o plantio foram analisados as variáveis de crescimento, produtividade, extração de nutrientes no tecido da planta e eficiência do uso do nitrogênio. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância, teste F, teste de Tukey e análise de regressão polinomial, onde foram testados os coeficientes dos modelos com base no quadrado médio do resíduo. As características agronômicas da palma forrageira e a extração de nutrientes difeririam entre as cultivares estudadas. As doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação influenciou de forma positiva o número de cladódios, a largura de plantas e a produtividade. A maior produtividade foi obtida para a cultivar Orelha de Elefante quando associado a dose máxima de 284 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicado via fertirrigação. Os nutrientes extraídos pelas plantas de palma forrageira apresentaram a seguinte ordem de grandeza de acúmulo em cladódios de palma forrageira: macronutrientes - potássio > nitrogênio > sódio > enxofre. A eficiência no uso de nitrogênio decresceu linearmente com o aumento da dose de nitrogênio aplicado via fertirrigação.

Palavras-chave: *Opuntia fícus - indica* (L.), microaspersão, fertilização mineral, produção.

ABSTRACT

The agronomic performance of forage palm is directly influenced by irrigation management as well as fertilization. Thus, the objective of this study was the agronomic performance and nutrient extraction in three forage palm cultivars under nitrogen fertirrigation. The experiment was carried out under field conditions in Santa Luzia-PB, at the Poço Redondo farm. The statistical design adopted was a randomized block design in a 5 x 3 factorial scheme, the first factor being five levels of nitrogen fertilization applied via fertigation (0, 150, 300, 450 and 600 kg ha⁻¹ of N), and the second factor three cultivars of forage palm species *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.cv. "Elephant Ear" and *Nopalea cochenillifera* (L.) "Miúda" and Baiana, with three replications, totaling 45 experimental plots. After 365 days after planting, the variables of growth, productivity, nutrient extraction in the plant tissue and nitrogen use efficiency were analyzed. The data were submitted to analysis of variance, F test, Tukey test and polynomial regression analysis, where the coefficients of the models will be tested based on the mean square of the residue. The agronomic characteristics of forage palm and nutrient extraction differed among cultivars studied. Nitrogen doses applied via fertigation positively influenced the number of cladodes, plant width and productivity. The highest productivity was obtained for the elephant ear cultivar when associated with a maximum dose of 284 kg ha⁻¹ of nitrogen applied via fertigation. The nutrients extracted by forage palm plants presented the following order of magnitude of accumulation in cladodes of forage palm: macronutrients - potassium> nitrogen> sodium> sulfur. The efficiency in the use of nitrogen decreased linearly with the increase of the dose of nitrogen applied via fertigation.

Keywords: *Opuntia ficus - indica* (L.), microaspersion, mineral fertilization, production.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, estima-se que existem, aproximadamente 600.000 mil ha cultivados com palma forrageira, correspondendo a uma produtividade estimada em 600 t de matéria verde por ha⁻¹ no primeiro ano de cultivo, quando em sistema de cultivo adensada e irrigado, o valor pago por raquete é em torno de R\$ 0,40 centavos (Sebrae - RN, 2010). No Nordeste, as áreas cultivadas com palma forrageira são destinadas a alimentação animal, entretanto, grandes são os esforços governamentais para diversificar o uso da cultura, para alimentação humana, recuperação de áreas degradadas, uso industrial, biocombustíveis, dentre outros (Dubeux Júnior et al., 2013).

Oliveira Junior et al. (2009) relatam em seus estudos, que no Brasil essencialmente, são mais cultivados os gêneros da palma forrageira *Opuntia* e *Nopalea*, sendo que a espécie *Opuntia ficus-indica*, com as cultivares Gigante e Redonda, destaca-se no semiárido paraibano, seguida da espécie *Nopalea cochenillifera*, com as cultivares Miúda ou doce e a cultivar IPA- Sertânia ou Baiana, como são conhecidas popularmente.

Nas regiões áridas e semiáridas a má distribuição e irregularidade das chuvas, responsáveis por estiagens prolongadas, prejudicam a produção de alimentos para os rebanhos, o que requer a utilização de espécies vegetais que apresentem características de alta adaptabilidade as condições hídricas adversas (Almeida et al., 2012). E a palma forrageira, por ser uma cactácea e possuir o Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM), vem demonstrando a sua alta eficiência hídrica, tornando-se uma ótima opção de aumento da produtividade nessas regiões, apresentando tolerância a períodos longos de estiagem e alta eficiência no uso de água (Silva et al., 2015).

É importante destacar que, devido aos custos de implantação, a longevidade de campos cultivados com palma torna-se um ponto da maior relevância, pois a manutenção da produtividade do palmal ao longo dos anos elimina a necessidade de renovação do mesmo, o que permitiria ao produtor reduzir gastos com preparo do solo, adubação e compra das raquetes para um novo plantio (Farias et al., 2005).

Segundo Frota et al. (2014), a produtividade da palma é influenciada por vários fatores, dentre eles se destacam a densidade de plantio, adubação, irrigação, umidade relativa e temperatura. Desta forma, é sabido que, os solos do Nordeste brasileiro são pobres em matéria orgânica, assim como no fornecimento de nutrientes minerais as plantas de forma a atender a marcha de absorção da cultura, logo se destaca como um fator de grande importância para o cultivo da palma forrageira, os fornecimentos de nutrientes, necessários para a melhoria dos atributos físicos e químicos do solo, consequentemente, aumentando a produtividade da cultura.

A inserção de fontes externas de nutrientes minerais, em especial o nitrogênio é imprescindível para a elevação da produção de biomassa da palma forrageira, de modo a possibilitar reflexos positivos no desenvolvimento produtivo. No entanto, ainda são escassos os resultados de pesquisas que demonstram a resposta agrônômica da palma forrageira (Cunha et. al., 2012).

A aplicação de nutrientes minerais pelo método de fertirrigação reduz as perdas de nutrientes por lixiviação, escoamento superficial, a possibilidade de parcelamento das adubações, aumentando a eficiência na utilização pelas plantas, além da redução do custo de mão-de-obra, pois os nutrientes são fornecidos no momento e em quantidades adequadas para as plantas de forma a atender a marcha de absorção pelas culturas (Andrade Junior et al., 2006).

O fornecimento nutricional de nitrogênio via fertirrigação em palma forrageira tem relevada importância, pois poderá auxiliar os produtores no manejo adequado das adubações a cultura, atendendo a marcha de absorção da cultura, fornecendo o nutriente mineral de acordo com as fases de maior exigência.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o desempenho agrônômico e a extração de nutrientes em três cultivares de palma forrageira sob fertirrigação nitrogenada.

2.2. Objetivos Específicos

Analisar as variáveis de crescimento, número, comprimento, largura e espessura de cladódios, área de cladódio, altura e largura de planta de palma forrageira sob diferentes doses de adubação nitrogenada via água de irrigação;

Determinar a dose de adubação nitrogenada aplicada, via fertirrigação em sistema de irrigação por microaspersão que proporcione maior produtividade de palma forrageira no semiárido paraibano.

Determinar a ordem de extração nutricional pelas três cultivares de palma forrageira sob fertirrigação.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cultivares

A região Nordeste do Brasil possui a maior área de cultivo da Palma forrageira do mundo, estimada em 600.000 mil ha com o predomínio das cultivares Gigante, Redonda, clone IPA-20 (*Opuntia ficus-indica* Mill.) e miúda (*Nopalea cochenilifera* Salm Dick) (Santos, 2012).

As cultivares mais utilizadas na região semiárida são: Palma Orelha de Elefante Mexicana ou Palmeira – PB3 (*Opuntia tuna* L. Mill), apresenta crescimento horizontal, rica em matéria seca, possui muitos pelos, sendo resistente a cochonilha do carmim. A Palma IPA – Sertânia ou Baiana ou Palmeira – PB1 (*Nopalea cochenillifera* Salm – Dyck) que possui crescimento vertical, boa produtividade, é palatável aos animais, rica

em carboidratos e pouca resistência à seca quando comparada a palma gigante, resistente a cochonilha do carmim. A Palma Miúda ou Doce ou Palmepa – PB4 (*Nopalea cochenillifera* Salm – Dyck), tendo como principal característica a forma de crescimento vertical, baixa resistência a seca, resistência a cochonilha do carmim, além de ser rica em carboidratos e mais produtiva quanto a matéria seca (Figura 1) (Senar, 2013).

A cultivar Gigante é a mais cultivada e apresenta maior rusticidade, tolerância às secas intensas e a infestações da cochonilha do carmim (*Diaspis echinocacti* Bouché) (Santos *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2010). Já a cultivar miúda apresenta maior resistência à cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) (Vasconcelos *et al.*, 2009) e maior produção de matéria seca (MS) se comparada as cultivares Gigante e Redonda, apesar da menor produção de matéria verde e resistência à déficits hídricos mais severos.

Entre as cultivares resistentes à cochonilha do carmim, a palma orelha de elefante mexicana tem se destacado como uma das mais produtivas no estado de Pernambuco. O uso de variedades resistentes a cochonilha do carmim tem recebido atenção especial e, neste sentido, o IPA e a UFRPE selecionaram clones resistentes a cochonilha do carmim (Santos *et al.*, 2006b; Vasconcelos *et al.*, 2009), das quais tem se destacado o clone Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia* spp.) (Santos *et al.*, 2011).

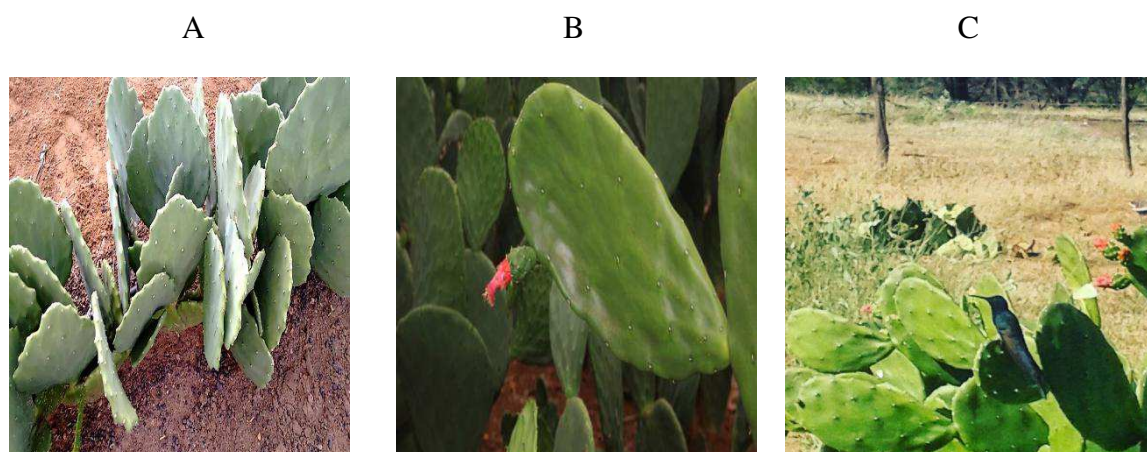


Figura 1- Cultivares mais plantadas no nordeste resistentes a cochonilha do carmim, Orelha de Elefante (A), Baiana (B) e Miúda (C) (Fonte: acervo pessoal).

3.2. Características Agronômicas e Climáticas da Palma Forrageira

A palma é uma forrageira bem adaptada às condições do semiárido, suportando grande período de estiagem devido às propriedades fisiológicas, caracterizadas por um processo fotossintético que resulta em grande economia de água. Contudo, o bom rendimento dessa cultura está climaticamente relacionado a áreas com 400 a 800mm anuais de chuva, umidade relativa acima de 40% e temperatura diurna/noturna de 25 a 15°C (Viana, 1969; Nobel, 1995). Vale ressaltar que umidade relativa baixa e temperaturas noturnas elevadas encontradas em algumas regiões do semiárido, podem justificar as menores produtividades ou até a morte da palma.

As plantas que assimilam o CO₂ através do sistema metabolismo ácido das crassuláceas CAM, desenvolveram o mecanismo de fechar os estômatos durante o dia, o que evita a perda excessiva de água pelo processo de transpiração e assim, mantêm a hidratação dos tecidos, como é o caso da palma forrageira (Taiz & Zeiger, 2013). Este mecanismo fotossintético diferenciado, foi decisivo para a adaptação desta cactácea às condições semiáridas, caracterizada pela alta eficiência no uso da água, na faixa de 100 a 150 kg de água por kg de MS, o que a torna seis vezes mais eficiente que as leguminosas e quase três vezes mais eficientes que as gramíneas (Felker et al., 2011).

Já Sampaio (2005), relatou que a palma forrageira possui eficiência de uso da água de, aproximadamente, 50:1, ou seja, 50 kg de água para cada 1 kg de MS formada, enquanto as plantas C3 e C4 apresentam eficiências por volta de 1.000:1 e 500:1, respectivamente.

As cactáceas constituem o exemplo mais perfeito de eficiência de adaptação e aproveitamento da água e energia em ambientes secos, reconhecido por servirem como reservatórios de água para o metabolismo durante os períodos de déficit hídrico (Hills, 1982).

Outra importante característica da palma forrageira, é a camada de cera que recobre os tecidos. Essa cera é um polímero complexo resultante da interação de ácidos graxos de cadeias longas, alcanos e alcoois alifáticos em presença de O₂ e está localizada externamente a cutícula. Juntamente com a cutina protegem as plantas contra o ataque de fungos, bactérias e insetos, como também auxilia contra a perda excessiva de água em ambientes quentes (Glória & Guerreiro, 2006).

Estudos realizados no México demonstraram que as condições climáticas podem interferir diretamente no desenvolvimento e produção da palma forrageira, uma vez que, existe correlação entre temperatura, absorção de nutrientes e produção de massa (Orona-Castillo et al., 2004). A realização do zoneamento agroclimático visa obter maiores

informações sobre a adaptabilidade das culturas selecionadas e, sobretudo, proporcionar maior retorno dos investimentos a médio e longo prazos para os produtores contribuindo, desta forma, para uma agricultura racional e sustentável (Possas et al., 2012). O zoneamento de aptidão climática é uma ferramenta de extrema importância e amplamente utilizada no planejamento do calendário agrícola, na definição das linhas de financiamento rural e na avaliação de impactos climáticos sobre o rendimento das culturas (Bezerra et. al., 2014)

Os autores constataram que 86% das localidades analisadas apresentaram-se na faixa ideal para desenvolvimento da palma forrageira, o que demonstrou a grande adaptação em diferentes condições edafoclimáticas, com maior potencial de produção onde as temperaturas médias variaram entre 16,1 a 25,4°C, com limites máximos entre 28,5 e 31,5°C e mínimos entre 8,6 a 20,4°C. Felker (2005) relatou que nas regiões de origem da palma forrageira as temperaturas variam entre 40,0 e -10°C.

A temperatura mais amena no período noturno auxilia no metabolismo CAM das plantas, favorecendo a absorção de CO², e para as cactáceas a variação de temperatura ideal é de 11 a 15°C (Nobel & Hartsock, 1984). Segundo esses autores, o mecanismo de absorção de CO₂ também pode ser afetado pelas altas temperaturas noturnas, uma vez que, essas plantas não realizam a abertura dos estômatos e a atividade das enzimas responsáveis pela fotossíntese é inibida e, conseqüentemente, apresenta restrição do cultivo da palma em algumas regiões. Em contrapartida, Souza *et al.*, (2008) afirmaram que a variação de temperatura ideal no México, África do Sul e Brasil foi de 10,0 a 17,2°C. Estudo realizado em casa de vegetação, verificou-se que houve a captação máxima de CO₂ pela palma forrageira nas temperaturas de 25°C durante o dia e 15°C a noite (Nobel e Hartsock, 1984).

Guerra et al. (2005) avaliaram 22 genótipos de palma forrageira, em diferentes municípios no Rio Grande do Norte, e concluíram que, a maior produtividade foi em regiões com temperatura noturna entre 19 a 21,5°C e precipitação média de 700 mm. Já nos municípios das regiões onde a temperatura noturna e precipitação, respectivamente, foram maiores e menores que os valores citados, houve redução da produtividade. Vale ressaltar que, apesar da precipitação média nas regiões onde a palma apresentou maior produtividade ser semelhante a exigência de outras culturas, tal como o milho, a mesma tem distribuição irregular ao longo do ano, o que poderia afetar o desenvolvimento destas cultivares.

3.3. Utilização da Palma Forrageira

Há indícios de que a palma forrageira é utilizada pelo homem mexicano desde o período pré-hispânico. A planta pode ser usada na alimentação humana e animal, como fonte de energia, na medicina, na indústria de cosméticos, na proteção e conservação do solo, biocombustíveis, entre outros usos (Sanglard & Melo, 2013).

A palma é uma alternativa eficaz para combater a fome e a desnutrição no semiárido nordestino por ser rica em vitaminas A, do complexo B e C, minerais, como cálcio, magnésio, sódio e potássio, e 17 tipos de aminoácidos. Seu uso na alimentação humana no Brasil, porém, esbarra no preconceito, visto que, tradicionalmente, a palma é usada como ração animal. A palma tem valor nutritivo maior que alimentos como a couve, a beterraba e a banana, com a vantagem de ser um produto mais econômico (Nunes, 2011).

Pode ser utilizada para a redução nos custos de produção de biocompostos (Santos et al., 2011). São desejáveis na biomassa para produção de etanol, características que facilitem a conversão de açúcares, assim como tolerância à seca, redução de exigências de fertilizante e maior teor de carboidratos (Wyman, 2007). A palma forrageira apresenta como principais atributos sua vasta disponibilidade, ausência de entressafra, além de ser uma cultura bastante difundida, altamente resistente à seca e de fácil plantio (Torres Neto, 2010), tornando-a, portanto, uma matéria-prima potencial para produção de bioetanol.

No amplo contexto da bioenergia, a produção de biocombustíveis líquidos a partir de biomassa tem sido considerada para atender particularmente às necessidades de transporte veicular. Para esses fins, ainda não existem outras alternativas renováveis, além dos biocombustíveis, com maturidade tecnológica e viabilidade econômica suficientes (Zhang & Smith, 2007).

3.4. Adubação e Extração Mineral da Palma Forrageira

A palma forrageira é uma planta que responde bem à adubação, sendo essa prática uma das formas de aumentar a produtividade dessa cultura devido às limitações de fertilidade natural da região semiárida. A palma forrageira possui alta capacidade produtiva e por isso, é capaz de retirar/extrair grandes quantidades de nutrientes do solo. Com relação ao valor nutricional, a palma é uma excelente fonte de energia, rica em carboidratos não fibrosos, 61,79% e nutrientes digestíveis totais, 62% (Costa et al., 2008). Ainda segundo os autores, apresenta baixos teores de fibra em detergente neutro,

em torno de 26% (FDN), necessitando sua associação a uma fonte de fibra que apresente alta efetividade, para que seja necessária a manutenção das condições normais do rúmen, a fim de prevenir desordens metabólicas.

O cultivo associado à adubação, considerando-se que a estrutura fundiária do Nordeste é formada, na sua maioria, por pequenas propriedades, são estratégias de manejo fundamentais para aumentar a eficiência de produção de forragem (Dubeux Júnior et al., 2010). A cultura absorve grandes quantidades de nutrientes do solo, o que foi verificado por Santos et al. (1990) ao analisarem a matéria seca e encontrar teores médios de N, P, K e Ca na ordem de 0,009; 0,016; 0,0258 e 0,0235 g kg⁻¹, respectivamente.

Normalmente, dietas compostas com palma apresentam elevado teor de matéria mineral devido à alta concentração de macroelementos minerais que a mesma contém (Melo et al., 2003). Considerando uma produtividade de 40 Mg ha⁻¹, a palma forrageira extrai cerca de 360 kg de N, 64 kg de P, 1.032 kg de K e 940 kg de Ca por hectare, a cada dois anos, sem considerar os outros macros e micronutrientes (Dubeux Júnior et al., 2010).

3.5. Qualidade de Água

A qualidade da água para irrigação nem sempre é definida com perfeição. Muitas vezes, refere-se à sua salinidade com relação à quantidade total de sólidos dissolvidos, expressa em miligramas por litro, partes por milhão ou por meio de sua condutividade elétrica. No entanto, para que se possa fazer correta interpretação da qualidade da água para irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação, os quais serão necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água (Bernardo et al., 2008).

Para Ayers & Westcot (1999), a agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água disponível, no entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização, esta situação está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que, tanto nos projetos novos como nos antigos que requerem águas adicionais, tem-se que recorrer às águas de qualidade inferior. Para evitar problemas consequentes,

deve existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível das águas, de acordo com a qualidade.

A qualidade da água de irrigação é tradicionalmente definida, principalmente, pela quantidade total de sais dissolvidos e sua composição iônica. Os principais sais dissolvidos na água de irrigação são os de sódio, cálcio e magnésio em forma de cloretos, sulfatos e bicarbonatos. Normalmente, o potássio e o carbonato estão presentes em proporções relativamente baixas (Silva et al., 2011). A adequabilidade da água para irrigação é uma contingência dos efeitos dos constituintes minerais da água, tanto sobre a planta como sobre o solo. Os sais podem prejudicar o crescimento das plantas fisicamente.

3.6. Importância da Irrigação

A água é fator de fundamental importância para produção de alimentos, sendo que a prática da irrigação, em muitas situações, é a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o caso do semiárido do Nordeste brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas, devido à taxa de evapotranspiração exceder a de precipitação durante a maior parte do ano (Feitosa et al., 2015).

A técnica da irrigação em agricultura com uso intensivo de tecnologia, como na palma forrageira, coloca o insumo água sob controle do agricultor, eliminando riscos de perdas de produção ocasionadas por estiagens e secas, além de favorecer uma maior produtividade pelo uso mais eficiente de insumos (Menezes & Souza, 2011). O semiárido brasileiro apresenta temperaturas médias elevadas e precipitações médias anuais de 300-700 mm, extremamente concentradas em alguns meses do ano. Nesse cenário, a produção de palma forrageira é uma das estratégias de apoio à convivência da pecuária regional com a seca (Silva et al., 2012).

A implantação bem-sucedida de um sistema de irrigação pode elevar, de forma substancial e estável, a produtividade da palma forrageira, com ganhos mais elevados para os produtores e contribuindo para a modernização mais rápida do meio rural no semiárido brasileiro (Silva, 2017).

Devido à sua alta resistência à seca, a palma forrageira nos países mediterrânicos é geralmente cultivada sem irrigação. No entanto, quando irrigada com baixo volume de água em cultivares de palmas sicilianas melhorou o rendimento e a qualidade. A

produção por planta em parcelas irrigadas foi duas vezes superior ao rendimento em parcelas não irrigadas (Silva et al., 2010).

3.7. Fertirrigação

A aplicação de fertilizantes através da água de irrigação é chamada de fertirrigação. Esta técnica proporciona a oferta de água e nutrientes de modo racional às plantas, aumentando a eficiência do uso dos fertilizantes, com melhoria na relação custo/ benefício das adubações, além de diminuir significativamente o impacto ambiental negativo causado pela perda, principalmente através da lixiviação, dos nutrientes (Martins et. al., 2014)

A fertirrigação está sendo praticada por muitos produtores em todo país, isso por que proporciona aumento na eficiência de absorção de nutrientes pela planta, tornando os nutrientes prontamente disponíveis na solução do solo e fácil de serem absorvidos, uma vez que, permite seu parcelamento de acordo com a marcha de absorção da cultura (Oliveira & Villas Bôas, 2008).

Além da água, o aspecto nutricional é fundamental para a expressão do potencial produtivo da planta. Os nutrientes são, em parte, supridos pela fertilidade natural do solo, mas precisam ser repostos por meio de adubações químicas e orgânicas (Menezes & Souza, 2011). Entre as vantagens da fertirrigação destacam-se: a) economia de fertilizantes, pela maior eficiência de aplicação; b) aplicação no momento em que a planta necessita, pela possibilidade de fracionamento dos fertilizantes; c) economia de maquinaria e mão-de-obra; d) redução da compactação do solo; e) distribuição uniforme dos fertilizantes; f) redução da contaminação de fontes de água potável, pela diminuição das quantidades de adubos aplicados e o aumento da eficiência de sua utilização; e g) menor risco para o operador (Embrapa 2000).

A fertirrigação pode elevar a produtividade das culturas, com lucros superiores para os produtores e contribuindo para a atualização mais rápida da zona rural no semiárido brasileiro. O manejo da irrigação nas culturas irrigadas tem como ponto chave decidir como, quanto e quando irrigar. A quantidade de água a ser aplicada é, normalmente, determinada pela necessidade hídrica da cultura (Dantas Neto & Fernandes, 2006).

É o melhor e mais eficiente método de adubação das culturas, pois combina a água e os nutrientes, que juntamente com a luz solar são os fatores mais importantes para o desenvolvimento e a produção das culturas. Uma boa combinação desses dois fatores determina o rendimento e a qualidade dos produtos colhidos (Trani et al., 2011).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo no município de Santa Luzia, microrregião do Seridó ocidental paraibano, latitude 06° 52' 27" S, longitude 36° 56' 00" WGr, e altitude de 299 m, na fazenda Poço Redondo (Figura 2). Situa-se na Mesorregião da Borborema e possui classificação climática Bsh, quente seco, semiárido.

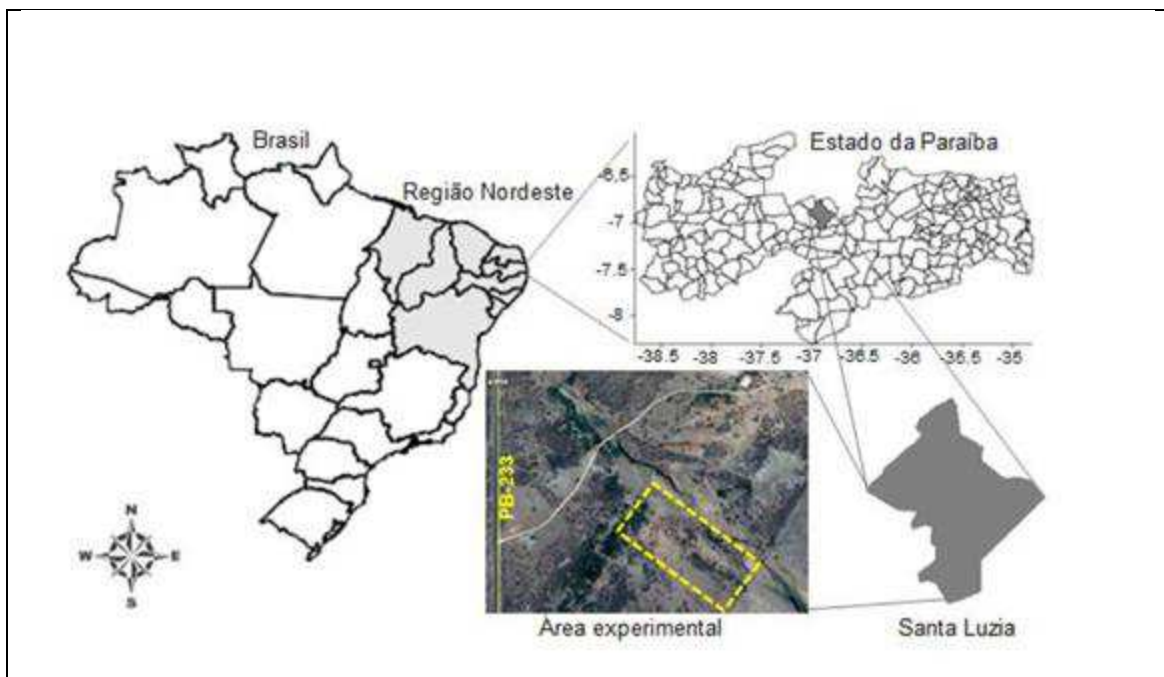


Figura 2 - Localização da área experimental.

Sua principal característica não é a ausência de chuvas, mas sua irregularidade (Rodrigues, 2002). A precipitação média em torno de 500 mm com maior concentração nos meses de janeiro a maio. A temperatura média é em torno de 33,5 °C com média máxima de 37,0 °C e mínima de 30,0 °C, e a umidade relativa variam de 50 a 70% (Figura 3).

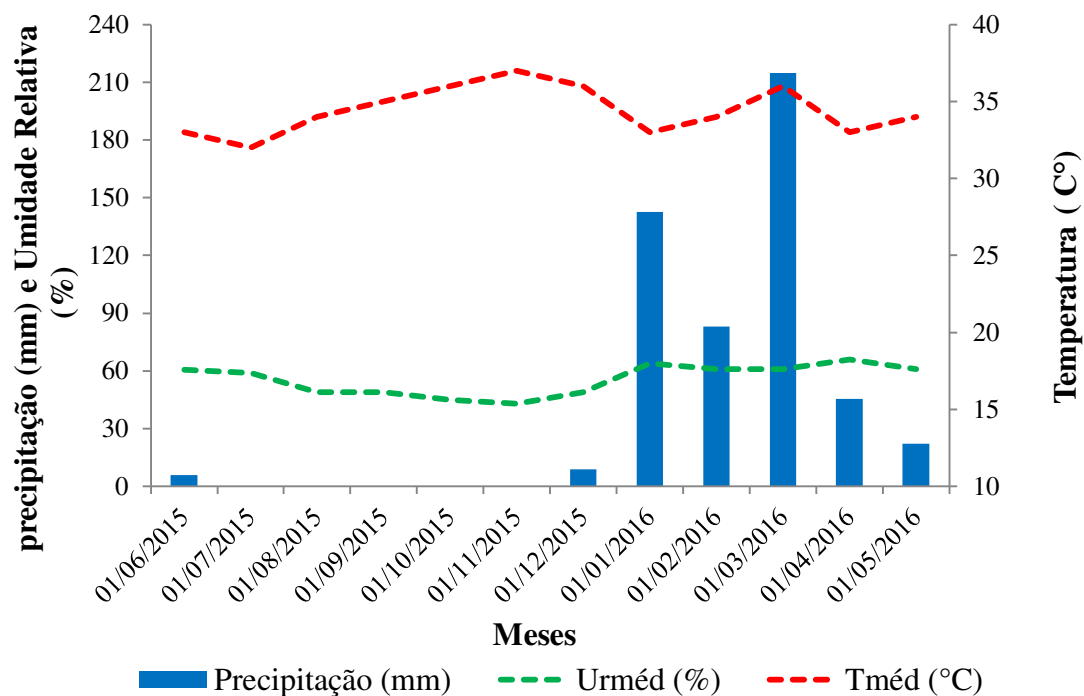


Figura 3 - Dados de temperatura, umidade relativa e precipitação da área experimental.

Segundo Rodrigues (2002), a vegetação predominante na área experimental é do tipo Caatinga-Seridó, vegetação subxerofila, decídua, cujos componentes em sua maioria são cactos e pequenas árvores ou arbustos, geralmente espinhosos (Figura 4). A água para a irrigação das plantas foi obtida de poço amazona, localizado a 80m de distância da área experimental.



Figura 4 - Área experimental com vista para vegetal local. (Fonte: Acervo pessoal)

4.2. Análises de solo e água

Foi coletada amostra de solo nas profundidades de 0 a 20 cm (Tabela 1). As amostras foram condicionadas em sacos plásticos devidamente identificadas e posteriormente encaminhadas para análise no Laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Com base nos resultados das análises granulométricas, físico hídricas e química o solo da área experimental encontram-se na Tabela 1 e 2. O solo da área experimental possui textura franco arenosa.

Tabela 1 - Caracterização química do solo da área experimental nas profundidades de 0-20 e 20-40.

Profundidade (cm)	pH H ₂ O	Complexo Sortivo											CTC
		MO	N	P	K	Ca	Mg	Na	H +	Al ³⁺	SB		
		%.....cmol _c dm ⁻³											
0 - 20	5,83	0,38	0,02	4,75	0,60	4,18	2,48	0,17	0,18	0,00	7,43	7,61	
20 - 40	6,15	0,22	0,01	4,78	0,63	4,65	2,86	0,51	0,15	0,00	8,65	8,80	
..... Estrato de saturação.....													
Profundidade (cm)	pH H ₂ O	Cl	CO3	HCO3	Ca	Mg	K	Na	CEes		RAS		
		cmol _c L ⁻¹								dS m ⁻¹			
		0 - 20	5,44	7,50	0,00	9,90	5,12	1,50	3,70	2,37			1,14
20 - 40	5,70	19,50	0,00	9,90	9,87	3,00	14,08	5,96	2,86	2,35			

Tabela 2 - Caracterização física-hídrico do solo da área experimental nas profundidades de 0-20 e 20-40, cujas, amostragens foram realizadas no início dos estudos.

Granulometria			Porosidade	Densidade do solo	Densidade de partículas	Umidade						Água Disponível
Areia	Silte	Argila				0,10	0,33	1,00	5,00	10,00	15,00	
..... %				 g cm ⁻³		 %						
74,83	17,28	7,89	44,23	1,47	1,39	18,56	12,10	9,34	5,15	4,88	4,44	7,66
67,71	18,30	13,99	46,48	1,39	2,60	20,14	14,79	10,28	6,29	6,01	5,39	9,40

Com base nos resultados expostos na Tabela 1, percebe-se que, com exceção dos teores de Al³⁺ que foram nulos e da matéria orgânica, que apresentou teores baixos, os demais elementos determinados nas análises de solo apresentaram concentração adequada para o cultivo.

Todas as parcelas dos tratamentos foram adubadas com Fósforo fonte MAP e Potássio fonte cloreto de potássio, segundo recomendações de Santos et al., (2006), conforme o resultado da análise de solo e adubação orgânica com esterco bovino, com cerca de 1,0 kg por metro linear.

As coletas de água para caracterização dos parâmetros: pH, Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{--} , Cl, sulfatos e RAS, CEa, as análises e classificação da água foram realizadas no laboratório de Irrigação e Salinidade – LIS, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG (Tabela 3).

Tabela 3 - Caracterização da água utilizada no experimento.

Amostra	 Análise da água											Classe da água
	pH	Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	Sulfatos	RAS	CEa	
		Meq L ⁻¹								dS m ⁻¹		
1	7,48	2,21	2,98	8,44	0,56	0,64	3,25	11,47	Presença	5,31	1,37	C ₃ S ₄

4.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3, os fatores foram constituídos de três cultivares de palma forrageira; orelha de elefante, miúda e baiana, e cinco níveis de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação (0; 150; 300; 450 e 600 kg ha⁻¹ de N), a fonte de nitrogênio utilizado foi a ureia, com três repetições, totalizando 45 unidades experimentais (Figura 5).

As parcelas experimentais foram constituídas de uma fileira dupla de plantas com espaçamento de 0,4 m entre linhas; 2,0 m entre fileiras duplas e 0,25 m entre plantas com 5 m de comprimento com 1m de bordadura. A fonte de Nitrogênio utilizada foi à ureia parcelada a cada mês, aplicada via fertirrigação. A aplicação dos tratamentos iniciou-se com 2 meses após o plantio. Onde N0 corresponde a 0; N1 a 333,33; N2 a 666,66; N3 a 1000 e N4 a 1333,33 kg de ureia por hectare, respectivamente.

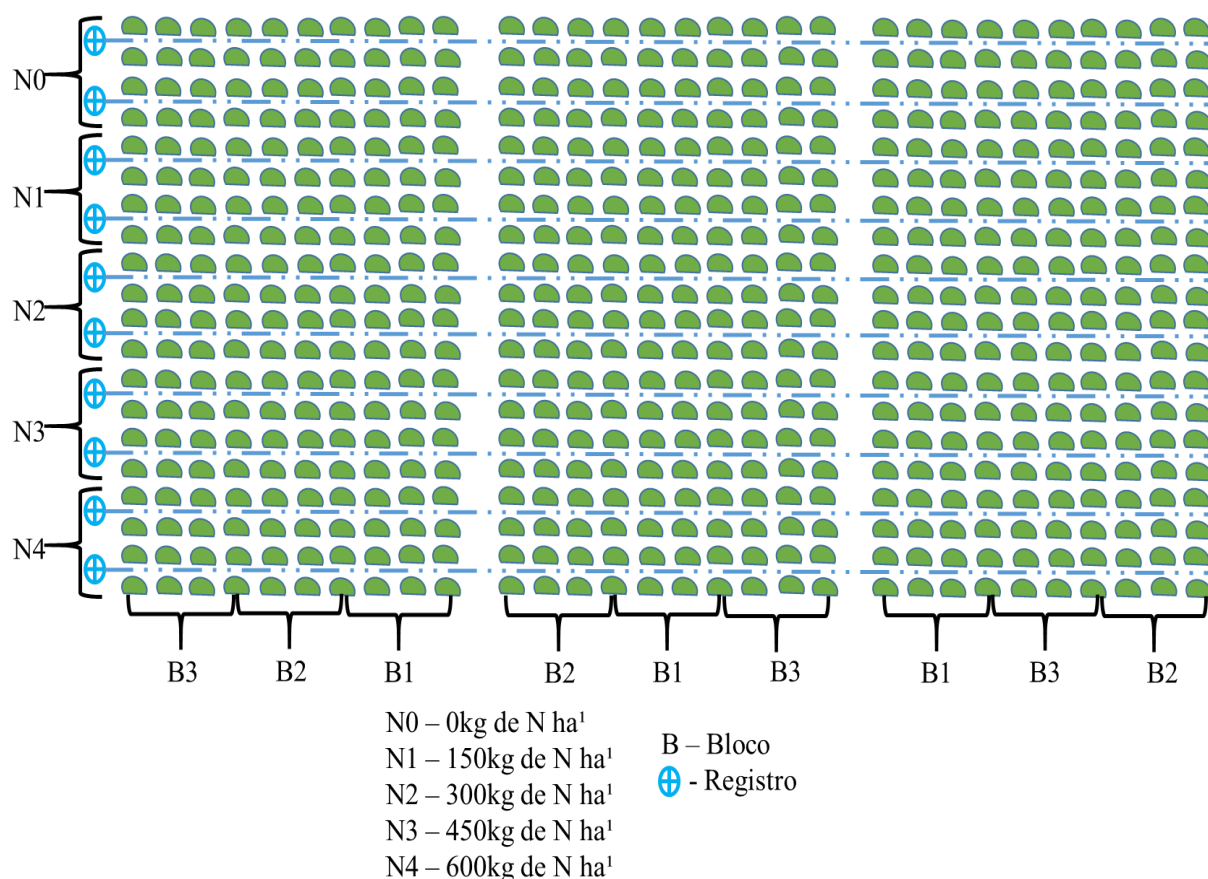


Figura 5 - Croqui da área experimental condições de campo. B1 = Miúda, B2 = Baiana e B3 = Orelha de Elefante.

4.4. Manejo da cultura

As raquetes foram provenientes do município de Santarém – PB em parceria com o Instituto Nacional do Semiárido (INSA). O plantio das raquetes foi em sulco com alinhamento bilateral de raquetes (Dominó), sendo utilizadas raquetes isentas de infestações com pragas e doenças, entre elas, a cochonilha-de-escamas. Essas raquetes passaram pelo período de cura à sombra, quando o cladódio/raquete perde parte da umidade e ocorrendo a cicatrização das lesões provocadas pela operação de corte no campo.

O período de cura foi de sete dias, onde ocorreu a perda da turgidez, ficando macia à compressão com os dedos e as lesões dos cortes onde obteve a cicatrização. As raquetes foram dispostas nos sulcos de frente para o sol e enterradas 50% com inclinação de 45° (Suassuna, 1993). O plantio foi efetuado no dia 29 de maio de 2015.

4.5. Características do sistema e manejo da irrigação

O sistema de pressurização utilizado no experimento foi composto por moto bomba centrífuga de 3 CV. O funcionamento da bomba quanto ao horário de início e término de cada ciclo de aplicação, era realizada manualmente, obedecendo ao tempo necessário para aplicação da lâmina de irrigação. Para evitar a entrada de partículas em suspensão no sistema com tamanho superior ao diâmetro dos emissores, utilizou-se um filtro de disco de 2", as linhas laterais de irrigação foram de 65 m comprimento, equipado com manômetros do tipo Bourdon testados e aferidos antes das irrigações. Foi instalado um hidrômetro no início da área experimental para contabilização da quantidade de água aplicada durante a condução do experimento.

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo microaspersão com as seguintes características técnicas dos emissores: vazão de 29, 0 Lh⁻¹; pressão de 1,5 bar com diâmetro molhado de 5,0 m; espaçamento entre linha de microaspersor e entre microaspersores de 2,5 m, com a eficiência de aplicação do sistema de 0,92 (Figura 7). As irrigações realizadas aplicadas duas vezes por semana com base na evapotranspiração de referência em 100% da ET₀.



Figura 6 – Disposição no campo do sistema de irrigação por Microaspersão. (Fonte: Acervo pessoal)

A lâmina bruta de irrigação aplicada levava em consideração a eficiência do sistema de irrigação, equação 01.

$$LB = \left(\frac{ET_0 * LAP}{Ea} \right) - P \quad \text{Eq. 01}$$

Em que:

LB - Lâmina bruta a ser aplicada para 100%;

ET₀ - evapotranspiração de referência, mm;

LAP - Fração da lâmina aplicada para 100%;

P - Precipitação no período, mm;

Ea - Eficiência de Aplicação do sistema de irrigação, decimal.

O tempo de irrigação necessário para aplicar a lâmina em cada tratamento foi determinado por meio da Equação 02 (Mantovani et al., 2012).

$$Ti = \frac{LB}{Ia} \quad \text{Eq. 02}$$

Em que:

Ti - tempo de irrigação, em h;

LB - Lâmina bruta, em mm; e

Ia - intensidade de aplicação do sistema de irrigação, em mm h⁻¹.

4.6. Variáveis Analisadas

4.6.1. Análise de Crescimento

Na avaliação de crescimento vegetativo da palma forrageira, foram observados aspectos morfológicos dos cladódios e das plantas. As características analisadas nos cladódios foram: largura, comprimento e espessura de cada cladódio, determinados com o auxílio de uma fita métrica e paquímetro; número de cladódios total através de contagem direta na planta, foram avaliadas a altura e a largura de cada planta, considerando-se desde o solo à extremidade mais alta do artigo, com auxílio de fita métrica; a área do cladódio foi determinada com base na Equação 03.

$$AC = CC * LC * F \quad \text{Eq. 03}$$

Em que:

AC - área de cladódio, em cm²;

CC - comprimento do cladódio, em cm;

LC - largura do cladódio, em cm;

F= fator de correção em função do cladódio, para Orelha de Elefante 0,7; Baiana 0,8 e Miúda 0,79 (Bonou et al., 2017).

4.6.2. Análise da produtividade

A produtividade da palma forrageira foi determinada, diretamente em campo, no primeiro ano após o plantio. Para o procedimento, foram colhidas em cada tratamento, as plantas dispostas nas áreas úteis das parcelas. O corte das plantas foi realizado na primeira inserção, deixando apenas a planta mãe. Em seguida, procedeu-se a pesagem, em balança de precisão, de todos os cladódios colhidos, separando-os por parcela e por tratamento. A produtividade foi determinada em massa verde para um hectare de cultivo em t ha⁻¹.

4.6.3. Análises de Extração de Nutrientes

Para determinação da extração de nutrientes no tecido da planta, coletou uma amostra composta em cada tratamento, imediatamente após a colheita procedeu-se a secagem em estufa a 60 °C, e posteriormente, feito o peso seco em balança digital em (g) deixando todas as amostras compostas com aproximadamente 200g e acomodadas em recipiente hermeticamente fechado, na sequência encaminhadas ao laboratório de solos e nutrição mineral de plantas, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba- UFPB- Areia. Determinaram-se os teores de nitrogênio (N), potássio (K), enxofre (S) e sódio (Na) expressos em g kg⁻¹, com base na metodologia proposta por Malavolta et al.(1980), N, digestão sulfúrica com o método Kjeldahl; K, S e Na, digestão nítrico-perclórica.

4.6.4. Eficiência do Uso de Nitrogênio

Foi avaliado a eficiência de uso de nitrogênio (EUN) segundo metodologia de Moll et al. (1982) obtida pela Equação 04.

$$EUN = \frac{Gw}{Ns} \quad \text{Eq. 04}$$

Em que:

Gw é a massa da planta;

Ns é a massa de N aplicado no solo.

4.6.5. Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos as análises de variância simples, teste F, teste de Tukey para fatores qualitativos e análise de regressão polinomial, fatores quantitativos, onde se testou os coeficientes dos modelos com base no quadrado médio do resíduo da análise de variância, com auxílio do programa computacional Sisvar, Ferreira (2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Variáveis de Crescimento

O resumo da análise de variância para as variáveis, comprimento de cladódio (CC), largura de cladódio (LC), espessura de cladódio (EC), número de cladódio (NC), altura de planta (AP), largura de planta (LP) e área do cladódio (AC) aos 365 dias após o plantio em função das cultivares das doses de nitrogênio aplicados via fertirrigação encontram-se na Tabela 4.

Para o fator isolado doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação, houve efeito significativo à nível de 1% probabilidade pelo teste F, apenas para as variáveis números de cladódios e largura de planta. Já para o fator cultivar, ocorreu significância para comprimento de cladódio, largura de cladódio, espessura de cladódio, altura da planta e área de cladódio à 1% de probabilidade. Não foi observado efeito significativo de interação entre os fatores para nenhuma das variáveis de crescimento estudadas (Tabela 4).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para o (CC), (LC), (EC), (NC), (AP), (LP) e (AC) de palma forrageira com fertirrigação (F) e interação de F versus cultivar (C).

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		CC (cm)	LC (cm)	EC (cm)	NC	AP (cm)	LP (cm)	AC (cm ²)
Fertirrigação (F)	4	6,61 ^{ns}	2,95 ^{ns}	22,40 ^{ns}	68,88 ^{**}	323,84 ^{ns}	878,73 ^{**}	3013,42 ^{ns}
Cultivar (C)	2	91,55 ^{**}	728,29 ^{**}	80,93 ^{**}	15,25 ^{ns}	389,20 ^{**}	528,97 ^{ns}	357309,21 ^{**}
Interação (F X C)	8	5,71 ^{ns}	1,99 ^{ns}	9,01 ^{ns}	11,30 ^{ns}	182,52 ^{ns}	90,68 ^{ns}	1595,37 ^{ns}
Resíduo	30	8,91	1,09	11,72	6,60	139,74	158,14	1838,07
CV %	-	13,08	7,55	20,46	21,56	16,88	15,40	17,13
Média Geral	-	22,82	13,86	16,73	11,92	70,03	81,68	250,34

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F. GL – grau de liberdade, CV – coeficiente de variação.

O coeficiente de variação (CV) obtidos no estudo, é considerado de média precisão, uma vez que, está entre 7 e 20%. De acordo com Pimentel Gomes (1985), um coeficiente de variação na faixa de 0 a 10% é considerado muito bom, de 10 a 20% médio e de 20 a 30% são considerados altos ou mesmo que os dados não correspondem à realidade dos seus tratamentos. Deste modo, esta classificação do CV é inversamente proporcional à classificação da precisão do experimento, ou seja, quanto maior o CV menor a precisão experimental e vice-versa. Assim, os CV's encontrados no presente estudo realizado em campo, representa precisão de alta a média, refletindo exatamente os efeitos dos tratamentos estudados.

Segundo Donato et al. (2014), o menor número de cladódios no início do estabelecimento da cultura promove uma menor área foliar e, consequentemente, um índice de área de cladódio menor, passando a melhorar esse índice a partir da incorporação de novos cladódios, aumentando assim, a área fotossintética ativa da planta. Nesse contexto, quanto maior à área foliar, maior a área efetiva fotossintética, promovendo incremento na produção de fotoassimilados que potencializa a produção.

5.1.2. Comprimento dos Cladódios

Houve diferença significativa pelo teste de Tukey para o fator cultivar ao nível de 5% de probabilidade para o comprimento de cladódios (Figura 7). Nota-se ainda que, os maiores valores médios de comprimento dos cladódios foram obtidos para a cultivar orelha de elefante, verificando-se que a cultivar miúda teve menor comprimento de cladódios, o que já era esperado, uma vez que, as plantas pertencentes ao gênero *Nopalea sp.*, apresentam menores comprimentos de cladódios, sendo uma das características morfológicas que mais diferenciam quando comparadas com as cultivares do gênero *Opuntia sp.*

Observa-se ainda que, o comprimento médio dos cladódios variou em relação ao erro médio padrão de 25,4 a 27,52cm na cultivar Orelha de Elefante, de 21,36 a 23,70cm na Baiana e de 15,20 a 17,38cm na Miúda, respectivamente (Figura 7).

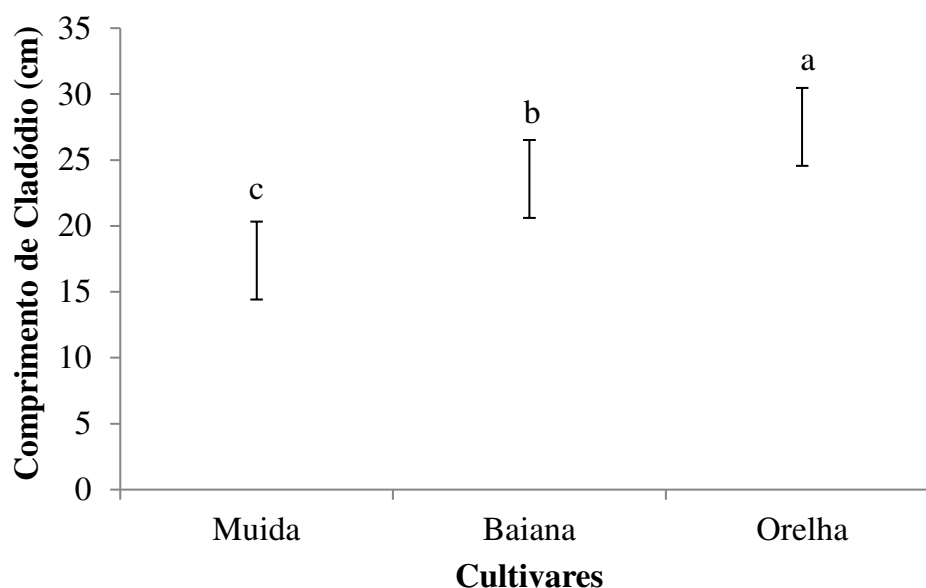


Figura 7 - Médias de comprimento de cladódios de três cultivares de palma forrageira após o primeiro ciclo de cultivo.

O erro padrão estima o intervalo de confiança a partir da média, assim, nota-se que quanto maior o erro médio menor a confiança dos dados obtidos. No presente estudo o erro médio foi considerado baixo, desta forma maior a confiança dos dados obtidos. Silva et al. (2015a), ao estudar as características morfológicas de três cultivares de palma forrageira sob fertilização mineral observaram que o maior comprimento de cladódios foi obtido para a cultivar Orelha de elefante, aos 120 dias após o plantio, resultados semelhantes ao obtido no presente estudo aos 360 dias após o plantio.

De acordo com Silva et al. (2014), em sua pesquisa sobre a produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio, o fato das cultivares Baiana e Miúda obterem comprimento de cladódios menores já era esperado, uma vez, que as plantas pertencem ao gênero *Nopalea* sp., possuem como característica ter menores cladódios menores em comparação aos do gênero *Opuntia* sp.

Aos 210 dias após o plantio, Oliveira Júnior et al., (2009) verificaram média do comprimento de 25,8 cm, para a cultivar Italiana. Silva et al., (2015) analisando a produtividade de cultivares de palma forrageira em diferentes épocas de avaliação, observaram média de 21 cm. Resultados estes bem semelhantes aos obtidos na presente pesquisa aos 360 dias após o plantio.

5.1.3. Largura de Cladódios

Verificou-se que a variável largura de cladódio foi influenciada significativamente pelo fator cultivar ao nível de 5% pelo teste de Tukey. Nota-se ainda que, a cultivar Orelha de Elefante, quando comparada as cultivares Miúda e Baiana obteve melhor desempenho (Figura 8).

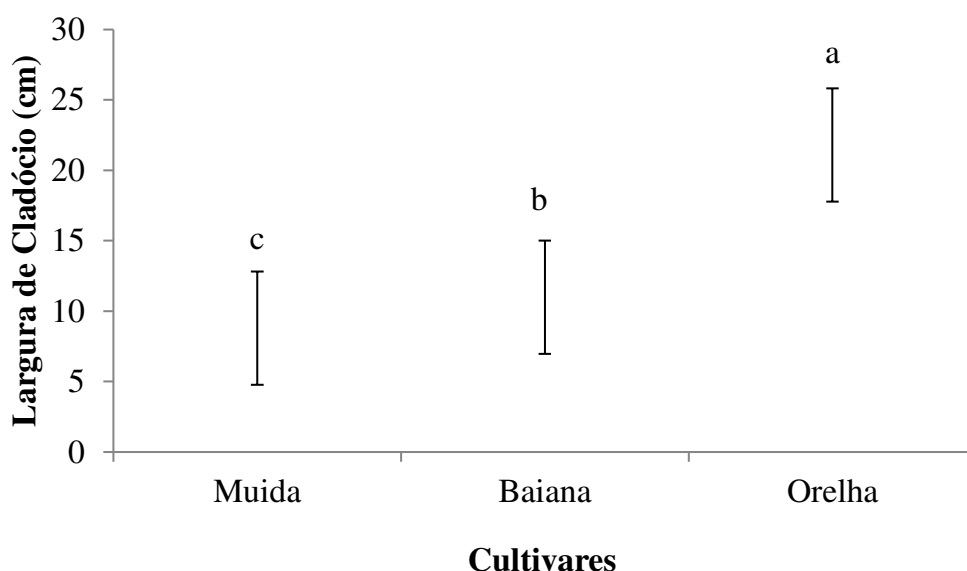


Figura 8 - Médias de largura de cladódios de três cultivares de palma forrageira após o primeiro ciclo de cultivo.

Os resultados encontrados para largura de cladódios no presente trabalho, foram similares aos alcançados por Sales et al., (2013), em experimento realizado em Soledade (PB), com palma forrageira (*Opuntia fícus- indica Mill.*), em densidade de plantio, cujo valor médio de largura de cladódios foi de 16,03 cm, aos 360 dias após o plantio. Os autores ainda comentam que, além da genética da planta, as oscilações climáticas influenciam na largura e no comprimento dos artículos, afetando, desse modo, a produção da cultura.

Oliveira Júnior et al., (2009) estudando o crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano, constataram média de 14,9 cm de largura de cladódios aos 300 dias após a semeadura, resultado inferior aos valores observados neste estudo, fato que pode estar relacionado ao manejo adotado neste estudo com fornecimento de adubação no momento de maior exigência da cultura por meio da fertirrigação.

Para Silva et al. (2015) as principais diferenças observadas, quanto a largura de cladódios da palma forrageira, estão associadas à anatomia da cultivar Orelha de Elefante que proporciona maior crescimento em largura quando comparada com as cultivares Baiana e Miúda.

5.1.4. Espessura de Cladódios

Constatou-se diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a variável espessura de cladódios em função das cultivares estudadas. Percebe-se ainda que, a cultivar miúda não deferiu da cultivar orelha de elefante, contudo diferiu da cultivar baiana. Já a cultivar baiana não deferiu estatisticamente da cultivar orelha de elefante, mas obteve maior média relativa (Figura 9).

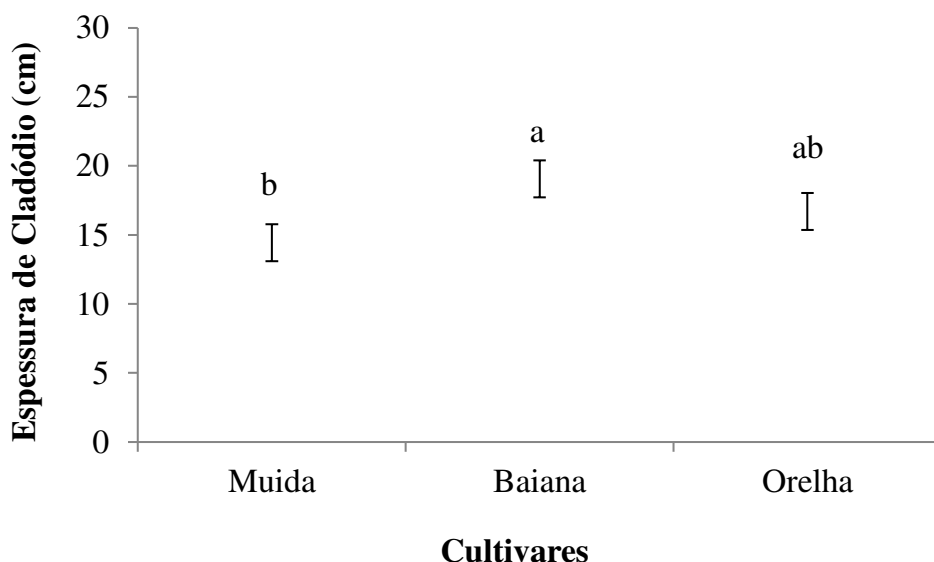


Figura 9 - Médias da espessura de cladódios de três cultivares de palma forrageira após o primeiro ciclo de cultivo.

A maior média relativa da espessura de cladódios constatada para a cultivar Baiana, possivelmente, é uma estratégia da palma forrageira em reduzir o comprimento e a largura dos cladódios, priorizando a espessura e, conseqüentemente, o aumento da reserva de água.

As contestações observadas entre as cultivares podem estar relacionadas às estruturas morfológicas de cada cultivar, o que permitiu constatar que cada cultivar estudada possui características peculiares quanto à largura e espessura dos cladódios. Por este motivo a morfogênese tem sido uma ferramenta utilizada em estudos sobre

ecofisiologia de plantas forrageiras, sobretudo, em palma forrageira por ser uma cultura adaptada a diversas condições edafoclimáticas (Dubeux Júnior et al., 2010).

A espessura dos cladódios é uma das características da espécie que se correlaciona diretamente com a turgidez das plantas, assim quanto mais turgidos maior a quantidade de água presente em suas células, sendo este um dos principais atributos das plantas CAM, a qual é expressa anatomicamente por meio de maior espessura cladódios em função da maior quantidade de água armazenada (Nobel, 2001; Taiz & Zeiger, 2013).

5.1.5. Número de Cladódios

O modelo matemático que melhor se ajustou ao número de cladódios total em função das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação, foi o quadrático (Figura 10). A máxima produção de cladódios da palma forrageira para as três cultivares foi obtido com a dose de 236,3; 223,8 e 217,5 kg ha⁻¹ de Nitrogênio aplicado via fertirrigação, correspondendo a 13,00; 14,08 e 14,32 cladódios por plantas de Orelha de Elefante, Baiana e Miúda, respectivamente (Figura 10).

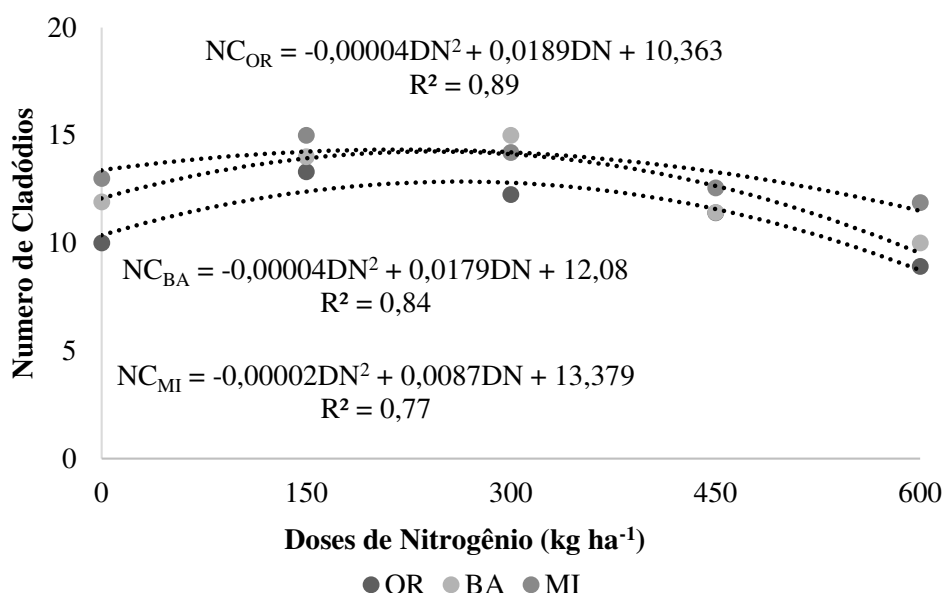


Figura 10 - Número de cladódios de três cultivares de palma forrageira em função das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação após um ano de cultivo. OR = Orelha de Elefante; BA = Baiana e MI = Miúda.

O maior número de cladódios por planta reflete em maiores produtividades da cultura, uma vez que a parte de interesse para o agricultor seja tanto para a comercialização quanto para o fornecimento aos animais é a biomassa verde.

Nota-se diante desses dados, que as cultivares Baiana e Miúda pertencentes ao gênero *Nopalea sp* possuem maiores números de cladódios por planta. Para Cavalcante et al. (2014), a maior quantidade de cladódios por planta nas cultivares miúda e Baiana está relacionada ao fato da planta pertencer ao gênero *Nopalea sp*, sendo característica desta espécie a emissão de um número elevado de cladódios, porém os cladódios são menores, quando comparadas ao gênero *Opuntia sp*.

Cunha et al. (2012) ao estudarem a morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio também observaram que o nitrogênio favorece positivamente o número de cladódios por planta, sendo com o máximo rendimento obtido na dose de 300 kg de N ha⁻¹ correspondendo a 35,18 cladódios por planta da cultivar miúda, com 2 anos após o plantio. Diferindo, desta maneira com o presente trabalho, que obteve maiores médias para número de cladódios em média com 220 kg de N ha⁻¹ aplicado via fertirrigação, no entanto, as plantas estavam apenas com 1 ano após o plantio. Estes resultados corroboram com os observados por Nascimento et al. (2011) pesquisando a caracterização morfométrica de *Opuntia ficus-indica* sob diferentes arranjos populacionais e fertilização fosfatada, que relatam a cultivar miúda é a que mais emite cladódios por planta. Leite (2009) também verificou que o número de cladódios da miúda foi superior ao da baiana, ainda que ambos pertençam ao mesmo gênero.

Amorim (2011), afirma que o máximo rendimento das cultivares do gênero *Nopalea sp* para o número de cladódios pode estar relacionado ao hábito de crescimento das cultivares, uma vez que essas possuem crescimento (aberto), o que favorece a formação de aréolas, ou seja, gemas axilares, possibilitando a emergência de novos cladódios, não só no ápice do cladódio “mãe”, mas também nas suas bordas laterais.

É possível verificar ainda que nas plantas submetidas as maiores doses de nitrogênio, aplicadas via fertirrigação, houve menor emissão no número de cladódios, fato que pode ser justificado possivelmente devido à maior competição entre as plantas por espaço, luz e nutrientes promovendo diminuição na emissão de cladódios por planta.

5.1.6. Altura de Planta

As médias para a variável altura de plantas em função do fator cultivar, foram significativas ao nível de 5% pelo teste de Tukey. Com isso, percebe-se que as cultivares diferiram estatisticamente entre si, sendo que cultivar Miúda apresentou maior altura de planta, seguida da cultivar Baiana e Orelha de Elefante (Figura 12).

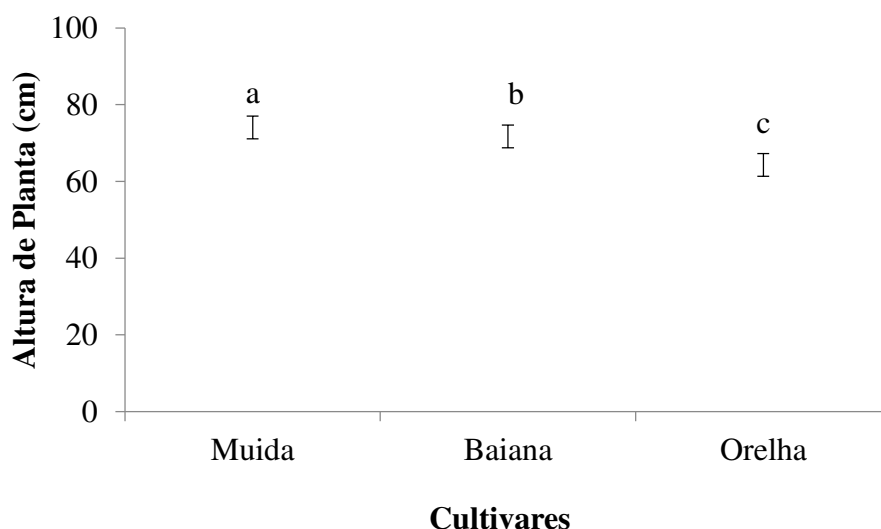


Figura 11 - Médias altura de planta de três cultivares de palma forrageira após o primeiro ciclo de cultivo.

A justificativa para as cultivares Baiana e Miúda possuírem maior altura deve-se em grande parte, as características genéticas e morfológicas, ou seja, as espécies Baiana e Miúda pertencente ao gênero (*Nopalaea cochenilifera*) apresentam crescimento mais vertical, enquanto que a espécie Orelha de Elefante do gênero (*Opuntia ficus-indica*) crescimento mais horizontal (Ramos, 2011; Borges et. al., 2015).

Segundo Ramos et al. (2011) ao pesquisarem o crescimento vegetativo de *opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio, constataram que a altura de plantas diferiu estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, com média de 74,6 cm para cultivar italiana. Resultado que concorda com os obtidos no presente pois a média obtida foi de 74, 05 cm, para a cultivar Miúda.

Silva et al. (2015), obtiveram em seu estudo 80,56 cm para a altura de plantas da orelha de elefante aos 725 dias após o primeiro corte, estes resultados estão acima dos encontrados no presente estudo, porém as plantas do presente trabalho são bem mais jovens. Para Ramos et al. (2015) a altura de planta da palma forrageira é uma importante característica que normalmente se correlaciona com sua produção da cultura.

5.1.7. Largura de planta

De acordo com a análise de regressão dos dados, observa-se que o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático (Figura 13). Houve aumento significativo na largura de plantas com o aumento da dose de nitrogênio aplicada via fertirrigação até certo ponto, a partir disso houve um decréscimo na largura das plantas (Figura 13).

Verifica-se ainda que a máxima largura de plantas foi obtida nas doses de 295; 269 e 285 kg de nitrogênio ha⁻¹, correspondendo a 83,28; 95,78 e 91,86 cm, respectivamente para as cultivares Orelha de Elefante, Baiana e Miúda no primeiro ano de cultivo (Figura 13).

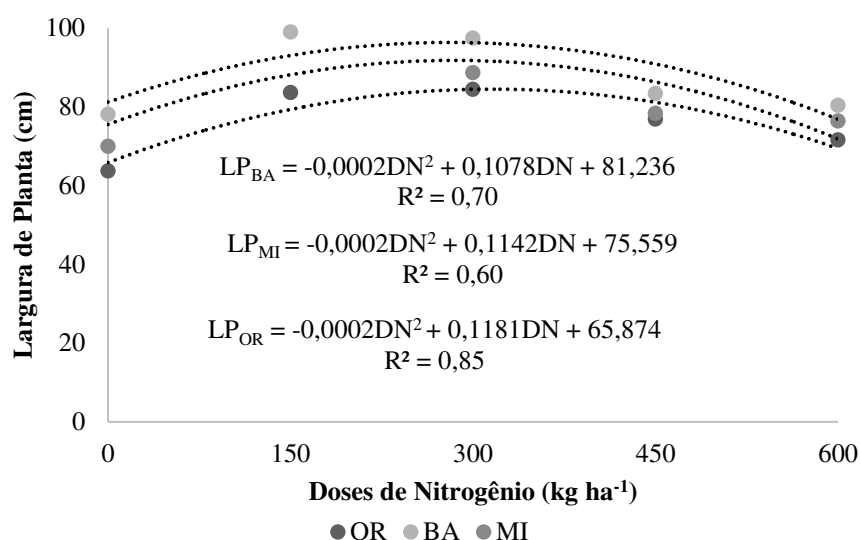


Figura 12 – Largura de plantas das três cultivares de palma forrageira em função das doses de nitrogênio aplicado via fertirrigação após o primeiro ciclo de cultivo. OR = Orelha de Elefante; BA = Baiana e MI = Miúda.

Silva et al. (2015b), estudando as características morfológicas da palma forrageira submetida à adubação orgânica, mineral observaram que houve diferença quando adubada com nutrientes minerais para a variável largura de planta, sendo que quando adubadas com NPK na fundação, obtiveram máxima largura de plantas de 75, 67 cm aos 150 dias após o plantio. Estes resultados são inferiores aos observados no presente estudo, o que pode estar relacionado a menor idade das plantas avaliadas.

Nascimento et al. (2011) analisando as características morfométrica da palma forrageira submetida à adubação orgânica, mineral e frequência de corte, observaram que não houve diferença quando adubada com nutrientes minerais para a variável

largura de planta da cultivar Orelha de Elefante Mexicana, uma das estudadas nesta pesquisa, o que pode estar associado ao tipo de adubação e ao manejo fornecido a cultura.

5.1.8. Área de Cladódios

Observa-se efeito significativo pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a área de cladódios das três cultivares de palma forrageira estudadas (Figura 14). Nota-se que a maior área de cladódios, foi obtida para a cultivar Orelha de Elefante mexicana com cerca de 421 cm², seguida das cultivares Baiana e Miúda (Figura 14).

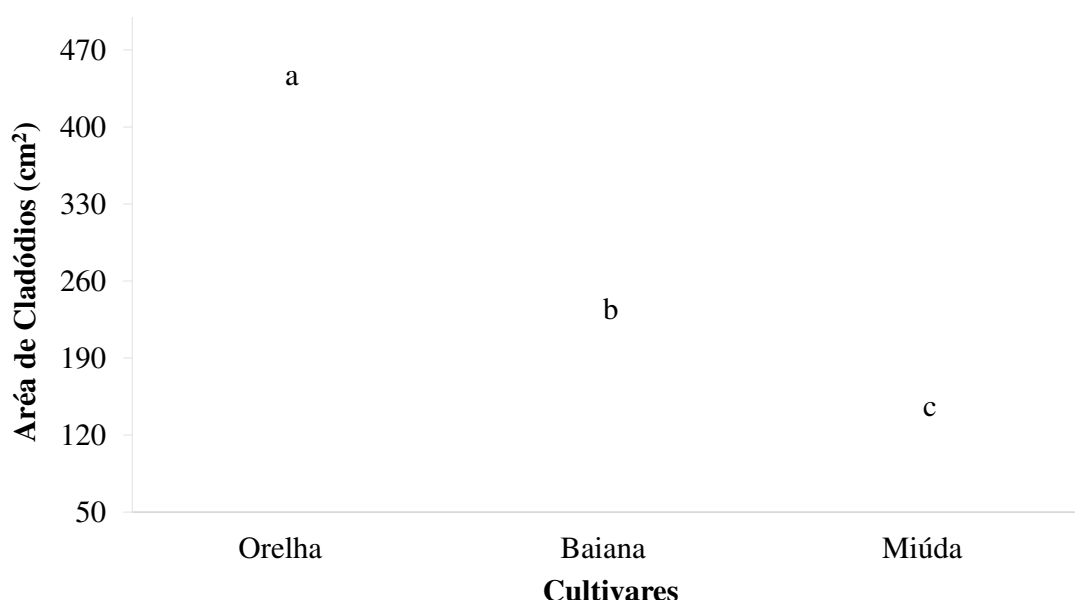


Figura 13 - Média da área de cladódio de três cultivares de palma forrageira após o primeiro ciclo de cultivo.

De acordo com Oliveira et al. (2007), a área de cladódios de palma forrageira é considerada baixa, quando comparadas a espécies leguminosas, o que resulta em uma menor taxa de acúmulo de biomassa. Essa característica, no entanto, também depende do clone, que apresenta diferentes morfologias de emissão, tamanho, formato e distribuição dos cladódios. Característica de diferenciação que pode influenciar a capacidade fotossintetizante e o rendimento da palma forrageira (Silva et al., 2010).

Silva et al. (2015), ao pesquisarem o crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas, concluíram que a cultivar Orelha de Elefante se sobressaiu em relação à área dos cladódios quando comparada com as demais cultivares estudadas, sendo a maior média obtida para Orelha

de elefante de 360 cm² aos 300 dias após o corte das plantas, resultados inferiores aos obtidos no presente estudo, o que provavelmente está relacionado ao manejo adotado para a condução da cultura.

5.2. Produtividade

O resumo da análise de variância para a produtividade em t ha⁻¹ em função das diferentes cultivares estudadas e das doses de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação, encontram-se na Tabela 5.

Vê-se que houve efeito significativo tanto de fator cultivar quanto do fator doses de adubação nitrogenada aplicados via fertirrigação à nível de 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 5).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para a produtividade (P) em t ha⁻¹ de três cultivares de palma forrageira sob fertirrigação nitrogenada.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
		P
Fertirrigação (F)	4	44243,63 ^{**}
Cultivar (C)	2	27786,36 ^{**}
Interação (F X C)	8	9243,55 ^{ns}
Resíduo	30	8115,86
CV %	--	26,98
Média Geral	--	333,92

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F. GL - grau de liberdade, P – produtividade.

A produtividade da palma forrageira em função das diferentes cultivares estudadas os 360 dias após o plantio foi significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Figura 15). Evidencia-se que a cultivar Orelha de Elefante foi a que obteve maior produtividade, cerca de 490,66 t ha⁻¹ quando comparada as demais cultivares avaliadas.

A maior produtividade da cultivar Orelha de Elefante, tem correlação direta com a área de cladódios, isso significar dizer que quanto maior a área do cladódio maiores serão os pesos por planta e conseqüentemente, maior a produtividade da cultura (Lobão et al., 2011).

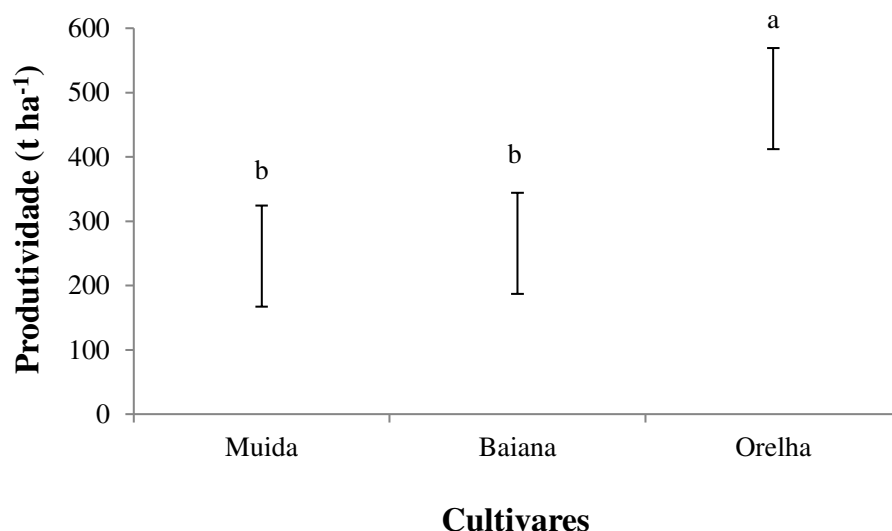


Figura 14 – Médias da produtividade de três cultivares de palma forrageira após o primeiro ciclo de cultivo.

Maiores valores de área de cladódios conferem a planta de palma uma capacidade maior de acúmulo de água no tecido clorenquimático, já que a perda de água ocorre mais pelo tecido parenquimático (Goldstein et al., 1991). Esta produtividade é superior as encontradas em estudos de Dubeux Júnior et al. (2013); Pereira et al. (2015); e Silva et al. (2015).

A Produtividade das três cultivares de palma forrageira teve comportamento quadrático, sendo a máxima produtividade obtida com 284,5; 309,2 e 226,2 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicado via fertirrigação, correspondendo a uma produtividade de 567; 432 e 303,8 tha⁻¹ respectivamente para a Orelha de elefante, Baiana e Miúda (Figura 16). Dubeux Júnior et al. (2010) afirmam que a utilização de adubo no cultivo de palma forrageira é uma importante estratégia de manejo para que a forrageira expresse todo o seu potencial produtivo.

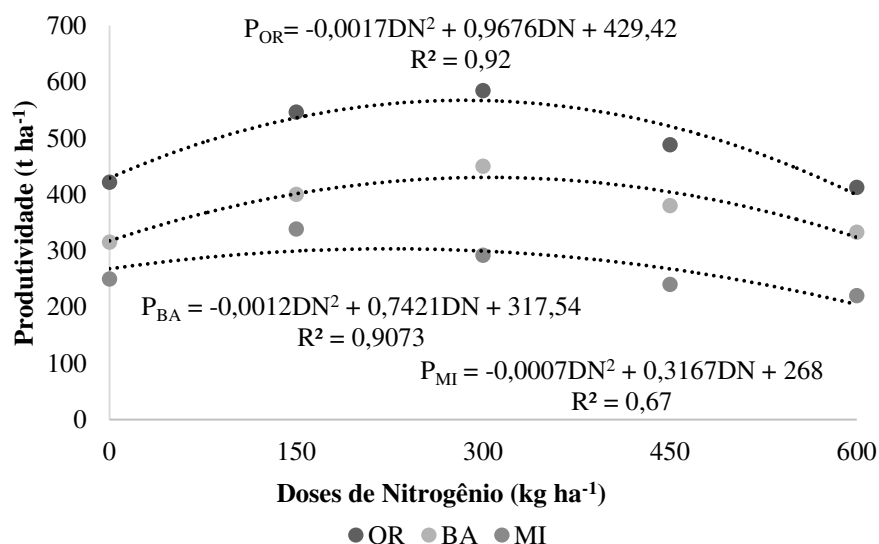


Figura 15 - Efeito das doses de nitrogênio aplicado via fertirrigação sob a produtividade de três cultivares de palma forrageira aos 360 dias após o plantio. OR = Orelha de Elefante; BA = Baiana e MI = Miúda.

O fornecimento adequado de nutrientes minerais as plantas, possibilita desenvolvimento do sistema radicular, consequentemente aumentando a área de absorção de água e nutrientes, o que favorece o processo fotossintético resultando em maior produtividade a palma forrageira (Cavalcante et al., 2014).

Cunha et al., (2012), afirmam que as diferentes doses de nitrogênio aplicadas a palma forrageira favorecem as características morfológicas da planta e consequentemente, na produção de biomassa verde. Barros et. al., (2016), relatam que mudanças no manejo como adubação nitrogenada associada a maior disponibilidade hídrica alteram o comportamento fisiológico da palma forrageira e com isso, incrementa a produtividade da cultura em regiões semiáridas.

Essa elevada produtividade tornam a palma forrageira Orelha de Elefante, uma das mais promissoras para o cultivo no semiárido, por fornecer alimento aos animais durante o período de estiagem, e alivia o problema do suprimento hídrico aos animais (Araújo et al., 2008).

5.3. Extração de Nutrientes pela Palma forrageira

Os teores médios dos macronutrientes nitrogênio (N), potássio (K) e enxofre (S) e do elemento benéfico sódio (Na) em função das diferentes cultivares estudadas e das doses de adubação nitrogenada, aplicada via fertirrigação aos 365 dias após o plantio encontram-se na Tabela 6. Indetifica-se que a extração de nutrientes variou em função

dos diferentes tratamentos, para o (N) a máxima extração para as cultivares Orelha e Baiana foi obtida na dose de 150 kg ha⁻¹ de N, já para a cultivar Miúda a máxima extração do nutriente foi observada na dose de 300 kg ha⁻¹ de N aplicado via fertirrigação (Tabela 6). É possível verificar ainda que, na dose de 150 kg ha⁻¹ de N houve uma extração de nitrogênio pela cultivar Muída considerada boa.

Tabela 6 - Teores médios dos macronutrientes nitrogênio (N), potássio (K), sódio (Na) e enxofre (S) determinados na matéria seca da palma forrageira após um ano de cultivo.

Cultivar	DN (kg ha ⁻¹)	N	K	S	Na
		g kg ⁻¹			
Miúda	0	7,53	10,03	0,05	3,29
Baiana	0	8,05	10,84	0,09	2,65
Orelha	0	6,83	5,40	0,04	2,10
Orelha	150	12,25	10,48	0,04	2,31
Baiana	150	12,98	7,12	0,09	3,00
Miúda	150	10,85	6,96	0,07	3,64
Miúda	300	13,30	12,12	0,11	2,90
Baiana	300	11,73	16,70	0,12	4,62
Orelha	300	11,73	9,25	0,12	1,71
Orelha	450	10,33	8,29	0,03	1,65
Miúda	450	12,95	15,63	0,05	4,60
Baiana	450	10,85	16,86	0,02	3,80
Baiana	600	10,15	14,38	0,07	5,27
Miúda	600	9,80	10,97	0,07	4,86
Orelha	600	10,33	8,78	0,06	3,22

Silva et al. (2012) estudando a composição mineral em cladódios de palma forrageira sob adubação mineral nas doses de 200; 150 e 100 kg ha⁻¹ de N; P e K, respectivamente, obtiveram média de extração de N da ordem de 12,5 g kg⁻¹ aos 390 dias após o plantio, resultados semelhantes aos observados no presente estudo.

Dubeux Júnior et al. (2010), também conseguiram média de 12,5 g kg⁻¹ de N, resultantes de avaliação dos níveis de fósforo e potássio em casa de vegetação aos 390 dias após o plantio, entretanto, os autores trabalharam com 400 kg ha⁻¹ de N em todos os tratamentos.

Quanto a extração de potássio (K), obtida do tecido dos cladódios da palma forrageira em função das diferentes cultivares e doses de nitrogênio, aplicadas via fertirrigação, nota-se que a máxima extração para as cultivares Baiana e Miúda foram

obtidas na dose de 450 kg ha⁻¹ de N; já para a cultivar Orelha de Elefante foi obtida na dose de 150 kg ha⁻¹ de N (Tabela 6).

O potássio foi o elemento que teve a maior média de extração pela palma forrageira, com média de 10,92 g kg⁻¹ para a dose nitrogenada. Dados que corroboram com os encontrados por Santos et al. (2002), que ressaltam o potássio como o elemento mais extraído pela palma forrageira, independente da cultivar estudada, com média de 258 kg ha⁻¹ para cada 10 Mega grama ha⁻¹ de matéria seca produzida. No entanto, são valores inferiores em relação as médias obtidas por Silva et al. (2012) que ao aplicar 200-150-100 kg ha⁻¹ de NPK, obtiveram média de 25,3 g kg⁻¹ de potássio. Este fato possivelmente ocorreu em função do presente estudo, ter aplicado o potássio apenas na fundação, não aplicando de forma parcelada como é o que se recomenda para a, em decorrência de ser um nutriente extraído em elevadas quantidades pela cultura. O enxofre (S) foi o macronutriente extraído em menor quantidade pelas cultivares de palma forrageira, sendo que os maiores valores para as cultivares Orelha de Elefante, Baiana e Miúda obtidos na dose de 300 kg de N ha⁻¹ aos 360 dias após o plantio (Tabela 6).

Esses valores respectivamente, são inferiores aos valores obtidos por Dubeux Júnior & Santos (2005), 0,9 a 1,9 g kg⁻¹ para plantas de *Nopalea cochenellifera* em diferentes locais do estado de Pernambuco. Silva et al. (2012) obtiveram média de 4,4 g de S kg⁻¹ de matéria seca, resultados superiores aos observados nesta pesquisa. Essa baixa extração de enxofre pela palma forrageira, neste estudo, está relacionada ao fato de não ter sido objetivo expresso no trabalho, além disso, as fontes de nitrogênio, fósforo e potássio utilizados não possuem o enxofre em sua constituição.

O elemento benéfico sódio (Na) foi extraído em maiores quantidades nas três cultivares estudadas na dose de 600 kg ha⁻¹ de N, sendo que a cultivar que mais extraiu este nutriente foi a Baiana (Tabela 6). Médias semelhantes às do presente trabalho foram encontradas por Galizzi et al. (2004), 3,0 g kg⁻¹, em trabalho conduzido na Argentina.

Apesar do Na geralmente não ser considerado benéfico as plantas para as cactáceas, este é considerado um elemento mineral essencial, e para as plantas com Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM) como a palma forrageira é tido como micronutriente, pois é fundamental para a regeneração do fosfoenolpiruvato, o substrato da primeira carboxilação nessa via, a sua deficiência em plantas com metabolismo

CAM induz a clorose e necrose além de falhas na formação de flores (Epstein & Bloom, 2006).

Quantificar a extração e a exportação de nutrientes, em qualquer cultura, é fundamental para que se conheça o quanto de nutriente realmente está sendo extraído pela planta de forma a assegurar a produtividade e a sustentabilidade do sistema de produção agrícola. A estimativa da quantidade de nutrientes extraída pela planta e da quantidade efetivamente exportada, possibilita a reposição correta desses nutrientes via adubação, de modo a manter a nutrição adequada das plantas e um balanço equilibrado de entrada e saída de nutrientes no sistema.

5.4. Eficiência do uso do nitrogênio e do nitrogênio extraído

A eficiência de uso do nitrogênio (EUN) foi influenciada pelas diferentes doses de nitrogênio aplicada via fertirrigação (Figura 17A). Constatou-se que a EUN reduziu numericamente com a elevação da quantidade de N aplicada em cobertura, sendo o menor valor registrado na dose máxima de 600 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicado via fertirrigação em todas as cultivares estudadas (Figura 17A). A quantidade de nitrogênio extraído pela palma forrageira variou de forma independente aos valores extraído para cada cultivar. A extração apresentou um comportamento linear decrescente (Figura 17B).

Não foi constatada diferença na eficiência de utilização do N entre as cultivares Baiana e Miúda nas doses de adubação nitrogenada de 450 e 600 kg ha⁻¹. Para Sadras & Lawson (2013), essa redução da EUN se dá devido a planta não converter os nutrientes em produção de massa verde na mesma proporção em que, o nutriente é fornecido a cultura, desta forma, com o aumento da dose de nitrogênio aplicada haverá uma redução da eficiência de utilização do mesmo.

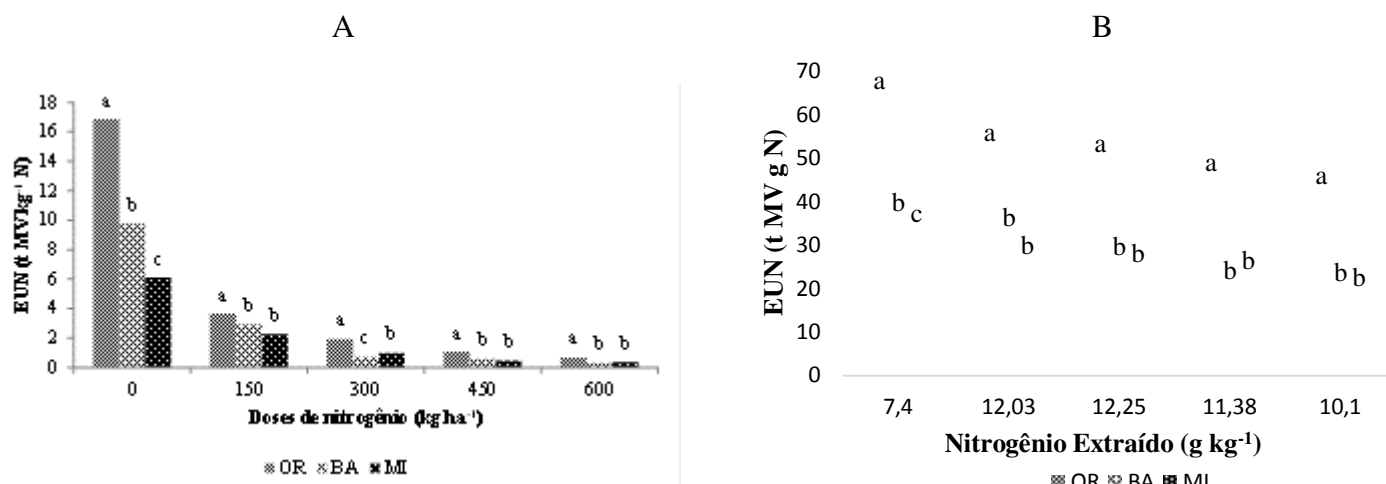


Figura 16 - Eficiência do uso de nitrogênio para as três cultivares de palma forrageira em função das doses aplicadas via fertirrigação (A) e em função do nitrogênio extraído (B) OR = Orelha de Elefante; BA = Baiana e MI = Miúda.

O fertilizante nitrogenado mais usado no Brasil é a ureia, por apresentar boa combinação entre eficiência agrônômica e preço, em relação aos demais adubos nitrogenados (Ernani, 2008). No entanto, o uso de ureia como fonte de N pode ocasionar elevadas perdas do nutriente, principalmente se aplicada em cobertura sem incorporação, devido a sua alta volatilização.

Júnior et al. (2011), testando a eficiência de fontes estabilizadas de adubação nitrogenada na redução de perdas de N na forma de nitrato, também observaram a redução na eficiência do uso de nitrogênio com o aumento da dose aplicada, em sintonia com a lei dos rendimentos decrescentes. Essa eficiência consiste da relação entre a produtividade da cultura, ou da parte aérea, e a quantidade de N disponível no solo ou aplicado (Moll et al., 1982).

A eficiência do uso do nitrogênio diminuiu com a elevação das doses de N, possivelmente em razão do aumento gradual na produtividade com a adubação nitrogenada. Os teores de N nas plantas aumentaram com o acréscimo das doses de N, de forma quadrática para ureia. Na média a palma extraiu 23,71 g kg⁻¹ de nitrogênio nas doses de 300 kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada aplicada via fertirrigação, em ambas as cultivares analisadas. A menor extração de N pela maior parte das cultivares pode ser atribuída à dose utilizada na pesquisa, uma vez que as elevadas produtividades de cultivos irrigados aumentam na demanda por N.

6. CONCLUSÃO

As características agronômicas da palma forrageira e a extração de nutrientes difeririam entre as cultivares estudadas.

As doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação influenciaram de forma positiva no número de cladódios, a largura de plantas e a produtividade.

A maior produtividade foi obtida para a cultivar Orelha de Elefante quando associada a dose máxima de 284 kg ha^{-1} de nitrogênio aplicado via fertirrigação.

Os nutrientes extraídos pelas plantas de palma forrageira apresentaram a seguinte ordem de grandeza de acúmulo em cladódios de palma forrageira: macronutrientes - potássio > nitrogênio > sódio > enxofre.

A eficiência no uso de nitrogênio decresceu linearmente com o aumento da dose de nitrogênio aplicado via fertirrigação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, M. S. M. A.; Silva, F. F.; Donato, S. L. R.; Rodrigues, E. S. O.; Costa, L. T.; Mateus, R. G.; Souza, D. R.; Silva, V. L. Palma forrageira em dietas de novilhas leiteiras confinadas: desempenho e viabilidade econômica. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, p.1013-1030, 2015.

Almeida, J.; Peixoto, C. P.; Ledo, C. A. S. Desempenho vegetativo e produtivo da palma forrageira. *Revista enciclopédia biosfera*, v. 8, p. 571-581, 2012.

Alvarez V. V. H.; Novais, R. F.; Dias, L.E.; Oliviera, J. A. de. Determinação e Uso do Fósforo Remanescente. *Boletim Informativo*, Viçosa, no prelo. 1999.

Alves, R. N.; Farias, I; Menezes, R. S. C.; Lira, M. A.; Santos, D. A. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. *Revista Caatinga*, v.20, p.38-44, 2007.

Amorim, P. L. Caracterização morfológica e produtiva em variedades de palma forrageira. Maceió: UFAL, 2011. 54p. Dissertação Mestrado em Zootecnia

Apezzato, G, da.; G, S. M. C. Anatomia vegetal. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. 438p.

Araújo, A. P.; Machado, C. T. T. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. In: Fernandes, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, 2006. Cap. 5, p.253-280.

Barros, J.L.; Donato, S. L. R.; Gomes, V. M.; Donato, P.E.R.; Silva, J. A.; Padilha Júnior, M.C. palma forrageira ‘gigante’ cultivada com adubação orgânica. *Revista Agrotecnologia*, v.7, p.53-65, 2016.

Bezerra, B. G.; Araújo, J. S.; Pereira, D. D.; Laurentino G. Q.; Silva, L. L. da. Zoneamento agroclimático da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p. 755-761, 2014.

Borges, V. E.; Matos, R. M.; Silva, P. F.; Dantas Neto, J. e Galvão Sobrinho, T. Análise de crescimento de três cultivares de palma forrageira. *Revista Educação Agrícola Superior*. v.30, p.106-112, 2015.

Bonou, S. I.; Dantas Neto, J.; Matos, R. M.; Lima, A. S. Índice hídrico e morfológico de palma forrageira sob diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. *Anais... Congresso de iniciação científica da Universidade Federal de Campina Grande*, 2017, Campina Grande.

Bravo, H. *Las cactáceas de México*. 2.ed. México: Uni. Nac, Aut. México, 1978. v.1.
Campello, E. B.; Souza, A. C. Emprego das cactáceas no polígono das secas. *Serviço de Informação Agrícola*, nº 845, Rio de Janeiro, 1960. 35p.

Carvalho Filho, O. M.; Drumond, M. A.; Languidey, P. H. *Gliricidia sepium* – Leguminosa promissora para regiões semi-áridas. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido 1997.

Cavalcanti, L. A. D.; Santos, G. R. de A.; Silva, L. M. da; Fagundes, J. L.; Silva, M. A. da. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.44, p.424-433, 2014.

Christofidis, D. O futuro da irrigação e a gestão das águas. Ministério da Integração Nacional. Brasília, 2008. 15p.

Costa, R. G.; Almeida, C. C.; Pimenta Filho, E. C.; Holanda Junior, E. V.; Santos, N. M. Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região Semiárida do estado da Paraíba. Brasil. *Archivos de Zootecnia*, v. 57, p.195-205, 2008.

Cunha, D. N. F. V.; Gomes, E. S.; Martuscello, J. A.; Amorim, P. L.; Silva, C. R.; Ferreira, P. S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Saúde Produção Animal*. v.13, p.1156- 1165, 2012.

Cunha, N. F.V.; Gomes, E. S.; Martuscello, J.; Amorim, P. L.; Silva, R.C.; Ferreira, P.S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, v.13, p.1156-1165, 2012.

Donato, P. E. R.; Pires, A. J. V.; Donato, S. L. R.; Bonomo, P.; Silva, J. A.; Aquino, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 9, p.151-158, 2014.

Dubeux Junior, J. C. B.; Araújo Filho, J. T.; Santos, M. V. F dos.; Lira, M de A.; Santos, D. C. dos; Pessoa, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-20. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, p.129-135, 2010.

Dubeux Júnior, J. C. B.; Araújo Filho, J. T.; Santos, M. V. F.; Lira, M. A.; Santos, D. C.; Pessoa, R. A. S. Potential of cactus pear in South América. *Cactusnet Newsletter*, v. 13, p.29-40, 2013.

Dubeux Junior, J. C. B.; Santos, M. V. F. Exigências nutricionais da palma forrageira. 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*. 2.ed.. Recife: Editora Universitária da UFPE, p.105- 128, 2005.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. Embrapa Agroindústria Tropical. 5ª ed. Fortaleza – CE: Instruções Técnicas Embrapa Agroindústria Tropical, p.1-3, 2000.

Epstein, E.; Bloom, A. J. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Londrina: Editora Planta, 403p, 2006.

Ernani, P. R. *Química do solo e disponibilidade de nutrientes*. Lages: O Autor; 2008.

Farias, I.; Santos, D. C.; Dubeux Júnior, J. C. B. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In: Menezes, R. S. C.; Simões, D. A.; Sampaio, E. V. S. B. *A palma no*

nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas estratégias. Reunião Brasileira de Fertilidade dos solos e Nutrição de Plantas, Petrolina, 1994. Cap. 2, p. 12-29.

Feitosa, S. O.; Silva, S. L.; Feitosa, H. O.; Carvalho, C. M.; Feitosa, E. O. Crescimento do feijão caupi irrigado com diferentes concentrações efluente tratado e água salina. Revista Agropecuária Técnica, v. 36, p.146-155, 2015.

Felker, P.; Rodriguez, S. D. C.; Casoliba, R. M.; Zapata, R. Comparison of *Opuntia ficus-indica* varieties of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. Journal of Arid environments, v. 60, p.405- 422, 2005.

Felker, P.; Russell, C. E. Climatic, edaphic and altitudinal factors affecting yield and toxicity of *Lathyrus sativus* grown at five locations in Ethiopia. Food and Chemical Toxicology, Amsterdam, v. 49, p.623-630, 2011.

Ferreira, D. F. Sisvar: Sistema de análise de variância versão 4.6. UFLA/DEX, Lavras, Brasil. 2008.

Ferreira, M. D. A.; Silva, F. M. da; Bispo, S. V.; Azevedo, M. de. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, p. 322-329, 2009b.

Franco, S. V. A.; Véliz, J. A. Respuestas de la tuna [*Opuntia ficusindica* (L.) Mill.] NaCl. Interciencia, v.32, p.125-130, 2007.

Galizzi, F. A.; Felker, P.; González, C. Correlations between soil and cladode nutrient concentrations and fruit yield and quality in cactus pears, *Opuntia ficus indica* in a traditional farm setting in Argentina. Journal of Arid Environments, v.59, p.115–132, 2004.

Goldstein, G. Diel patterns of water potential components for the Crassulacean acid metabolism plant *Opuntia ficus-indica* when well-watered or droughted. Plant Physiology, Rockville, v. 95, p. 274-280, 1991.

Guerra, M. G. Ramos, R. I.; Cavalcante, O. P.; Santos, F. H. Produção de novos genótipos de Palma forrageira no Estado do Rio Grande do Norte. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.42, 2005.

Hills, F. S. Resistência à seca e eficiência no uso da água. In: Simpósio Brasileiro Sobre Algaroba, p.55-89, 1982. Anais...EMPARN: Natal. CD Rom.

Júnior Laz, D.; Zagotto R. G.; Santos C. Eficiência agrônômica do revestimento da uréia com polímero aplicada em cobertura na cultura do milho. In: Anais do 32º. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2011.

Lahav, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S., ed. Bananas and Plantains. London, Chapman & Hall, p.258-316, 1995.

Leite, M. L. M. V. Avaliação de clones de palma forrageira submetidos a adubações e sistematização de informações em propriedades do Semiárido paraibano. Areia: UFPB, 2009, 186 f., Tese Doutorado

Lobão, E. S. P.; Andrade, A. P.; Pinto, T. F.; Lima Júnior, I. O.; Teixeira Filho, L. S.; Campos, F. S.; Bezerra, H. F. C. Modelo para a estimativa de massa verde de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill). In.: Congresso Brasileiro de Zootecnia, 21. 2011. Anais... Maceió: ABZ, 2011. CD Rom.

Lopes, E. B.; Brito, C. H.; Batista, I. J. L. Efeito de formas de plantio na produção de cladódios em palma doce. Engenharia Ambiental, Pesquisa e Tecnologia, v. 6, p. 303-308, 2009.

Lopes, E. B.; Santos, D. C.; Vasconcelos, M. F. Cultivo da palma forrageira In: Lopes, E. B. (Ed.). Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino. Paraíba: EMEPA/FAEPA, p. 11-33, 2007.

Mafrá, R. C. Posição e número de artículos no plantio da palma Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill.). In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 21, 1974 Anais... SBZ. p.330, 1974. CD Rom.

Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado Nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 201p. 1989.

Maldaner, I. C.; Heldwein, A. B.; Loose, L. H.; Lucas, D. D. P.; Guse, F. I.; Bertoluzzi, M. P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. Ciência Rural, v. 39, p. 1356-1361, 2009.

Mantovani, E. C.; Bernardo, S.; Palaretti, L. F. Irrigação: princípios e métodos. Viçosa: UFV, 3. ed atual e ampliado. 355p. 2012.

Melo, A. A. S.; Ferreira, M. A.; Verás, A. S. C.; Lira, M. de A.; Lima, L. E. de; Vilela, M. da S.; Melo, E. O. S. de; Araújo, P. R. B. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, p.727-736, 2003.

Menezes, R. S. C.; Simões D. A.; Sampaio, E. V. S. B. A palma do Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. 1.ed. Recife: UFPE, 2005. 258p.

Menezes, R.; Souza, B. I. Manejo sustentável dos recursos naturais em uma comunidade rural do semiárido nordestino. Cadernos do Logepa, v.6, p. 41-57, 2011.

Moll, R. H.; Kamprath, E. J.; Jackson, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal, v. 74, p.562-564, 1982.

Nascimento, J. P.; Souto, J. S.; Santos, E. S.; Damasceno, M. M.; Ramos, J. P. F.; Sales, A. T.; Leite, M. L. M. V. Caracterização morfométrica de *Opuntia ficus indica* sob diferentes arranjos populacionais e fertilização fosfatada. Tecnologia & Ciências Agropecuárias, v. 5, p.21-26, 2011.

Nobel, P. S. Biologia Ambiental. In: Barbera, G.; Inglesa, P.; Pimienta-Barrios, E. (Eds.) Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. João Pessoa: SEBRAE/PB, p. 36-48. 2001.

Nobel, P. S. Environmental biology. In: Barbera, G; Inglese, P.; Pimienta-Barrios, E. Agroecology, cultivation and uses of cactus pear. Rome: FAO, 1995. p.36-48.

Nobel, P. S.; Hartsock, T. L. Physiological responses of *Opuntia ficus-indica* to growth temperature. *Physiologia Plantarum*, v.60, p.98-105, 1984.

Nunes, C. S. Uso e aplicações da palma forrageira como uma grande fonte de economia para o semiárido nordestino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. v. 6, p. 58-66, 2011.

Oliveira Júnior, S.; Neto, M. B.; Ramos, J. P. F. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido Paraibano. *Tecnologia & Ciências Agropecuária*, v. 3, p. 7-12, 2009.

Oliveira, M.V. A. M.; Villas Bôas R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. *Engenharia Agrícola* v.28, p.95-103, 2008.

Orona, C. I.; Rivera, G. M.; Troyo, D. E.; Espinoza, A. J. J.; Flores, H. AExtracción nutrimental de nopal verdura bajo condiciones de riego por goteo. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, v. 6, p. 81-103, 2005.

Pereira, P. C.; Silva, T. G. F.; Zolnier, S.; Morais, J. E. F.; Santos, D. C. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. *Revista Caatinga (Online)*, v. 28, p. 184-195, 2015.

Pimentel Gomes, F. Curso de Estatística Experimental. São Paulo: Nobel, 1985. 467p.

Possas, J. M. C.; Correa, M. M.; Moura, G. B. A.; Lopes, P. M. O.; Caldas, A. M.; Fontes Júnior, R. V. P. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-mansão no Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.993-998, 2012.

Queiroz, M. G.; Silva, T. G. F.; Zolnier, S.; Silva, S. M. S.; Lima, L. R.; Alves, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, p.931-938, 2015.

Ramos, J. P. R.; Leite, M. L. M. V.; Oliveira Júnior, S.; Nascimento, J. P.; Santos, E. M. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. *Revista Caatinga*, v. 24, p. 41-48, 2015.

Rodriguez, J. L. Atlas Escolar Paraíba. João Pessoa: Editora Grafset, 2002.

Rodríguez, S. B.; Pérez, F. B. Eficiencia fotosintética del nopal (*Opuntia spp.*) en relación con la orientación de sus cladodios. Chapingo, Colegio de PostGraduados, México, 1975. 95p. Dissertação Mestrado

Sadras, V.O.; Lawson, C. Nitrogen and water-use efficiency of Australian wheat varieties released between 1958 and 2007. *European Journal of Agronomy*, v.46, p.34-41, 2013.

Sales, A. T.; Leite, M. L. M. V.; Alves, A. Q.; Ramos, J. P. F.; Nascimento, J. P. Crescimento vegetativo de palma forrageira em diferentes densidades de plantio no Curimatú Paraibano. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v. 7, p. 19-24, 2013.

Sampaio E. V. S. B; Salcedo I. H & Silva F.B.R. Fertilidade de solos do semi-árido do Nordeste, p.23-28, 2008.

Sampaio, E. V. S. Fisiologia da palma. In: Menezes R. S. C.; Simões, D. A.; Sampaio, E.V.S.B. 1.ed. A palma do Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: UFPE, 2005. 43-56p.

Sanglard, D. A.; Braz, L. C. C.; Melo, G. G. . Prospecção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim. Caderno de Ciências Agrárias, v. 5, p. 275-280, 2013.

Santos, D. C. dos; Santos, M. V. F.; Dias, F. M.; Lira, M. A. Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (Opuntia e Nopalea). Revista Brasileira Zootecnia. v. 30, p.64-83, 2012.

Santos, D. C. Manejo e utilização da palma forrageira (Opuntia e Nopalea) em Pernambuco. Recife: IPA, 2006. 48p.

Santos, D.C.; Lira, M.A; Silva, M.C. et al. Genótipos de Palma Forrageira para Áreas Atacadas pela Cochonilha do Carmim no Sertão Pernambucano. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 6, 2011, Búzios. Anais...Búzios: SBMP, 2011. CD Rom.

Santos, M. V. F. dos; Lira, M. de A.; Farias, I.; Burity, H. A.; Nascimento, M. M. A.; Santos, D. C.; Tavares Filho, J. J. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira “Gigante”, “Redonda” (Opuntia ficus-indica Mill) e “Miúda” (Nopalea cochenillifera Salm-Dick) na produção de leite. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v.19, p.504-511, 1990.

Santos, M. V. F.; Lira, M. A.; Dubeux Júnior, J. C. B. Potential of Caatinga forage plants in ruminant feeding. Revista Brasileira de Zootecnia v.39, p.204-215, 2010a.

Sebrae – RN. Palma forrageira e adensada e irrigada. 2010. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2014/06/03/palma-forrageira-um-adensamento-providencial-artigo-de-joao-suassuna/>.

Senar. Palma forrageira: Cultivo de palma forrageira no semiárido brasileiro. Coleção Senar. Série II, Brasília, DF, 52p. 2013.

Sheinvar, L. Taxonomiadas opuntias utilizadas. Barbera, Guiseppe; Inglese, Paolo. Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira. Paraíba: Sebrae/PB, ed.4, p.20-27. 2001.

Silva P. F. Crescimento e Produtividade de Palma Forrageira Sob Diferentes Lâminas de Irrigação e Adubação Nitrogenada. Campina Grande: UFCG, 2017, 72p. Tese Doutorado

Silva, I. N.; Fontes, L. O.; Tavella, L. B.; Oliveira, J. B.; Oliveira, A. C. Qualidade de Água na Irrigação. Revista de Agropecuária Científica no Semiárido, v.07, p.01-15, 2011.

Silva, J. A.; Bonomo, P.; Donato, S. L. R.; Pires, A. J. V.; Rosa, R. C. C.; Donato, P. E. R. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 7, p. 866-875, 2012.

Silva, N. G. M.; Lira, M. A.; Santos, M. V. F.; Dubeux JR., J. C. B.; Mello, A. C. L.; Silva, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira. Brazilian Journal of Animal Science, v. 39, p. 2389-2397, 2010.

Silva, T. G. F.; Araújo Primo, J. T.; Moraes, J. E. F.; Diniz, W. J. S.; Souza, C. A. A.; Silva, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. Revista Caatinga, v.28, p.10-18, 2015.

Souza, L. S. B.; Moura, M. S. B. de; Silva, T. G. F. da; Soares, J. M.; Carmo, J. F. A. do; Brandão, E. O. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia* sp.). In: jornada de iniciação científica da embrapa semiárido, ed.3, 2008.

Suassuna, P. A review of applied *Opuntia* forage production Technologies and costs for northeastern Brazil. Journal of the Professional Association for Cactus Development, v.10, p.171-197, 2008.

Suassuna, P. Lucratividade da Cultura da Palma Forrageira na Paraíba. 1993.

Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954p.

Teles, M. M.; Santos, M. V. F.; Dubeux Júnior, J. C. B.; Bezerra Neto, E.; Ferreira, R. L. C.; Lucena, J. E. C.; Lira, M. A. Efeitos da Adubação e de Nematicida no Crescimento e na Produção da Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, p.52-60, 2004.

Torres Neto, A. B. Estudo da pré-hidrolise ácida da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill). Campina Grande: UFCG, 2010. 73p. Dissertação Mestrado

Tosto, M. S. L.; Araújo, G. G. L.; Oliveira, R. L. Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado de vitivinícolas. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.8, p.239- 249, 2007.

Trani, P. E.; Tivelli, S. W. O; Carrijo, O. A. Fertirrigação em hortaliças. Boletim Técnico. Campinas: Instituto Agrônômico. 2.ed. n.196. 51p. 2011.

Vasconcelos, A. G. V.; Lira, M. A.; Cavalcanti, V. L. B. Seleção de clones de palma forrageira resistente a cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, p. 827-831, 2009.

Viana, O. J. Pastagens de cactáceas nas condições do Nordeste. Zootecnia, Nova Odessa, v. 7, p. 55-65, 1969.

Villas Bôas, R. L.; Fernandes, D. M.; Boaretto, A.E.; Godoy, L.G. Fertirrigação: uso e manejo. In: Congresso Brasileiro DE Ciência do Solo, v.30, p.15-32 2005.

Wyman, C. E. What is (and is not) vital to advancing cellulosic ethanol. Trends in Biotechnology, v. 25, p.153-157, 2007.

Zhang, J. & Smith, K. R. Household air pollution from coal and biomass fuels in China: Measurements, health impacts, and interventions. Environ Health Perspect, v. 115, p. 848–855, 2007.

