

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**PRODUTIVIDADE, MORFOMETRIA E ACÚMULO DE NUTRIENTES DA PALMA  
FORRAGEIRA SOB DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DENSIDADES DE  
PLANTIO**

**NALÍGIA GOMES DE MIRANDA E SILVA**  
Zootecnista

**RECIFE-PE  
NOVEMBRO-2012**

*Produtividade, morfometria e acúmulo de nutrientes...*

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**PRODUTIVIDADE, MORFOMETRIA E ACÚMULO DE NUTRIENTES DA PALMA  
FORRAGEIRA SOB DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DENSIDADES DE  
PLANTIO**

**NALÍGIA GOMES DE MIRANDA E SILVA**

**RECIFE-PE  
NOVEMBRO-2012**

**NALÍGIA GOMES DE MIRANDA E SILVA**

**PRODUTIVIDADE, MORFOMETRIA E ACÚMULO DE NUTRIENTES DA PALMA  
FORRAGEIRA SOB DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DENSIDADES DE  
PLANTIO**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, do qual participam a Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Forragicultura.

**Comitê de Orientação:**

Profa. Mércia Virginia Ferreira dos Santos, Dra.

Prof. José Carlos Batista Dubeux Júnior, PhD.

Prof. Márcio Vieira da Cunha, Dr.

**RECIFE-PE  
NOVEMBRO-2012**

Ficha catalográfica

S586p Silva, Nalígia Gomes de Miranda e  
Produtividade, morfometria e acúmulo de nutrientes da  
palma forrageira sob doses de adubação orgânica e  
densidades de plantio / Nalígia Gomes de Miranda e Silva. –  
Recife, 2012.  
97 f. : il.

Orientadora: Mércia Virginia Ferreira dos Santos.  
Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal  
Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife,  
2012.  
Inclui referências e apêndice.

1. Espaçamento de plantio 2. Esterco bovino  
3. Nutrientes 4. *Opuntia* I. Santos, Mércia Virginia Ferreira  
dos, orientadora II. Título

CDD 636

**NALÍGIA GOMES DE MIRANDA E SILVA**

**PRODUTIVIDADE, MORFOMETRIA E ACÚMULO DE NUTRIENTES DA PALMA  
FORRAGEIRA SOB DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DENSIDADES DE PLANTIO**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 29 de outubro de 2012.

**Orientadora:**

---

Profa. Mércia Virginia Ferreira dos Santos.  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE  
Departamento de Zootecnia

**Comissão Examinadora:**

---

Prof. Alexandre Carneiro Leão de Mello  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Departamento de Zootecnia

---

Prof. Divan Soares da Silva  
Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Ciências Animal

---

Prof. Mário de Andrade Lira  
Instituto Agronômico de Pernambuco

---

Pesq. Tadeu Vinhas Voltolini, D.Sc.  
EMBRAPA- Semiárido

**RECIFE-PE  
NOVEMBRO-2012**

*A Deus.*

*A minha mãe Cecília Gomes da Silva pelo, carinho e amor dado durante toda a minha trajetória.*

*Ofereço*

*À minha irmã Nerielle, pela compreensão nos momentos difíceis.*

*À meu pai Bonifácio, pelo sacrifício e estímulo na minha formação escolar.*

*À minha tia Nerine, pelo auxílio na formação escolar e por acreditar em mim.*

*À minha amada mãe Cecília, pelos momentos compartilhados, pelo esforço, dedicação, carinho e atenção, pessoa a qual tudo devo não só pelo fato de ter me gerado, mas por ser a amiga mais verdadeira que tive quando as dificuldades duraram e repentinamente caíram sobre mim. Quando a adversidade tomou o lugar da prosperidade; quando os problemas complicaram-se ao meu redor, a senhora estava lá, e se esforçou através de seus doces preceitos e conselhos para dissipar as tristezas, e fazer com que a paz voltasse ao meu coração, eu te amo muito.*

*Dedico*

O valor das coisas não está no tempo que elas duram,  
mas na intensidade com que acontecem.  
Por isso existem momentos inesquecíveis,  
coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.

Fernando Pessoa

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela minha vida e da minha família, além de toda força concedida para a realização deste trabalho.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, em especial ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia – PDIZ, pela oportunidade e aprendizado.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, Sede e Estação Experimental de Caruaru, pela parceria para a realização deste trabalho e pela convivência construtiva com todos os funcionários.

A minha orientadora Profa. Mércia Virginia Ferreira dos Santos, pela dedicação, ensinamentos e orientação ao longo dos anos.

Aos professores co-orientadores José Carlos Batista Dubeux Júnior e Márcio Vieira da Cunha, pelas contribuições imprescindíveis para realização e melhoria do trabalho.

Aos professores Mário de Andrade Lira e Alexandre Carneiro Leão Mello, por toda experiência de vida e profissional transmitidos durante todo o período do curso.

Aos professores Egídio Bezerra Neto e Levy Paes Barreto, pelos ensinamentos, amizade, força e apoio na realização das análises laboratoriais.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos pesquisadores do IPA Ivan Ferraz e Djalma Cordeiro dos Santos, pelo apoio para a realização da pesquisa.

Aos componentes da banca examinadora, pela importante contribuição na melhoria da tese.

Aos funcionários da Pós-Graduação em Zootecnia, na pessoa de Wagner, Camila e Cristina, pela atenção recebida durante essa jornada.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Vitor e Raquel, pelos ensinamentos nos momentos de realização das análises.

Aos colegas e amigos que fiz durante toda a minha pós-graduação nesta Universidade, que compartilharam momentos intensamente vividos.

Aos amigos da forragem Adeneide, Felipe, Marta, Socorro, Vicente, Hiran, Joelma, Vanessa, Adílio, Marcelo, Stênio, Janete, Valéria, Rerisson, Bruno, Laura, Francisco, Amanda, Talita, Carolina, Gabriela, Andréa, Mônica, Liz Carolina, Tatiana, Erinaldo, Diego e Nunes, pelos momentos compartilhados e cumplicidade.

Aos amigos da pós-graduação Paulo Márcio, Paulo Marcílio, Paulo Soares, Luciana, Daniel, Lígia, Anidene, Marcos, Clenilson e Fabiana, pelo apoio.

Ao amigo da graduação em Zootecnia João Manoel Carneiro Leão Neto, pela colaboração nas atividades experimentais e convivência espirituosa.

Aos amigos do IPA Marilene, Sandra, Fábio, Nenêm, Gildo, José Mário, José Miguel, Maria da Conceição e Mirian, pela assistência na realização do trabalho.

A Valeska (*in memoriam*), que lutou por seus sonhos, mas Deus a quis perto dele e sou grata por ter a conhecido e compartilhado grandes momentos.

A aluna da graduação Priscila, pelo apoio durante o período experimental.

A técnica bibliotecária Ana Katarina, pela atenção, amizade e contribuição na parte escrita da tese.

A minha irmã Nerielle, pelo apoio, torcida e palavras de conforto em momentos difíceis.

A minha tia Nerine, pela atenção e compreensão das dificuldades durante esta jornada.

As minhas tias Izabel, Ivone, Iraci e Severina (Lila), pelas palavras de confortos em momentos difíceis.

As minhas primas Marli, Márcia Izarele, Liziane, Leila, Lilian, Kilma e Carolina pelo carinho e crença em mim.

Ao meu primo Edvaldo (Júnior), pelo apoio e socorro na parte de informática.

Ao meu primo Leonardo, pelo apoio e torcida.

A minha mãe Cecília, pelo amor e carinho, além de sua companhia e contribuição na parte experimental.

A todos que participaram dessa jornada de forma direta ou indireta e que contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

NALÍGIA GOMES DE MIRANDA E SILVA, filha de Bonifácio Francisco da Silva e Cecília Gomes da Silva, nasceu em Vitória de Santo Antão – PE em 28 de dezembro de 1983. Em dezembro de 2000 concluiu o 2º grau pelo colégio Damas em Vitória de Santo Antão. Cursou graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, iniciando em 2002 e concluindo em 2006. Em 2007 ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, na área de concentração em Forragicultura, concluindo o curso de mestrado em fevereiro de 2009. Em março de 2009 ingressou no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE, concluindo o curso em outubro de 2012.

## SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas .....	xiii
Lista de Figuras .....	xiv
Resumo Geral.....	xvi
Abstract .....	xvii
Considerações Iniciais.....	18
Capítulo 1 – Referencial Teórico.....	20
Referências Bibliográficas.....	29
Capítulo 2 – Características morfológicas, produtivas da palma sob diferentes doses de adubação orgânica e densidade de plantio.....	34
Resumo.....	35
Abstract .....	36
Introdução.....	37
Material e Métodos.....	38
Resultados e Discussão.....	41
Conclusões.....	62
Referências.....	62
Capítulo 3 – Acúmulo de N, P e K na palma forrageira submetida a doses de adubação orgânica e densidades de plantios.....	68
Resumo.....	69
Abstract.....	70
Introdução.....	71
Material e Métodos.....	72
Resultados e Discussão.....	77
Conclusões.....	89
Referências.....	90
Considerações Finais.....	97

## **LISTAS DE TABELAS**

### **Capítulo 2**

1	Resultado da análise de amostras de solo da área experimental, Caruaru – PE.....	39
2	Valores médios e resultado do teste F para os diferentes fatores avaliados.....	42

### **Capítulo 3**

		Página
1	Resultado da análise do esterco bovino utilizado no experimento Caruaru- PE.....	74
2	Cronograma de atividades durante a execução do experimento.....	75

## **LISTA DE FIGURAS**

### **Capítulo 2**

	Página
1 Precipitação total mensal durante o crescimento do palmal.....	38
2 Produtividade de matéria seca (t/ha/dois anos) da palma forrageira submetida a diferentes densidades de plantios e doses de adubação orgânica.....	45
3 Eficiência da adubação orgânica na produtividade do Clone IPA-20 (t MS/ t de esterco bovino) submetido a diferentes doses de adubação orgânica e densidades de plantio.....	47
4 Altura de planta (cm) de palma forrageira sob diferentes doses de adubação orgânica.....	49
5 Número de cladódio terciário na palma forrageira recebendo diferentes doses de adubação orgânica e densidades plantios.....	50
6 Número de cladódios quaternários da palma forrageira Clone IPA-20 submetida a diferentes doses de adubação orgânica.....	52
7 Perímetro médio do cladódio terciário em plantas com dois anos de idade sob diferentes doses de adubação orgânica.....	54
8 Perímetro do cladódio quaternário em plantas com dois anos de idade sob diferentes doses de adubação orgânica.....	55
9 Comprimento de cladódios quaternários da palma forrageira cultivada em diferentes doses de adubação orgânica.....	56
10 Espessura de cladódios primários de palma submetida a diferentes doses de adubação orgânica e densidades de plantio.....	58
11 produtividade do cladódio planta por área após seis anos de plantio em diferentes densidades de plantio.....	60
12 Peso seco da raiz de palma forrageira Clone IPA-20 submetida a diferentes densidades de plantios.....	61

### **Capítulo 3**

	Página
1 Precipitação mensal durante a realização das atividades experimentais, Caruaru – PE.....	73
2 Taxa de acúmulo e liberação diária de nitrogênio (A), fósforo (B) e potássio (C) em palma forrageira cultivada na densidade de 40.000 plantas/ha adubada com 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/2 anos.....	78
3 Taxa de acúmulo e liberação diária de nitrogênio (A), fósforo (B) e potássio (C) em palma forrageira cultivada na densidade de 80.000 plantas/ha adubada com 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/2 anos.....	83
4 Taxa de acúmulo e liberação diária de nitrogênio (A), fósforo (B) e potássio (C) em palma forrageira cultivada na densidade de 160.000 plantas/ha adubada com 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/2 anos.....	87

## **RESUMO GERAL**

A palma forrageira é um importante recurso forrageiro para as regiões semiáridas. Foram realizados dois experimentos durante os anos de 2009 a 2011, na Estação Experimental de Caruaru, pertencente ao Instituto Agronômico de Pernambuco- IPA. O objetivo do primeiro experimento foi avaliar o efeito de diferentes doses de adubação orgânica (20, 40 e 80 t/ha de esterco bovino/2 anos) e densidades de plantio (20, 40, 80 e 160 mil plantas/ha) nas características morfológicas, produtivas, cladódio-planta e sistema radicular de um palmar de Clone IPA-20 com dois anos de rebrota. O segundo experimento consistiu em acompanhar a dinâmica de composição de N, P e K da palma forrageira, nas diferentes densidades de plantio (40, 80 e 160 mil plantas/ha) e doses de adubação orgânica (20, 40 e 80 t/ha de esterco bovino/2anos), bem como, avaliar a dinâmica de N, P e K solúveis no esterco aplicado, por meio da utilização de sacos de “nylon” em diferentes tempos (0, 4, 8, 16, 32, 64,128, 256, 512 e 678 dias) de incubação no solo. Para a produtividade de matéria seca verificou-se curvas com comportamentos quadrático, linear e exponencial positiva para as doses de 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/dois anos, respectivamente. Observaram-se maiores produções com aumento da densidade de plantio e aplicação de 80 t de esterco bovino. As características morfológicas da palma foram influenciadas pelas doses de adubação orgânica, tendendo as maiores medidas com a utilização de 80 t de esterco bovino/ha/dois anos. Os pesos secos do cladódio-planta e sistema radicular foram influenciados pelas densidades de plantio, apresentando curvas com comportamento exponencial positiva, ocorrendo maior produtividade por área com o aumento da densidade populacional. A liberação de N, P e K do esterco bovino nas populações de 40, 80 e 160 mil plantas/ha cessou aos 128 dias após aplicação do adubo. Por outro lado, foi verificado que a palma acumulou nutriente, provavelmente, de outras fontes. A taxa de acúmulo diário por área de N, P e K nas populações de 40, 80 e 160 mil plantas/ha aumentou ao longo dos dias de crescimento independentemente das doses de adubação orgânica utilizadas. Produtores rurais, que almejam cultivar a palma forrageira utilizando esterco bovino, deverá adubar o palmar com mais frequência.

## **ABSTRACT**

The cactus is an important forage resource for semiarid regions. Two experiments were conducted during the years 2009 to 2011, at the Experimental Station Caruaru belonging to the Agronomic Institute of Pernambuco-IPA. The objective of the first experiment was to evaluate the effect of different doses of organic manure (20, 40 and 80 t / ha of manure / 2 years) and population densities (20, 40, 80 and 160 thousand plants / ha) on morphology, productive, cladode plant and root system of a palmar IPA Clone-20 with two years of regrowth. The second experiment was to monitor the dynamic composition of N, P and K of cactus pear in different densities (40, 80 and 160 thousand plants / ha) and doses of organic manure (20, 40 and 80 t / ha of manure / 2 years), as well as evaluate the dynamics of N, P and K soluble in manure applied by using bags "nylon" at different times (0, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 and 678 days) of incubation in the soil. For the dry matter yield was found with behaviors quadratic curves, linear and exponential positive for doses of 20, 40 and 80 t of manure / ha / two years respectively. We observed higher yields with increased population density and application of 80 tons of manure. The morphological characteristics of the palm were influenced by the levels of organic manure, tending the major measures with the use of 80 tons of manure / ha / two years. The dry weight of the plant and root system cladodes were influenced by population densities, with exponential curves with positive behavior, trending higher weight per area with increasing population density. The release of N, P and K from manure on populations of 20, 40, 80 and 160 thousand plants / ha ceased to 128 days after fertilizer application. Moreover, it was found that the palm accumulated nutrient probably from other sources. The accumulation rate per area of N, P and K in the populations of 20, 40, 80 and 160 thousand plants / ha increased over the days of growth regardless of doses of organic fertilizer used. Farmers, who want to cultivate cactus using cattle manure will fertilize the palmar more often.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A faixa territorial considerada Semiárido do Brasil abrange a região Nordeste e parte de Minas Gerais. O bioma Caatinga está presente nos estados da Paraíba, Pernambuco, sudeste do Piauí, oeste de Alagoas e Sergipe, região norte e central da Bahia, estendendo-se até Minas Gerais.

A vegetação da Caatinga apresenta grandes variações de massa de forragem, devido irregularidade na distribuição de chuvas e elevada evapotranspiração, comprometendo o desempenho animal. No sistema fundiário da região, predominam propriedades de base familiar, sendo a maioria dedicada à pecuária e a agricultura de autoconsumo.

A agricultura de sequeiro, por sua vez, convive com altos riscos e tem sido baseada em poucos pousios. Como resultado deste processo, há redução na fertilidade dos solos nas propriedades localizadas nessa região.

A palma forrageira representa uma das opções de cultura xerófila com elevado potencial de exploração, sendo cultivadas predominantemente duas espécies, a *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck e a *Opuntia ficus-indica* Mill, as quais são adaptadas à região seca, alta palatabilidade e de satisfatória produção de forragem em condições de sequeiro. Apresentam elevado teor de umidade e minerais, reduzido teores de proteína bruta, matéria seca e fibra em detergente neutro e detergente ácido. Além disso, apresenta alto coeficiente de digestibilidade, sendo a principal fonte alimentar dos ruminantes.

Vale ressaltar que o nível de adubação orgânica e espaçamentos de plantios adequados no estabelecimento da palma, podem contribuir para obtenção de elevada produtividade por área. A maioria das pesquisas apontam respostas positivas da palma quanto à aplicação de adubo mineral e orgânico. Quanto à utilização de adubo orgânico, o esterco bovino é maior, devido à facilidade de aquisição do mesmo.

O entendimento da influência desses aspectos de manejo no crescimento e desenvolvimento da planta, é de grande importância para se conhecer o potencial produtivo e a composição química da palma, quanto cultivada em diferentes espaçamentos de plantio e doses de adubação orgânica. Além disso, o conhecimento da dinâmica de nutrientes, via esterco, por meio da utilização de sacos de “nylon” pode esclarecer algumas dúvidas em termos da necessidade de adubação orgânica nas diferentes fases de crescimento, visando maximizar a produção da palma forrageira.

Assim, a presente tese objetiva avaliar as características morfológicas e produtivas do Clone IPA-20, submetido a diferentes doses de adubação orgânica e densidades de plantio, além de obter informações sobre o sincronismo de nutrientes à palma por meio da aplicação do esterco bovino.

**CAPÍTULO 1**  
**REFERENCIAL TEÓRICO**

**O SEMIÁRIDO BRASILEIRO E A PALMA FORRAGEIRA**

---

## **1. Características edafoclimáticas do Semiárido brasileiro**

No Brasil, a faixa territorial considerada como semiárida apresenta área de aproximadamente 969.589,4 km<sup>2</sup>, representando 13% do território brasileiro e 69,2% da região Nordeste (Ministério da Integração Nacional, 2006), abrangendo os estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e o norte do estado de Minas Gerais (Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro, 2005).

Esta área é caracterizada por solos rasos e de média a alta fertilidade (Oliveira et al., 2010), com algumas exceções, são poucos desenvolvidos, mineralmente ricos, pedregosos, pouco espessos e com fraca capacidade de retenção de água (Alves, 2007). Especificamente no estado de Pernambuco, há várias classes de solos. De acordo com Santos et al. (2002), estão presentes os latossolos, argilossolos, neossolos, entre outros provenientes de sedimentos da área pedimentar.

Quanto ao aspecto climático da região, esta é caracterizada por apresentar elevadas temperaturas, reduzida pluviosidade (Maia et al., 2006), alta intensidade luminosa e baixa umidade relativa do ar o que provocam elevada demanda evaporativa, oscilando entre 1.200 a 1.500 mm anuais (Araujo Filho et al., 2000).

Santos et al. (2010a) comentam que a ocorrência de precipitação pluvial no Nordeste do Brasil é resultante da presença de vórtices ciclônicos de altas doses, que acontecem com maior frequência nos meses de setembro a abril. Conforme Prado (2003), a precipitação pluvial média anual varia de 250 a 1500 mm, contudo mais da metade da região recebe menos que 750 mm e algumas áreas centrais menos de 500 mm. A maioria das chuvas na Caatinga (50 a 70%) são concentradas em três meses consecutivos, apesar da alta variação anual e dos longos períodos de seca serem frequentes (Nimer, 1972).

## **2. Caracterização da Palma Forrageira**

### **2.1 Considerações botânicas**

A palma forrageira pertence à divisão Angiosperma, Classe Eudicotiledoneas, Ordem Caryophylliales e família Cactaceae (With et al., 2009). Nessa família, existem 178 gêneros, com cerca de 2.000 espécies conhecidas. Os gêneros *Opuntia* e *Nopalea* estão presentes às espécies de palma mais utilizadas como forrageiras (Bravo, 1978). O gênero *Opuntia* é o mais diverso e amplamente distribuído nas Américas, incluindo 188 espécies, sendo 78 delas

nativas do México, local onde é encontrado maior número de genótipos nativos e cultivadas do mundo (López-Palacios et al., 2012). Entretanto, no Brasil estão presentes 32 gêneros, com 160 espécies distribuídas em todas as regiões (Necchi, 2011).

Scheinvar et al. (2001) relatam para o gênero *Opuntia*, cladódios obovalados, com aréolas dispostas em nove séries espirais, nas quais os espinhos são quase ausentes. Apresenta flores amarelas que formarão frutos piriformes com muita poupa. Enquanto que, o gênero *Nopalea* apresenta cladódios oblongos com 10 séries espirais, sem espinhos, sendo raro em cladódio maduro. Apresenta flores tubulares de cor vermelha-púrpura, originando frutos obovalados sem espinhos e com gloquídios.

## **2.2 Distribuições geográficas da palma**

A região de origem das palmas dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* é o continente americano. O gênero *Opuntia* tem o México como centro de origem (Flores, 1994). Em todo o mundo já foram catalogados, aproximadamente, 300 espécies de cactáceas pertencentes ao gênero *Opuntia*, que estão distribuídas desde o Canadá até a Argentina (Oliveira et al., 2011a). O gênero *Nopalea* é nativo da América central (Gomez-Flores et al., 2006) ocorre do México ao Panamá e encontra-se aclimata em diversos países (Hunt & Taylor, 1990).

Locais onde as noites são frias e a umidade do ar elevada, com a possível ocorrência de orvalho, representam condições ótimas para o cultivo desta planta. Em localidades cujas noites são quentes e secas, a cultura perde muita água e o seu desenvolvimento é prejudicado (Sampaio, 2005). Normalmente, regiões marcadas por invernos com temperaturas baixas limitam o cultivo da palma forrageira. Estudos realizados na região de Mendoza-Argentina demonstraram que a *Opuntia ficus indica* é a mais indicada para a produção de forragem nas áreas com invernos muito frios ( $-5^{\circ}\text{C} < t < 3^{\circ}\text{C}$ ) (Guevara et al., 2000).

De acordo com Santos et al. (2006), vários países estão cultivando a palma, dentre eles: Itália, Espanha, Portugal, Israel, África do Sul, Egito, Líbia, Tunísia, Argélia, Marrocos, México, Estados Unidos da América, Colômbia, Bolívia, Peru, Brasil e Chile. O Brasil destaca-se por possuir a maior área cultivada de palma forrageira, quanto à produção de frutos e verduras o México é o maior produtor. Aproximadamente 1.500 espécies de cactos pertencentes ao gênero *Opuntia* estão distribuídos na África, países do Mediterrâneo, no Sudoeste dos Estados Unidos e Norte do México por ser um alimento rico em nutrientes (Matthaus & Ozcan, 2011).

A palma foi introduzida no Brasil em meados do século XVIII, pelo interesse da coroa portuguesa no carmim, corante vermelho usado na indústria têxtil da época, o qual era extraído da cochonilha, inseto que se desenvolve sobre as cactáceas do gênero *Opuntia*. Em Pernambuco, as primeiras sementes e plantas de palma chegaram ao jardim botânico de Olinda em 1811 para serem cultivadas (Simões et al., 2005).

O cultivo da palma como forrageira no Nordeste do Brasil teve início no século XX, nesta mesma época estava acontecendo o cultivo nas regiões áridas e semiáridas dos Estados Unidos, África do Sul, México e Austrália (Teixeira et al., 1999). Em Pernambuco e Alagoas, a palma é cultivada nas principais bacias leiteiras, estima-se que existem atualmente na região Nordeste do Brasil, aproximadamente, 500.000 ha cultivados constituindo-se uma das principais forrageiras para o gado leiteiro na época seca (Dubeux et al., 2010a). Entretanto, esta planta também é cultivada predominantemente nos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Bahia (Oliveira et al., 2011b).

### **2.3 Importância da palma forrageira no Nordeste brasileiro**

A palma apresenta diversas finalidades tais como: alimentação animal e humana, função medicinal, elaboração e composição de cosméticos (Ribeiro et al., 2010). Logo, desempenha importante papel econômico e social nas regiões áridas e semiáridas do mundo, (Ginestra et al., 2009). A utilização da palma forrageira na alimentação animal é prática comum na região Nordeste do Brasil sendo as cultivares gigante e redonda cultivadas em maior escala no estado de Pernambuco, enquanto que, a Miúda, em maior escala no estado de Alagoas (Silva et al., 2010).

Esta forrageira apresenta características morfofisiológicas importantes que a torna tolerante à longa estiagem (Oliveira et al., 2011a; Ramírez-Tobías et al., 2007). Com relação ao metabolismo fotossintético, apresenta metabolismo ácido das crassuláceas, que se caracteriza pelo fechamento dos estômatos durante o dia e abertura destes a noite, para a fixação de CO<sub>2</sub> e reduzindo a perda de água (Malona et al., 2011; Sampaio, 2005). Desse modo, a palma cresce em regiões áridas e semiáridas, onde a produção de outras forrageiras é limitada (En Nouri et al., 2006).

A palma apresenta baixo teor de matéria seca e elevada concentração de água, o que a torna um alimento importante para os rebanhos nos períodos de longas estiagens por fornecer não apenas alimento verde, mas pela capacidade de suprir grande parte das necessidades de água dos animais, onde este é um nutriente escasso (Flores-Hernández et al., 2004; Oliveira et

al., 2007; Santos et al., 2001). Além disso, é um alimento rico em minerais, açúcar e cálcio, porém, pobre em proteína bruta e fibra (Abidi et al., 2009). Conforme Araujo et al. (2005b), a planta apresenta alto conteúdo de vitamina A, 29 µg de carotenoides, 13 mg de ácido ascórbico, P (0,08–0,18%), Ca (4,2%), K (2,3%) e Mg (1,4%).

Esta forrageira ainda apresenta elevado coeficiente de digestibilidade da matéria seca e alta produtividade. Vale ressaltar a alta produção de matéria seca da palma em secas prolongadas, em relação a outras forrageiras, sendo uma das principais opções disponíveis em determinadas situações (Santos et al., 2001). Entretanto, para que a palma expresse o seu potencial de produção necessita de adubação, controle de ervas daninhas e densidades de plantios adequados podendo a produção de matéria seca variar de 12 a 47 toneladas a cada dois anos (Araujo et al., 2004).

Por outro lado, após a colheita a palma é transportada até o local de utilização e esta operação, geralmente feita diariamente, aumenta os custos de produção (Santos et al., 2010d). Segundo Santos et al. (1992), o armazenamento da até 16 dias pós-colheita não promove perdas significativas de matéria seca, proteína bruta, fibra bruta e carboidratos solúveis nas cultivares de palma Redonda, Gigante e Miúda, podendo ser realizado. Santos et al. (1998) verificaram que o armazenamento da palma até 16 dias pós-colheita não influenciou a produção de leite das vacas em lactação.

### **3. Espécies de Palma Forrageira**

#### **3.1. *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck**

A espécie *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck é conhecida no Brasil como palma Miúda ou Doce, sendo cultivada no Semiárido brasileiro, sobretudo em fazendas de gado leiteiro, onde as maiores áreas de cultivo são encontradas nos estados de Alagoas, Pernambuco e Paraíba (Castro et al., 2011). Conforme Oliveira et al. (2011a), são plantas de pequeno porte e caule bastante ramificado, com raquetes pesando em torno de 350g, com 25 cm de comprimento, forma acentuadamente ovalada (ápice mais largo que a base) e coloração verde intenso brilhante.

A palma Miúda produz, em média, 68 t/ha ano de matéria verde em uma densidade de plantio de 20 mil plantas por hectare. Em virtude da multiplicação mais rápida do que as outras cultivares, tornando possível a realização de colheitas com intervalo de um ano, o que não é recomendado para as cultivares redonda e gigante. O seu valor nutritivo é considerado

melhor se comparada com as demais cultivares (Vasconcelos et al., 2007), por apresentar maior teor de matéria seca e cálcio (Santos et al., 1990) e de carboidratos em relação ao gênero *Opuntia* (Santos et al., 1992).

Torres et al. (2009) estudaram a cultivar Miúda e relataram teores de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, carboidratos totais, e carboidratos não fibrosos de 10,28; 87,38; 5,48; 2,22; 12,62; 37,32; 20,16 e 79,68%, respectivamente.

### **3.2. *Opuntia ficus indica* Mill**

Em Pernambuco predomina o cultivo das palmas Gigante e Redonda (Torres et al., 2009). A cultivar Gigante também é conhecida como palma azeda, graúda ou santa (Oliveira et al., 2010). O gênero *Opuntia* é bastante desenvolvido, com caule menos ramificado, conferindo aspecto mais ereto e crescimento mais vertical. O cladódio pesa, em média, 1 kg e suas flores é hermafrodita, de tamanho médio, coloração amarela brilhante, cuja corola fica aberta na antese. O fruto é uma baga ovalada, grande, de cor amarela, passando à roxa, quando maduro. (Oliveira et al., 2011b).

A produção varia com o espaçamento de plantio podendo atingir 56,5 t/ha/ano de matéria verde em espaçamento de 3m x 1m x 0,5m, com intervalo de corte de quatro anos mantendo-se os artigos secundários (Farias et al., 2000). Quanto a sua composição química apresenta teores de MS, MO, MM, PB, EE, CHT, CNF, FDN, FDA, NNP, Ca, e P de 10,7; 85,8; 14,2; 5,09; 2,0; 78,6; 53,2; 25,4; 22,0; 37,6; 2,87 e 0,36%, respectivamente (Melo et al., 2003).

A palma Redonda apresenta plantas de porte médio e caule muito ramificado lateralmente, reduzindo o crescimento vertical. A raquete pesa, em torno de 1,8 kg, possuindo 40 cm de comprimento, de forma arredondada e ovalada (Oliveira et al., 2011a).

A produção varia conforme o espaçamento de plantio, tendendo maior valor de massa verde de forragem, quando as populações de plantas são maiores, chegando a produzir 175,0 t/ha/ano de MV em densidade populacional de 20.000 plantas (1m x 0,5m), enquanto que, em densidade de 11.000 plantas (3,5m x 0,5m x 0,5m) a palma obteve produtividade de 135,0 t/ha/ano de MV (Farias et al., 2005). Quanto à composição química, a palma Redonda apresenta teores médios de MS, PB, FB e CHOS de 15,9; 3,7; 13,6 e 29,1%, respectivamente (Santos et al., 1992).

Além das cultivares Gigante e Redonda, o programa de melhoramento genético do IPA- UFRPE obteve o clone IPA-20, o qual se destacou como o mais produtivo em relação aos demais cultivares, com superioridade de, aproximadamente, 50%, ao ser comparado com a palma gigante. Assim, o Clone IPA-20 vem sendo multiplicado para distribuição aos agricultores (Santos et al., 2006). Contudo, este Clone é altamente susceptível a cochonilha do carmim (Vasconcelos et al., 2009).

A produção do Clone IPA-20 é influenciada pela aplicação de adubo orgânico e/ou química. Fernandes et al. (2009) relatam para os tratamentos sem adição de adubo, com adubação orgânica, com adubação mineral e associação destes, valores de produtividade para o Clone IPA-20 de 25, 120, 140 e 260 t/ha/ano de matéria verde, respectivamente. Dubeux Jr. et al. (2010a), trabalhando com adubação fosfatada e potássica no cultivo do Clone IPA-20, verificaram que a produção de matéria verde e o teor de matéria seca foram influenciados pela adubação potássica, tendendo a acréscimo no teor de enxofre e decréscimo no teor de cálcio na parte aérea da planta com a utilização das doses de K.

#### **4. Efeito do espaçamento e adubação na produção e qualidade da palma forrageira**

O sistema de cultivo da palma sofre influência de vários aspectos, como do espaçamento utilizado e a aplicação de adubo orgânico. O espaçamento de plantio na cultura de palma forrageira pode afetar a interceptação da luz e a eficiência fotossintética, influenciando no desenvolvimento e na produtividade da cultura (Oliveira, 2008). No Nordeste brasileiro, normalmente, se adota o espaçamento de 1 m entre linhas, enquanto que, em outros países, o espaçamento utilizado é de 3m ou mais, o que facilita a mecanização (Albuquerque & Rao, 1997) e está associado a uso da palma para produção de frutos e verduras.

A prática do cultivo adensado difundida recentemente possibilita atingir maiores produções de forragem por área, contudo, os custos de estabelecimento do palmar também são maiores e os tratos culturais tornam-se mais difíceis, além de não permitir consorciação com outra cultura (Farias et al., 2000). Conforme Teles et al. (2002), o que vai determinar o espaçamento de plantio da palma forrageira é a fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade de exploração e o consórcio a ser utilizado.

Vale ressaltar que a palma extrai elevadas quantidades de nutrientes do solo. Considerando produtividade média anual de 20 t MS/ha esta planta extrai, aproximadamente, 180 kg de N, 32 kg de P, 516 kg de K e 470 kg de Ca/ha (Dubeux Jr. & Santos, 2005). Ao se

adotar um sistema de plantio adensado, haverá maior extração de nutrientes do solo, assim, devem-se ter maiores cuidados com adubação, pois pode ocasionar amarelecimento dos artigos pela deficiência de nutrientes, ou ainda, pela presença de nematódeos (Teles et al., 2004).

Plantios menos adensados, segundo Oliveira Jr. et al. (2009), facilitam os tratos culturais com tração animal, importantes para a agricultura familiar. Além disso, reduz os riscos de pragas e doenças pela maior exposição dos artigos ao sol.

Ramos et al. (2011) trabalharam com diferentes densidades de plantio (5, 10 e 20 mil plantas/ha) e verificaram que a produção de fitomassa por área e a eficiência de uso de água das chuvas foram incrementadas com o adensamento, chegando a 130,06 kg/ha de massa verde e 6,13 kg/ha/ano por mm de chuva na população de 20 mil plantas. Quanto à composição química, em termos de MS, MM, MO, PB e FDA, os espaçamentos de plantio não influenciaram a composição químico-bromatológica da palma.

A adubação é um fator que pode interagir com o espaçamento utilizado, influenciando a produção de forragem obtida. Dubeux Jr. et al. (2010b) testaram o efeito de diferentes doses de adubação orgânica (20, 40 e 80 t/ha de esterco bovino/2 anos) e diferentes populações de planta (20, 40, 80 e 160 mil plantas/ha) e verificaram maior produção de biomassa da parte aérea ao utilizar 80 t/ha de esterco. Os autores também observaram que a biomassa do artigo planta e de raiz tendeu a reduzir com o aumento das densidades populacionais.

Por outro lado, Santos et al. (2010c) estudaram densidades de plantio de 20, 40, 80 e 160 mil plantas por hectare e adubação orgânica (20, 40 e 80 t/ha de esterco bovino/2anos) e verificaram que plantios com maiores doses de adubação orgânica promoveram aumento nas medidas de características morfológicas das plantas, entretanto, plantios mais adensados reduziram o número de cladódios por planta.

A rápida decomposição dos adubos orgânicos pode levar a redução do crescimento da palma, quando apenas a adubação orgânica é utilizada de uma única vez. Assim, a associação de adubações orgânicas e minerais, ou uso de adubos orgânicos com diferentes taxas de decomposição, possivelmente aumentaria o sincronismo entre demanda da cultura e suprimento de nutrientes pelos adubos orgânicos (Dubeux Jr. et al., 2012). Santos et al. (1996) constataram que adubação orgânica, na presença de adubação química, proporcionou as maiores produções de matéria seca de artigos de palma, com produção de 12,48 t/ha/dois anos.

De maneira geral, a palma forrageira, como qualquer cultura, responde positivamente as melhorias nas práticas de cultivo como adubação e técnica de plantio adequado. Desse

modo, para obter elevadas produções e manter essa produtividade, ao longo do tempo, todos os aspectos de manejos devem ser considerados e bem planejados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIDI, S.; BEN SALEM, H.; MARTÍN-GARCÍA, A.I. et al. Ruminal fermentation of spiny (*Opuntia amyclae*) and spineless (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cactus cladodes and diets including cactus. **Animal Feed Science and Technology**, v. 149, p.333-340, 2009.
- ALBUQUERQUE, S.G.; RAO, M.R. Espaçamento da palma forrageira em consórcio com sogro e fajão-de-corda no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.4, p.645-650, 1997.
- ALVES, J.J.A. Geoecologia da caatinga no semi-árido do nordeste brasileiro. **Revista de Climatologia e Estudos de Paisagem**, v.2, n.1, p. 58-72, 2007.
- ARAUJO FILHO, J.C.; BURGOS, N.; LOPES, O.F. et al. Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco. Rio de Janeiro: Embrapa Solos (Embrapa Solos, **Boletim de Pesquisa**), n.11, p. 382, 2000.
- ARAUJO, P.R.B.; FERREIRA, M.A.; BRASIL, L.H.A et al. Substituição do milho por palma forrageira em dietas completa para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p. 1850-1857, 2004.
- ARAUJO, L.F.; OLIVEIRA, L.S.C.; PERAZZO NETO, A. et al. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: relação com umidade ótima para fermentação sólida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.3, p.379-384, 2005.
- BRAVO, H. **Las Cactáceas de México**. 2. Ed. México: Universidade Nacional Autônoma do México, v.1, p.20. 1978.
- CASTRO, J.P.; ARÚJO, E.R.; RÊGO, M.M. et al. *In vitro* germination and disinfestation of sweet cactus (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm Dyck). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 509-512, 2011.
- DUBEUX JR., J.C.B.; ARAUJO FILHO, T.T.; SANTOS, M.V.F. et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.129-135, 2010a.
- DUBEUX JR., J.C.B.; SILVA, N.G.M.; SANTOS, M.V.F. et al. Organic fertilization and plant population affects shoot and root biomass of cactus pear forage (*Opuntia ficus indica* Mill.). In: The VII International Congress on Cactus Pear & Cochineal.– 2010b, Agadir, Morocco. The VII International Congress on Cactus Pear & Cochineal.
- DUBEUX JÚNIOR, 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**. 1. ed. Recife: Editora da UFPE, 2005. p.105-128.
- DUBEUX JR., J.C.B.; SARAIVA, F.M.; SANTOS, D.C. et al. Efeito da adubação sobre a produtividade de cultivares de palma forrageira. In: I WORKSHOP SOBRE PALMA FORRAGEIRA, 2012, Feira de Santana, Bahia. 2012. p. 45-59.

- EN NOURI, M.; FETOUI, H.; BOURRETY, E. et al. Evaluation of some biological parameters of *Opuntia ficus indica*. 2. Influence of seed supplemented diet on rats. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 2136–2140, 2006.
- FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C. et al. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira em consórcio com o sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.341-347, 2000.
- FARIAS, I.; SANTOS, D.C.; DUBEUX JR., J.C.B. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. **Apalme no nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p.258.
- FERNANDES, P.D.; ANDRADE, A.P.; FERNANDES, M.G. et al. Potencial de plantas da caatinga. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLÓGIA VEGETAL, 2009, Fortaleza, Ceará. 2009.
- FLORES, C.A.V. **Producción industrialización y comercialización Del nopal como verdura em México**. CIESTAAM-UACH. Chapingo, México, 1994. 18p.
- FLORES-HERNÁNDEZ, A.; ORONA-CASTILLO, I.; MURILLO-AMADOR, B. et al. Yield and physiological traits of prickly pear cactus ‘nopal’ (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v.70, p. 97-107, 2004.
- GINESTRA, G.; PARKER, M.L.; BENNETT, R.N. et al. Anatomical, chemical, and biochemical characterization of cladodes from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 10323- 10330, 2009.
- GOMEZ-FLORES, R.; TAMEZ-GUERRA, P.; TAMEZ-GUERRA, R. et al. In vitro antibacterial and antifungal activities of *Nopalea cochenillifera* pad extracts. **American Journal of Infectious Diseases**, v.2, n.1, 2006. <http://www.biomedsearch.com/article/In-vitro-antibacterial-antifungal-activities/156363913.html>
- GUEVARA, J.C.; GONNET, J.M.; ESTEVEZ, O.R. Frost hardiness and production of *Opuntia* forage clones in the Mendoza plain, Argentina. **Journal of Arid Environments**, v. 46, n. 2, p. 199-207, 2000.
- HUNT, D.; TAYLOR, N. The genera of cactaceae – Progress toward consensus. **Bradleya**, v.8, p.85-107, 1990.
- LÓPEZ-PALACIOS, C.; PEÑA-VALDIVIA, C.B.; REYES-AGÜERO, J.A. et al. Effects of domestication on structural polysaccharides and dietary fiber in nopalitos (*Opuntia* spp.). **Genetic Resource Crop Evaluation**, v. 59, 1015-1026, 2012.
- MAIA, S.M.F.; XAVIER, F.A.S.; OLIVEIRA, T.S. et al. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p. 837-848, 2006.

- MALONA, I.; EGEA-CORTINES, M.; WEISS, J. Conserved and divergent rhythms of crassulacean acid metabolism-related and core clock gene expression in the cactus *Opuntia ficus-indica*. **Plant Physiology**, v.156, p. 1978-1989, 2011.
- MATTHAUS, B.; OZCAN, M.M. Habitat effects on yield, fatty acid composition and tocopherol contents of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) seed oils. **Scientia Horticulturae**, v.131, p. 95–98, 2011.
- MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* mill) em dietas para vacas em lactação. i. desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32., n.3, p.727-736, 2003.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, 2006.
- NOVA DELIMITAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO p.35, 2005 Disponível em <[http://www.museusemiarido.org.br/expedicao/cartilha\\_delimitacao\\_semi\\_arido.pdf](http://www.museusemiarido.org.br/expedicao/cartilha_delimitacao_semi_arido.pdf)> Acesso em: 20 de Janeiro 2011.
- NECCHI, R.M.M. **Farmacobotânica, atividade antiinflamatória e parâmetros bioquímicos de *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck (Cactaceae)**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2011. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Santa Maria, 2011.
- NIMER, E. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 34, p. 3-51, 1972.
- OLIVEIRA JUNIOR, S. et al. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 3, n. 1, p. 7-12, 2009.
- OLIVEIRA, A.S.C.; CAVALCANTE FILHO, F.N.; RANGEL, A.H.N. et al. Palma forrageira: alternativa para o semi-árido. **Revista Verde**, v.6, n.3, p. 49 – 58, 2011a.
- OLIVEIRA, E.A.; JUNQUEIRA, S.F.; MASCARENHAS, R.J. et al. caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (*Opuntia ficus-indica* L. mill) cultivada no sertão do sub-médio são Francisco. **Holos**, v.3, p. 113-119, 2011b.
- OLIVEIRA, F.T. **Crescimento do sistema radicular da *Opuntia ficus indica* (L) mill (palma forrageira) em função de arranjos populacionais e adubação fosfatada**. Patos: Universidade Federal de Campina Grande, 2008. 76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande, 2008.
- OLIVEIRA, V.S.; FERREIRA, M.A.; GUIM, A. et al. Substituição total do milho e parcial do feno de capim-tifton por palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p. 1419-1425, 2007.
- PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: I.R. LEAL, M. TABARELLI & J.M.C. SILVA (eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. pp. 3-73. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. 2003.

- RAMÍREZ-TOBIAS, H.M.; REYES-AGÜERO, J.A.; PINOS-RODRÍGUEZ, J.M. et al. Effect of the species and maturity over the nutrient Content of cactus pear cladodes. **Agrociencia**, v.41, n.6, p.619-626, 2007.
- RAMOS, J.P.F.; LEITE, M.L.M.V.; OLIVEIRA JR., S. et al. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 41-48, 2011.
- RIBEIRO, E.M.O.; SILVA, N.S.; LIMA FILHO, J.L. et al. Study of carbohydrates present in the cladodes of *Opuntia ficus-indica* (fodder palm), according to age and season. **Ciencia e Tecnologia dos Alimentos**, v.30, n.4, p.933-939, 2010.
- SAMPAIO, E.V.S.B. Fisiologia da palma. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. **A palma no nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p.258.
- SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A et al. Produção e composição química da palma forrageira cv. gigante (*Opuntia ficus indica* Mill.) sob adubação e calagem, no agreste semiárido de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.9, p.69-78, 1996.
- SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. (Documentos, 30).
- SANTOS, D.C.; SANTOS, M.V.F.; FARIAS, I. et al. Desempenho produtivo de vacas 5/8 holando/zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p. 12-17, 2001.
- SANTOS, D.N.; SILVA, V.P.R.; SOUZA, F.A.S. et al. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p. 492 - 500, 2010a.
- SANTOS, M.C.; SILVA, M.S.L.; ALMEIDA, B.G. et al. Caracterização micromorfológica e considerações sobre a gênese de solos de tabuleiro do semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.26, p. 1031-1046, 2002.
- SANTOS, M.V.F. ; FARIAS, I. ; LIRA, M. A. et al. Colheita da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. gigante sobre o desempenho de vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n.1, p.33-39, 1998.
- SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; DUBEUX, JR.; J.C.B. et al. Palma forrageira. In: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. **Plantas forrageiras**. Viçosa: Ed. UFV, 2010. p. 537.
- SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; FARIAS, I. et al. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus indica* Mill) e Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) na produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.6, p. 504-511, 1990.

- SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; FARIAS, I.; et al. Efeito do período de armazenamento pós-colheita sobre o teor de matéria seca e composição química das palmas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n.6, p.777-783, 1992.
- SANTOS, M.V.F.; SILVA, N.G.M.; DUBEUX JR., J.B.B. et al. Morphological development of cactus pear forage (*Opuntia ficus indica* Mill) as affected by plant population and organic fertilization. In: The VII International Congress on Cactus Pear & Cochineal.– 2010, Agadir, Morocco. The VII International Congress on Cactus Pear & Cochineal 2010c.
- SCHEINVAR, L. Taxonomia das *Opuntia* utilizadas. In: INGLESE, P.; BARBERA, G.; PIMENTA BARRIOS, E. (Eds.). **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001.p.20-27.
- SILVA, M.G.S.; DUBEUX JR., J.C.B.; ASSIS, L.C.S.L.C. et al. Anatomy of different forage cacti with contrasting insect resistance. **Journal of Arid Environment**, v.74, p.718-722, 2010.
- SIMÕES, D.A.; SANTOS, D.C.; DIAS, F.M. Introdução da palma forrageira no Brasil. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. **A palma no nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p.258.
- TEIXEIRA, J.C.; EVANGELISTA, A.R.; PERES, J.R.O. et al. Cinética da digestão ruminal da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* (L.) Lyons-cactaceae) em bovinos e caprinos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.1, p. 179-186, 1999.
- TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR., J. C. B. et al. Efeito 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, n.1, p.52-60, 2002.
- TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JR., J. C. B. et al. Efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, n.6, p.1992-1998, 2004.
- TORRES, L.C.L.; FERREIRA, M.A.; GUIM, A. et al. Substituição da palma-gigante por palma-Miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2264-2269, 2009.
- VASCONCELOS, A.G.V.; LIRA, M.A.; CAVALCANTI, V.A.L. et al. Micropropagação de palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* - Salm Dyck). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.28-31, 2007.
- VASCONCELOS, A.G.V.; LIRA, M.A.; CAVALCANTI, V.A.L. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes a cochonilha do carmim (*Dactylopius sp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.827-831, 2009.
- WITH, M. C.; FAY, M. F.; REVEAL, J. L. et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 17p, 2009.

## **CAPÍTULO 2**

### **CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, PRODUTIVAS DA PALMA SOB DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DENSIDADES DE PLANTIO**

---

Capítulo elaborado conforme normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

## **Características morfológica, produtivas da palma sob diferentes doses de adubação orgânica e densidades de plantio**

Resumo – A palma é uma cactácea que apresenta elevada produção de forragem em condições de sequeiro. Objetivou-se avaliar o efeito das doses de adubação orgânica e densidades de plantio sobre as características morfológicas e produtivas da palma forrageira clone IPA-20, nas condições do Agreste de Pernambuco. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Caruaru, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco-IPA, em palmar instalado em março de 2003, no qual foram anteriormente realizadas duas colheitas bienais e aplicadas adubações orgânicas com esterco bovino a cada colheita. Em julho de 2009, avaliou-se o efeito de três doses de adubação (20, 40 e 80 t/ha de esterco bovino/ha/dois anos) e quatro densidades de plantio (20, 40, 80 e 160 mil plantas/ha) nas características morfológicas, produtivas e no sistema radicular da palma, aos dois anos de rebrota. Quando o teste F foi significativo ( $P < 0,05$ ) realizou-se análise de regressão. Para a produção de matéria seca verificou-se curvas com comportamento quadrático, linear e exponencial positivo para as doses de 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/dois anos, respectivamente. Ocorreram as maiores produções com o aumento da densidade populacional e aplicação de 80 t de esterco bovino com valores de 61,0; 90,0; 117,0 e 139,0 t MS/ha/dois anos. As variáveis altura de planta e perímetro de cladódio terciário foram influenciadas pelas doses de adubação orgânica aplicadas, com curvas de comportamento quadrático e valores máximos de 136,6 e 83,0 cm, respectivamente. As características número, perímetro e comprimento de cladódio quaternário sofreram efeito das doses de adubação orgânica, apresentando curvas de comportamento exponencial, com valores médios de 2,9; 60,1 e 25,0 cm aos dois anos de idade e com 80 t de esterco bovino/ha/dois anos, respectivamente. O peso seco do cladódio-planta foi influenciado pela densidade de plantio, apresentando curva com comportamento exponencial, tendendo a apresentar maior peso por área com a elevação da densidade de plantio. A eficiência de adubação orgânica diminuiu com a elevação das doses de esterco bovino. Recomenda-se para plantios com 160.000 plantas/ha aplicação de no mínimo 40 t de esterco bovino/ha/dois anos para que haja incremento na produtividade.

Termos para indexação: cactácea, esterco bovino, *Opuntia*, populações de plantas.

## **Morphological characteristics, productive palm under different doses of organic fertilizer and planting densities**

Abstract - The palm is a cactus that has high forage production under rainfed conditions. This study aimed to evaluate the effect of organic fertilizer levels and planting densities on the morphological characteristics and production of cactus pear IPA clone-20, under the conditions of the Wasteland of Pernambuco. The experiment was conducted at the Experimental Station Caruaru belonging to the Agronomic Institute of Pernambuco-IPA installed in March 2003, which were previously performed two biennial crops and organic fertilizers applied with manure every crop. In July 2009, we evaluated the effect of three doses of fertilizer (20, 40 and 80 t/ha of manure/ha/two years) and four planting densities (20, 40, 80 and 160 thousand plants/ha) morphologic characteristics, production and root system of the palm, to two years of regrowth. When the F test was significant ( $P < 0.05$ ) was performed regression analysis. For dry matter production was found with quadratic curves, linear and exponential positive for doses of 20, 40 and 80 t of manure/ha/two years respectively. The highest yields occurred with increasing population density and application of 80 t of manure with values of 61,0; 90,0; 117,0 e 139,0 t DM/ha/two years. The plant height and girth of tertiary cladodes were influenced by the levels of organic manure applied with quadratic curves and maximum values of 136.6 and 83.0 cm, respectively. Features number, perimeter and length of cladodes suffered quaternary effect of organic fertilizer levels, curves presenting an exponential behavior, with average values of 2.9, 60.1 and 25.0 cm at two years of age and with 80 t manure/ha/two years respectively. The dry weight of the plant cladodes was influenced by planting density, featuring curve with exponential behavior, tending to have higher weight per area with increasing planting density. The efficiency of organic fertilization decreased with increasing levels of cattle manure. It is recommended for plantations with 160,000 plants / ha application of at least 40 tons of manure/ha/two years for which there is an increase in productivity.

Index terms: cactus, cattle manure, *Opuntia* plant populations.

## **Introdução**

A região semiárida brasileira, que abrange 969.589,4 km<sup>2</sup>, equivalente a 69,2% do Nordeste e 13% do país (Ministério da Integração Nacional, 2006), comporta a população que utiliza como base da exploração pastoril a vegetação nativa da Caatinga (Sá et al., 2004). Plantas da Caatinga representam o principal recurso forrageiro da região. Entretanto, essa vegetação apresenta elevada estacionalidade de produção.

Assim, a palma (*Opuntia* e *Nopalea*) é uma importante alternativa para alimentação animal, considerando sua adaptação às condições regionais, apresenta habilidade de resistir à secas prolongada (Gebresamuel & Gebre-mariam, 2012), devido ao seu metabolismo fotossintético ácido das crassuláceas (Malona et al., 2011).

O espaçamento de plantio é uma estratégia importante no estabelecimento do palmar, em que cultivos menos adensados favorecem o manejo (Ramos et al., 2011). Por outro lado, o adensamento pode proporcionar maiores produções de forragem. Dubeux Jr. et al. (2006) avaliaram palma forrageira submetida a diferentes espaçamentos de plantio e verificaram, que com espaçamentos mais adensados, foram observados maiores produções de forragem, obtendo-se valores de 33,7 t MS /ha/ dois anos com 40.000 plantas/ha.

Outro aspecto importante de manejo e determinante na produção de forragem é o uso de adubação orgânica e mineral. Dubeux Jr. et al. (2010) relataram que a produção de biomassa é influenciada pela adubação potássica, obtendo-se produção de 1447,5 g por vaso ao aplicarem 800 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.

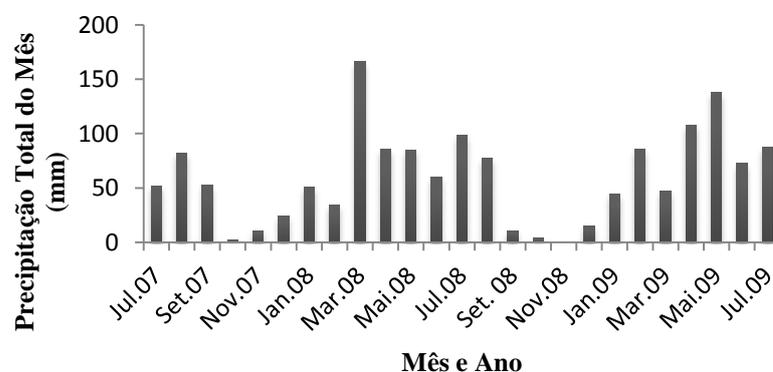
Poucos trabalhos verificaram o sistema radicular de plantas submetidas a diferentes espaçamentos de plantio e adubação no sistema radicular da planta. Oliveira (2008) avaliou o efeito de espaçamentos de plantio e adubação mineral no sistema radicular da palma forrageira e concluiu que os espaçamentos e as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> não interferiram na distribuição do sistema radicular das plantas.

Diante da importância da palma forrageira para a pecuária e a necessidade de entender detalhadamente os efeitos das práticas do manejo sobre a produção da cultura, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito das doses de adubação orgânica e densidades de plantios sobre as características morfológicas e produtivas da palma forrageira clone IPA-20 nas condições do Agreste de Pernambuco.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Caruaru, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). A estação experimental está situada a 08°14'18'' de latitude Sul e 35°55'20'' de longitude Oeste, a 537m de altitude acima do nível do mar. A precipitação média anual é de 727,1mm.

Foi utilizado como material forrageiro a palma Clone IPA-20, o qual foi implantado em março de 2003, após implantado foi colhido duas vezes mantendo-se os cladódios primários, exceto para a colheita de 11/07/09, na qual foi mantido apenas o cladódio planta, seguido de adubação orgânica nas doses de 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/dois anos. Os dados de precipitação total mensal correspondente ao período de crescimento de 2007 a 2009 são apresentando na Figura 1.



**Figura 1.** Precipitação total mensal durante o crescimento do palmal.

Os tratamentos experimentais foram à combinação de doses de adubação orgânica (20, 40 e 80 t de MS de esterco bovino/ha/dois anos) e diferentes densidades de plantio (20, 40, 80 e 160 mil plantas por hectare), obtidas pelos seguintes espaçamentos de plantio: 1,0 m x 0,50 m; 1,0 m x 0,25 m; 0,50 m x 0,25 m e 0,50 m x 0,125 m, respectivamente. A análise de fertilidade do solo encontra-se na Tabela 1. A área útil de cada subparcela foi de 2 m de largura por 3 m de comprimento.

**Tabela 1.** Resultado da análise de amostras de solo da área experimental, Caruaru-PE.

Amostra	pH	P*	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup> + Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H + Al	C.O	M.O.
	(água-1:2,5)	(mg/dm <sup>3</sup> )	.....(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ).....					(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	.....g./kg.....	
Esterco	4,2	4	0,57	0,26	3,0	0,9	0,50	4,19	4,20	7,24
Matéria seca (%) = 61,50										

A área experimental apresentava dimensões de 815 m<sup>2</sup>, constituída por três blocos, cada um com 16 subparcelas. Cada subparcela apresentava 4m de largura e 4 m de comprimento totalizando 16 m<sup>2</sup>, as quais foram distanciadas entre si e entre blocos por 1 m, com área útil de 2 m de largura x 3 m comprimento.

Em julho de 2009, dois anos após a última colheita, foi realizado o corte mantendo-se o cladódio-planta. Foi realizada uma única avaliação das características morfológicas e produtivas em cinco plantas em cada subparcela. Para avaliação e obtenção do peso do cladódio-planta e do sistema radicular, foi colhida apenas uma única planta na área de bordadura de cada subparcela, objetivando-se não comprometer o desenvolvimento das plantas competitivas. As seguintes características foram analisadas: altura e largura da planta, peso seco, número, perímetro, largura, comprimento e espessura de todos os cladódios, por ordem. Desse modo, além do cladódio-planta, avaliou-se todos os cladódios de primeira, segunda, terceira e quarta ordem aos dois anos de rebrota.

Para a avaliação da parte aérea da planta, realizou-se a medição de altura de planta, com o uso de fita métrica, medindo-se desde a extremidade do cladódio mais alto até o solo.

Com relação à medida de largura da planta, com fita métrica mediu-se a maior largura, em seguida realizou-se a contagem do número de cladódios por ordem e total. A medição do perímetro do cladódio foi realizada com fita métrica, de modo a contornar totalmente todo o cladódio. Posteriormente, foram realizadas as medições de largura e comprimento do cladódio, medindo-se a região de maior largura e comprimento. Utilizou-se paquímetro para medição da espessura dos cladódios na região mediana do cladódio.

Por ocasião da colheita, foi colhida a parte aérea de quatro plantas da área útil, bem como a parte aérea e o cladódio-planta de uma única planta bordadura com o máximo possível de sistema radicular numa profundidade de 40 cm. Após a colheita do cladódio planta e seu sistema radicular, foi realizada a separação dos mesmos, em seguida feita a lavagem do sistema radicular com água abundante para a total remoção de partículas de solo aderidas a raiz.

Posteriormente, foram procedidas as seguintes avaliações: perímetro, largura, comprimento, espessura do cladódio-planta, conforme relatado anteriormente. Além dessas mensurações, o peso seco do cladódio-planta e peso seco do sistema radicular também foi quantificado. Amostras foram colocadas na estufa de circulação forçada, a 65 °C para posterior obtenção do peso seco.

Para as características morfológicas da palma forrageira, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados em parcelas subdivididas e três repetições totalizando quarenta e oito subparcelas experimentais. Para a de produtividade da palma forrageira aos dois anos de idade, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com parcelas subdivididas, tendo como parcela principal a adubação orgânica e na subparcela as densidades de plantio, pelo modelo estatístico  $Y_{ijk} = \mu + C_i + e_{ij} + P_k + (C*P)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$ . Onde  $Y_{ijk}$  representa a resposta média da adubação i, repetição j, e densidades de plantio k. Os termos referentes a  $C_i$  refere-se à adubação orgânica e

densidades de plantio ( $P_k$ ) e suas interações (C\*P) foram considerados como efeito fixo. Os efeitos aleatórios incluem o erro da parcela principal ( $e_{ij}$ ) e o erro da subparcela ( $\epsilon_{ijk}$ )

A análise de variância foi realizada pelo Proc mixed do Software SAS (SAS, 1999) e quando o teste F foi significativo ( $P < 0,05$ ) verificou-se o comportamento dos dados e, em seguida, foi realizada a análise de regressão pelo software Sigmaplot versão 12.

## **Resultados e Discussão**

Constatou-se ausência de efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da adubação orgânica, densidades de plantio, bem como da interação entre adubação orgânica e densidades de plantio para as características largura de planta, número de cladódio primário e secundário, perímetro do cladódio primário e secundário, largura do cladódio primário, secundário, terciário e quaternário, comprimento de cladódio primário, secundário e terciário, espessura de cladódio secundário, terciário e quaternário (Tabela 2).

A ausência de efeito de tratamentos para a característica largura da planta pode ser associada ao hábito de crescimento do Clone IPA-20 que é semi-aberto, mesmo com a emissão de maior número de cladódios quaternários nos maiores níveis de adubação orgânica (Figura 5) a planta manteve a característica genética. Conforme Rebman & Pinkava (2001), a palma do gênero *Opuntia* apresenta largura variando de 60 a 150 cm, formada pelo envelhecimento de cladódios primários que assumem consistência lenhosa.

Quanto ao número de cladódios constatou-se que o número variou conforme a ordem, porém sem efeito significativo para os cladódios primários e secundários (Tabela 2). O maior número foi obtido para os cladódios secundários (4,7). Tal valor é resultante do maior número de cladódios primários, os quais são responsáveis pela emissão de novos cladódios (cladódios secundários), enquanto que os cladódios primários são oriundos apenas do cladódio-planta.

**Tabela 2.** Valores médios e resultado do teste F para os diferentes fatores avaliados

Variáveis	Médias (cm)	Adubação	Densidade	Adubação x densidade
LP	95,8	0,2 NS*	0,5 NS	0,2 NS
NC1	3,2	0,9 NS	0,6 NS	0,3 NS
NC2	4,7	0,2 NS	0,8 NS	0,6 NS
PC1	64,8	0,1 NS	0,9 NS	0,3 NS
PC2	74,4	0,2 NS	0,5 NS	0,5 NS
LC1	12,3	0,3 NS	0,5 NS	0,1 NS
LC2	17,7	0,1 NS	0,1 NS	0,1 NS
LC3	18,6	0,1 NS	0,5 NS	0,4 NS
LC4	7,0	0,1 NS	0,8 NS	0,6 NS
CC1	28,8	0,5 NS	0,4 NS	0,5 NS
CC2	31,2	0,2 NS	0,6 NS	0,8 NS
CC3	32,9	0,09 NS	0,9 NS	0,5 NS
EC2	2,7	0,1 NS	0,1 NS	0,1 NS
EC3	1,9	0,3 NS	0,1 NS	0,4 NS
EC4	0,6	0,08 NS	0,7 NS	0,8 NS

\* NS - Não significativo pelo Teste F a 0,05% de probabilidade. LP – largura de planta; NC1 – número de cladódio primário; NC2 – número de cladódio secundário; PC1 – perímetro de cladódio primário; PC2 – perímetro de cladódio secundário; LC1 – largura de cladódio primário; LC2 – largura de cladódio secundário; LC3 – largura de cladódio terciário; LC4 – largura de cladódio quaternário; CC1 – comprimento de cladódio primário; CC2 – comprimento de cladódio secundário; CC3 – comprimento de cladódio terciário; EC2 – espessura de cladódio secundário; EC3 – espessura de cladódio terciário e EC4 – Espessura de cladódio quaternário.

A característica perímetro de cladódios primários e secundários provavelmente não apresentou efeito dos tratamentos por estes estarem sombreados pelos cladódios de terceira e quarta ordem e pelas plantas vizinhas.

As medidas de largura de cladódios primários, secundários, terciários e quaternários aumentaram com o elevar das ordens de cladódios, exceto para os cladódios quaternários, pois se encontrava em desenvolvimento apresentado a menor largura. Contudo, verificou-se ausência de efeito dos tratamentos aplicados, o que provavelmente pode ser justificado por ser uma característica morfológica determinada pela genética da planta, uma vez que a forma arredonda ou alongada caracterizam variedades das plantas (palma Redonda e Gigante).

Observou-se para comprimento dos cladódios primários, secundário e terciário comportamento semelhante às medidas de largura, obtendo-se maiores medidas com o elevar das ordens. O fator que provavelmente pode justificar a ausência de significância nas doses de adubação orgânica é que os nutrientes disponibilizados pelo adubo estavam sendo destinado para emissão de cladódios terciários e quaternários, ou ainda, para o incremento do peso dos cladódios contidos na planta. Santos et al. (1990) avaliaram morfológicamente a palma *Opuntia ficus indica* e verificaram 7,4 cladódios secundários, além de cladódios secundários, terciários e quaternários com largura de 17,8; 16,8 e 19 cm, e com comprimento de 31,7; 32,3 e 35,1 cm, respectivamente. Os valores obtidos por estes autores foram superiores aos obtidos no presente estudo, entretanto, a idade do palmal avaliado pelos autores foi de quatro anos, enquanto que no presente estudo o palma apresentava apenas dois anos de rebrota.

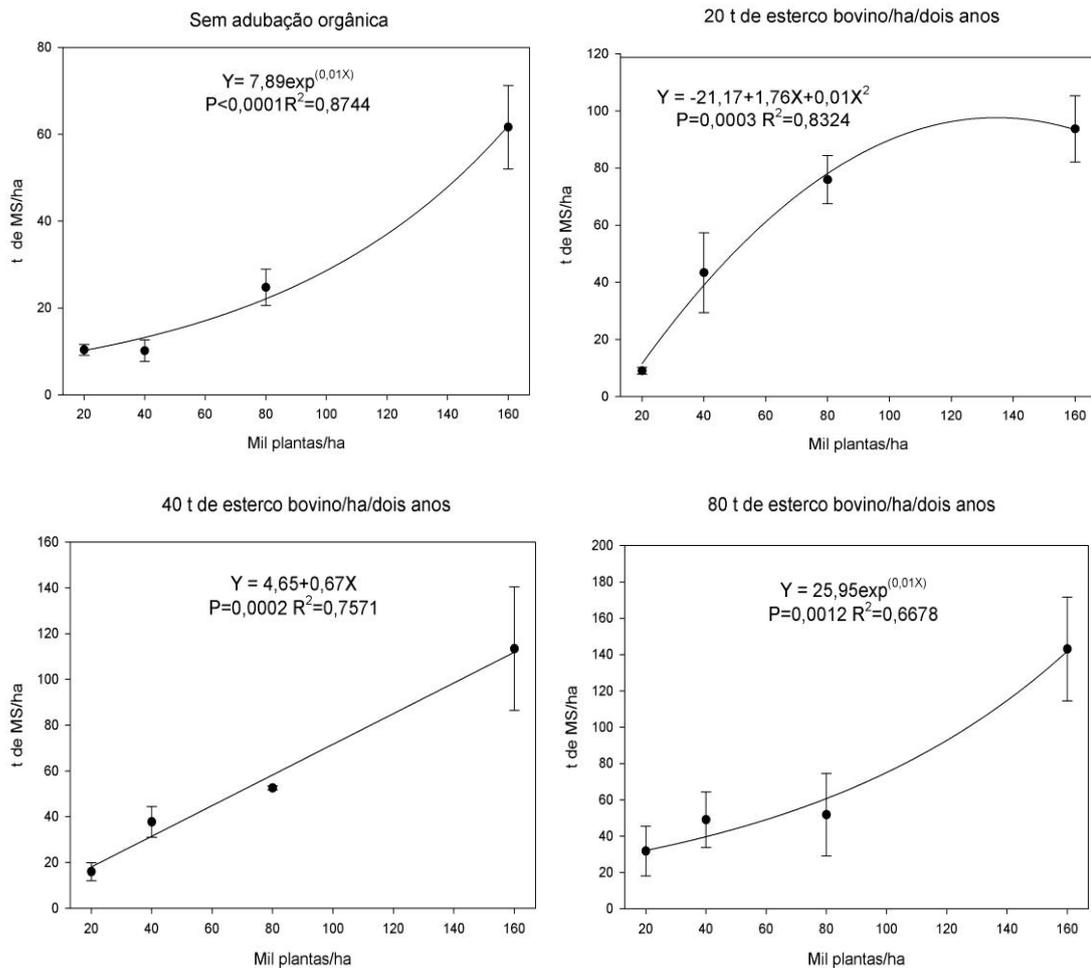
Para a espessura de cladódios secundário, terciários e quaternários a não significância quanto a densidades de plantio é explicada por estes cladódios estar localizados na parte superior da planta, assim houve espaço suficiente para o máximo espessamento destes. Por outro lado, os nutrientes advindos das diferentes doses de adubação possivelmente foram destinados primeiramente à emissão de novas ordens, uma vez que o maior espessamento e

mudança da forma elíptica a circunferência dos cladódios requer mais que dois anos de idade, para que então haja maior lignificação destes. Vale ressaltar que os cladódios primários deste trabalho apresentavam seis anos de idade, pois a intensidade de corte do palmal foi mantendo-se os cladódios primários, enquanto demais ordem apresentavam dois anos de rebrota.

De maneira geral, as espessuras dos cladódios diminuíram com o elevar das ordens, isto é justificado por os cladódios próximos ao solo serem mais velhos, enquanto que os cladódios terminais são mais novos e estão em desenvolvimento, portanto os cladódios mais novos apresentam menores medidas. Silva et al. (2010) trabalharam com clones de palma forrageira e verificaram redução da espessura com o avançar das ordens de cladódios, obtendo valores de espessura para os cladódios primários, secundários e terciários de 3,9; 1,8 e 1,2 cm, respectivamente. Valores estes superiores aos obtidos no presente trabalho, o que provavelmente é atribuído a genética dos diferentes clones estudados por estes autores.

Verificou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre adubação e densidades de plantio sobre a produtividade de matéria seca da palma forrageira, aos dois anos de crescimento (Figura 2). Foi possível constatar aumento na produtividade de matéria seca com a elevação das doses de adubação orgânica e das densidades de plantio.

O incremento na produtividade de matéria seca da palma forrageira com a utilização do adubo orgânico já era esperado, pois esta cultura, conforme reportado por Carneiro & Viana (1992), responde positivamente a adubação. Este fato resulta da liberação gradativa de maior fluxo de nutrientes nas maiores doses de adubação orgânica. Além disso, o adubo orgânico pode ter promovido melhorias no solo tais como conservação da umidade, melhoria o aproveitamento dos nutrientes entre outros benefícios, favorecendo a absorção de nutrientes pelas plantas e, possivelmente, maior retenção de umidade no solo. Segundo Peixoto et al. (2006), o esterco bovino fornece nutrientes, melhora a porosidade, retenção de água e aeração do solo, favorecendo o crescimento da parte aérea e do sistema radicular da palma forrageira.



**Figura 2.** Produtividade de matéria seca (t/ha/dois anos) da palma forrageira submetida a diferentes densidades de plantio e doses de adubação orgânica.

Por outro lado, vale ressaltar que, durante o período de crescimento houve precipitação moderada em quase todos os meses do período experimental (Figura 1), o que pode ter contribuído para o fornecimento gradativo de nutrientes, e manutenção da umidade do solo, garantindo a disponibilidade destes e influenciando a produção de matéria seca, pois segundo Haynes e Willians (1993), o impacto das gotas de chuva promove a quebra física das fezes, havendo a liberação dos nutrientes.

A presença de adubação orgânica evidencia a importância de disponibilizar nutrientes na solução do solo para obtenção de maiores produtividade. Alves et al. (2007) trabalharam com palma cultivar Gigante, adubada com 20 t de esterco bovino/ha, a cada dois anos, em

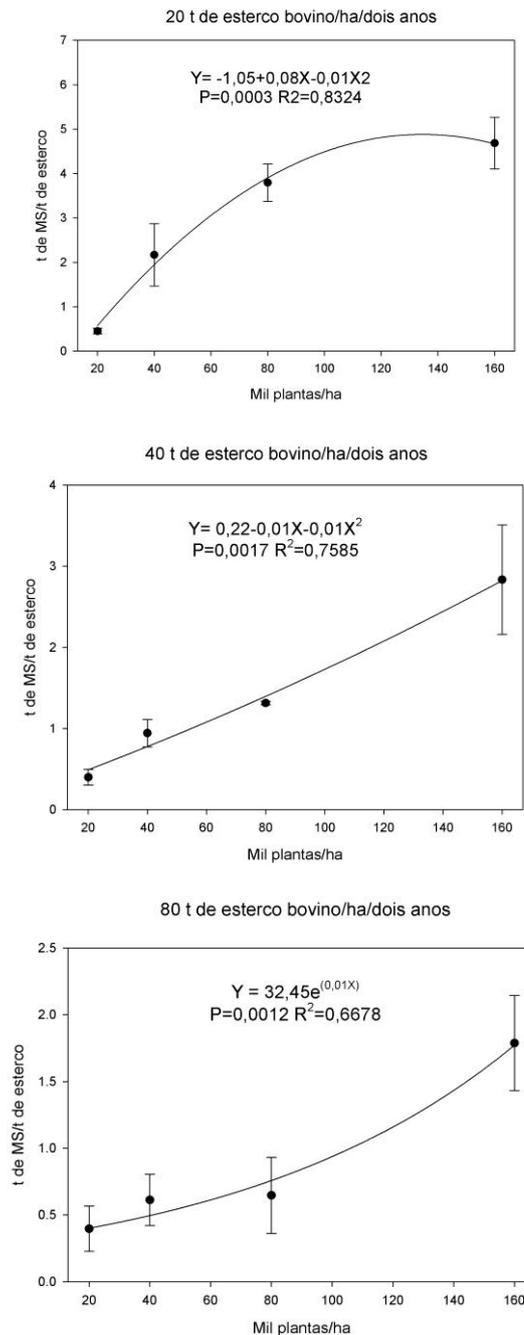
São Bento do Una, PE e verificaram produção de 13,26 t MS/ha/ano em palmais com 19 anos de idade, ao manter os cladódios de segunda ordem nas colheitas.

Silva et al. (2010) conduziram trabalho em Caruaru-PE., local onde foi realizado o presente estudo, avaliando clones de palma forrageira adubados com 30 t de esterco bovino/ha/dois anos verificaram produção de 7,1 t MS/ha/dois anos, em palmal com 5 anos de idade. Provavelmente, a baixa produtividade obtida por estes autores foi devido à avaliação conjunta de várias plantas de genótipos distintos, algumas com alta produção, porém menos resistentes a cochonilha e outras resistentes ao inseto, mas com baixa capacidade produtiva.

Verificou-se incremento na produtividade de matéria seca com o elevar das densidades de plantio. Tal fato é justificado pelo maior número de plantas por unidade de área, favorecendo a maior eficiência na interceptação de luz, por meio do aumento do índice de área de cladódio (IAC). De acordo com Lira et al. (2006), o baixo índice de área de cladódio (IAC) da palma forrageira pode ser parcialmente atenuado por maior densidade de plantas ou por colheita menos frequentes, com a conservação de maior número de cladódios.

Dubeux Jr. et al. (2006) verificaram que palmais com populações de 40.000 plantas/ha apresentaram maior IAC com valores de 1,02, quando comparados com estandes de 5.000 plantas/ha com valor de 0,26, resultando na produção de até 33,7 e 17 t de MS/ha/dois anos, respectivamente. Santos et al. (2008) observaram que a produção da palma forrageira cv. Clone IPA-20 respondeu positivamente até cerca de 80 mil plantas/ha.

Constatou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre adubação e densidades de plantio sobre a eficiência da adubação orgânica na produtividade de matéria seca da palma forrageira, aos dois anos de rebrota (Figura 3). Observou-se curvas de comportamento quadrático, linear e exponencial positiva para as doses de 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/dois anos.



**Figura 3.** Eficiência da adubação orgânica na produtividade do Clone IPA-20 (t MS/t de esterco bovino), submetida a diferentes doses de adubação orgânica e densidades de plantio.

Constatou-se que a eficiência de adubação orgânica na produtividade do Clone IPA-20 diminuiu com elevar das doses de adubação orgânica, com valores de 4,7; 2,8 e 1,75 t de MS nas doses de 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/dois anos, respectivamente. Por outro lado, observou-se que a eficiência foi maior em plantios mais adensados, exceto para o nível

de 20 t de esterco bovino/ha/dois anos no qual houve um decréscimo na curva com a utilização da densidade de 160 mil plantas/ha.

A redução de eficiência de adubação orgânica com a elevação das doses de esterco bovino ocorreu, provavelmente devido ao fato da produtividade da planta não ter aumentado na mesma proporção que as doses de adubo aplicadas. Neste sentido Freitas et al. (2008) mencionam que o aumento da produtividade depende de outros fatores que não foram fornecidos em doses crescentes com o adubo, por exemplo, o suprimento de fotoassimilados.

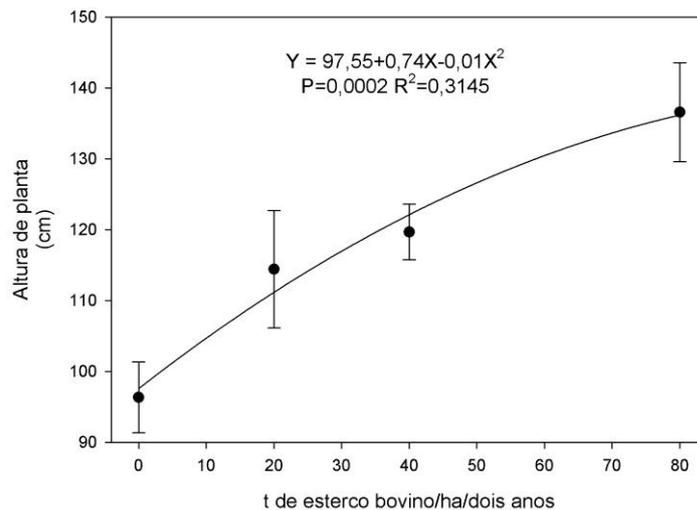
O aumento da eficiência de adubação orgânica com a elevação das densidades populacionais, provavelmente foi resultante do maior número de plantas por unidade de área. Entretanto, quando a dose de adubo é insuficiente para atender as necessidades nutricionais da população, a eficiência de adubo é reduzida, o qual foi constatado pela dose de 20 t de esterco bovino/ha/dois anos na densidade de 160 mil plantas/ha, apresentando curva de comportamento quadrático. Conforme Teles et al. (2002), a extração de nutrientes do solo é maior em plantios adensados. Assim, maiores densidades de plantios requerem maiores cuidados com adubação.

Neste sentido, recomenda-se que a dose de adubação orgânica deve ser estabelecida baseando-se não apenas na análise de fertilidade do solo, mas também pela densidade de plantio, a qual será determinada pelo produtor conforme a finalidade de produção.

Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) da densidade de plantio, bem como da interação entre adubação e densidade de plantio sobre a altura da planta, aos dois anos de crescimento, contudo, foi verificado efeito significativo ( $P<0,05$ ) da adubação orgânica para esta característica apresentando curva com comportamento quadrático (Figura 4), com plantas atingindo média de 136,6 cm no cume da curva ao se utilizar 80 t/ha/2anos.

Provavelmente, as maiores doses de adubação orgânica garantiram maior reserva de nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo entre outros, o que contribuiu para ocorrência de

plantas mais altas. O efeito quadrático observado, provavelmente foi resultante do aumento de nutrientes às plantas pela maior dose de adubação orgânica aplicada. Contudo, isto ocorreu até obtenção do maior valor de altura das plantas pela máxima expressão do potencial genético desta. Após isso as plantas atingiram altura elevada e passaram a acumular mais nutrientes nos cladódios



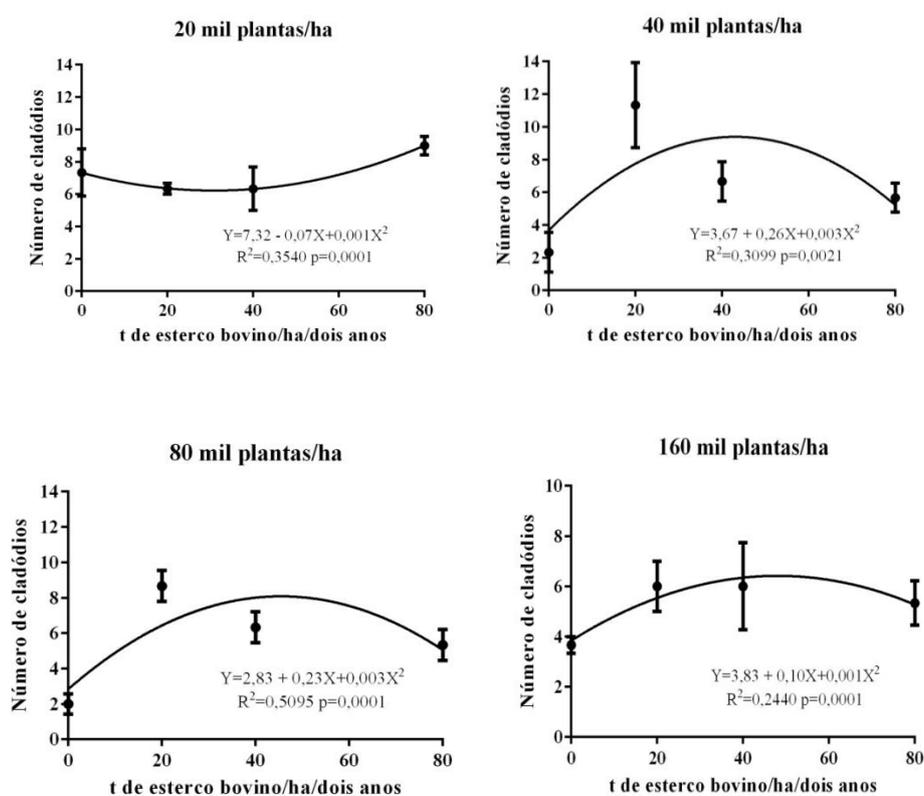
**Figura 4.** Altura de planta (cm) de palma forrageira sob diferentes doses de adubação orgânica.

Outro fator que provavelmente pode ter favorecido as maiores alturas nas maiores doses de adubação orgânica foi o uso de água pelas plantas adubadas. Andreola et al. (2000) relatam que a incorporação de esterco animais ou outros materiais orgânico pode promover efeitos benéficos como nas características físicas do solo como a retenção de água.

Ferreira et al. (2003) avaliaram clones de palma forrageira do gênero *Opuntia sp.* no município de Caruaru-PE e verificaram altura média das plantas de 123,5 cm, utilizando adubação orgânica e mineral, ou seja, valor inferior ao obtido no presente trabalho, indicando que com apenas a utilização de adubação orgânica as palmas podem apresentar crescimento similar as que receberam adubo químico.

O incremento na altura da planta com o aumento das doses da adubação orgânica é importante, pois evidencia que houve emissão de maior número de brotações de diferentes ordens e desenvolvimento destes, consequentemente, maior ramificação da planta, resultando em plantas mais produtivas.

Verificou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre adubação e densidades de plantio sobre o número de cladódios terciários da palma forrageira, aos dois anos de crescimento (Figura 5), sendo constatado incremento no número de cladódios terciários com a utilização de até 40.000 plantas/ha, o qual apresentou valor médio de 12 cladódios terciários por planta, havendo decréscimo em número com a utilização de densidades de plantio superiores a 40.000 plantas/ha. O decréscimo na emissão de cladódios terciários para densidades de plantio superiores a 40.000 plantas/ha, possivelmente está associado à redução do espaço para o crescimento lateral das plantas.



**Figura 5.** Números de cladódios terciários na palma forrageira recebendo diferentes doses de adubação orgânica e densidades de plantio.

Segundo Nascimento (2008), o crescimento da palma forrageira é influenciado pela densidade de plantio, tendendo a redução de número, tamanho, forma e peso dos cladódios com aumento da densidade populacional, o que foi confirmado com os resultados da presente pesquisa.

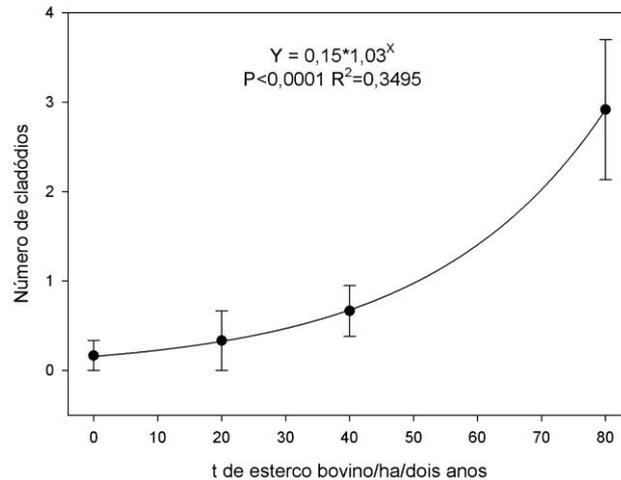
Por outro lado, verificou-se que cada densidade de plantio, promoveu respostas diferentes em relação aos números de cladódios, o qual é resultado da disponibilidade de nutrientes e do espaço para crescimento. Para a densidade de 20.000 plantas/ha, o número de cladódios terciários emitidos foi praticamente constante uma vez que o erro padrão da dose de 80 t de esterco apresenta valores semelhantes ao tratamento testemunha, o que provavelmente, pode ser justificado por o esterco bovino estar mais exposto as condições ambientais como chuva e temperatura, promovendo a liberação ou lixiviação dos nutrientes contidos no adubo aplicado, ou ainda a planta pode ter direcionado seu crescimento para o aumento do peso dos cladódios.

Para as densidades de 40 e 80 mil plantas/ha observou-se curvas com comportamento quadrático, com valores máximos obtidos para o nível de 20 t de esterco bovino/ha /dois anos. Provavelmente o nível de 20 t de esterco bovino/ha/dois anos nestas densidades populacionais resultou em características intrínsecas diferenciadas como temperatura, umidade adequada e a presença de microrganismos para a liberação de nutrientes, resultando plantas com maiores números de cladódios terciários.

Para a densidade de 160.000 plantas, verificou-se que os maiores números de cladódios terciários foram obtidos com a utilização de até 40 t de esterco bovino/ha/dois anos, fato esse justificado por não haver espaço, ou ainda, menos luz, então ao invés de crescer emitindo mais cladódios pode ter ocorrido a expansão dos já existentes.

O aumento no número de cladódios terciários é importante na planta, uma vez que para o consumo animal estes, apresentam melhor composição químico-bromatológica do que

os cladódios basais (Santos et al., 1990). Vale ressaltar que a presença de maior número de cladódios terciários reflete no incremento do índice de área de cladódio (IAC), maximizando a produção da planta. Constatou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) apenas da adubação orgânica para número de cladódios quaternários, apresentando curva com comportamento exponencial positivo (Figura 6).



**Figura 6.** Número de cladódios quaternários da palma forrageira Clone IPA-20 submetida a diferentes doses de adubação orgânica.

Observou-se pequeno incremento no número de cladódios quaternários com a utilização de 20 e 40 t de esterco bovino. Entretanto, foi observado maior número de cladódios quaternários com aplicação de 80 t de esterco /ha/dois anos, com média de 2,9 cladódios na planta.

A emissão de cladódios quaternários evidencia o pleno crescimento da planta, produzindo cladódios mais jovens. Contudo, para que a planta venha emitir cladódios de quarta ordem em maior número, esta precisa extrair nutrientes do solo para sua manutenção, bem como, para garantir emissão de cladódios quaternários.

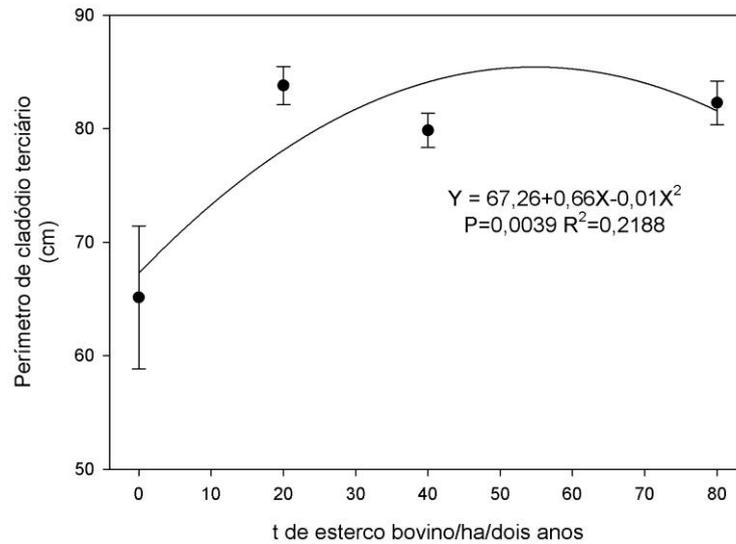
Desse modo, o nível de 80 t de esterco bovino/ha/dois anos disponibilizou maior fluxo de nutrientes, garantindo elementos minerais suficientes, não apenas para atender as

condições fisiológicas e bioquímicas da planta, mas também, para emergência de cladódios quaternários.

Com relação às doses de 20 e 40 t de esterco bovino/ha/dois anos, a menor emissão de cladódios quaternários, possivelmente, foi resultante da menor quantidade de nutrientes disponibilizados por estas doses. Por outro lado, quando as condições ambientais favoreciam o ressecamento nas doses de 20 e 40 t de esterco bovino/ha/dois anos reduzia-se a disponibilidade de nutrientes, já que a taxa de decomposição de fezes é intensamente influenciada pelo meio (Weeda, 1967). Enquanto isso, a dose de 80 t de esterco bovino/ha/dois anos, provavelmente apresentava-se mais úmida, disponibilizando nutrientes gradativamente colaborando para emissão de cladódios de quarta ordem.

Verificou-se que não houve efeito significativo das densidades de plantio, bem como da interação ( $P > 0,05$ ) entre adubação e densidades de plantio sobre o perímetro de cladódio terciário da palma forrageira aos dois anos de crescimento. Foi observado efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da adubação orgânica para esta característica (Figura 7), com curva de comportamento quadrático.

Observou-se incremento do perímetro com o elevar das doses de adubação orgânica com ligeiro decréscimo ao utilizar doses superiores a 40 t de esterco bovino/ha/dois anos. Provavelmente, as doses de 20 e 40 t de esterco bovino forneceu nutrientes para a máxima expansão dos cladódios terciários, enquanto, a dose de 80 t de esterco bovino forneceu nutrientes para a expansão de cladódios terciários, bem como, emissão e desenvolvimento de cladódios quaternários. Já que, o maior número de cladódios quaternários, as maiores alturas de planta e a produtividade de matéria seca foram obtidos com a utilização de 80 t de esterco bovino.



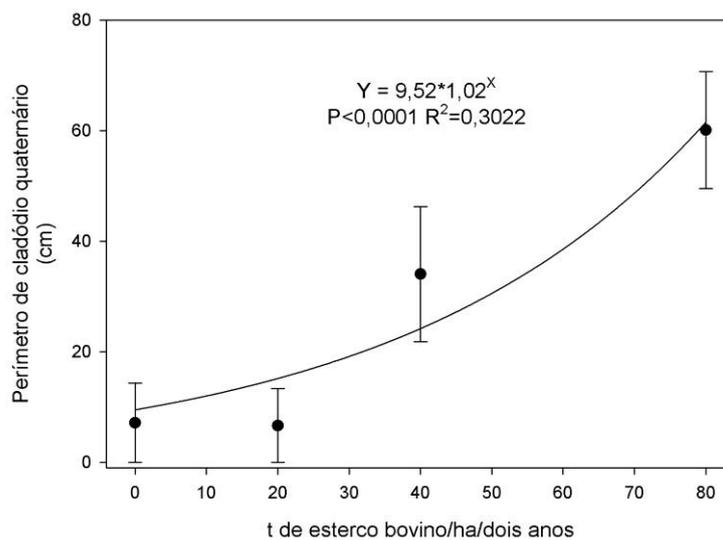
**Figura 7.** Perímetro médio do cladódio terciário em plantas com dois anos de idade sob diferentes doses de adubação orgânica.

De maneira geral, o comportamento da curva observada para o perímetro médio de cladódios terciários indica que a adubação orgânica é um fator de manejo que influencia as características morfológicas da palma. Devendo a dose ser escolhida com a finalidade produção, fertilidade do solo e poder aquisitivo do produtor.

Verificou-se que não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) das densidades de plantio, bem como da interação entre adubação e densidades de plantio para a característica perímetro de cladódio quaternário. Foi observado efeito significativo ( $P < 0,05$ ) das doses de adubação orgânica para esta característica (Figura 8), apresentando curva exponencial.

Observou-se que a utilização de 20 t de esterco bovino/ha/dois anos foi insuficiente para promover cladódios quaternários de maior perímetro, uma vez que foram observados valores semelhantes no tratamento testemunha. Entretanto, à medida que se elevou o nível de adubação orgânica, aumentou o perímetro dos cladódios quaternários, apresentando valor médio de 60,1 cm, ao utilizar-se 80 t de esterco bovino/ha/dois anos.

As menores medidas de perímetro no tratamento testemunha são justificadas pelo déficit de nutrientes para expressar o máximo potencial genético da planta. Quanto ao nível de 20 t de esterco bovino/ha/dois anos, este, provavelmente, formou uma camada fina de adubo na superfície do solo, sendo bastante susceptível a fatores ambientais como água e temperatura, favorecendo a mudança na composição química do adubo, resultando no esterco substâncias recalcitrantes e, provavelmente, contribuindo para aparecimento de cladódios quaternários de menor perímetro.



**Figura 8.** Perímetro do cladódio quaternário em plantas com dois anos de idade sob diferentes doses de adubação orgânica.

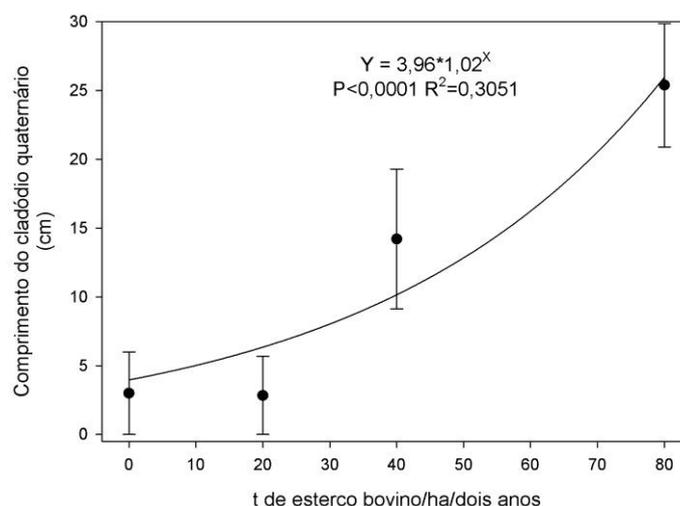
Possivelmente, as doses de 40 e 80 t de esterco bovino/ha/dois anos liberaram maiores quantidades de nutrientes, além disso, pode ter favorecido ambiente propício para a proliferação de diferentes populações de microrganismos, havendo a liberação de mais nutrientes e resultando na expansão dos artículos quaternários.

O aumento do perímetro dos cladódios quaternários com a elevação das doses de adubação orgânica é importante, porque indica que houve maior suprimento de nutrientes para a planta expandir os seus cladódios, os quais posteriormente atingirá a maturidade. Assim,

cladódios quaternários maduros emitem cladódios de quinta ordem, elevando a produtividade da planta e, conseqüentemente, maximizando a quantidade de alimento para os animais no período seco, resultando em economia para o produtor na aquisição de mais alimentos. Neste sentido, o incremento nas medidas de perímetro de cladódios quaternários com os maiores doses de adubação orgânica representa um maior tamanho resultante do maior crescimento dos cladódios.

Verificou-se que não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) da interação entre adubação e densidades de plantio sobre comprimento de cladódio quaternário. Foi observado efeito significativo ( $P < 0,05$ ) das doses de adubação orgânica para esta característica (Figura 9), apresentando curva com comportamento exponencial.

A emissão e expansão de cladódios quaternários estão intimamente associadas à maturidade do cladódio terciário. Assim, a utilização de maiores doses de adubação orgânica proporciona maior fluxo de nutrientes na solução do solo e, conseqüentemente, favorece a divisão celular, emissão e expansão de cladódios quaternários.



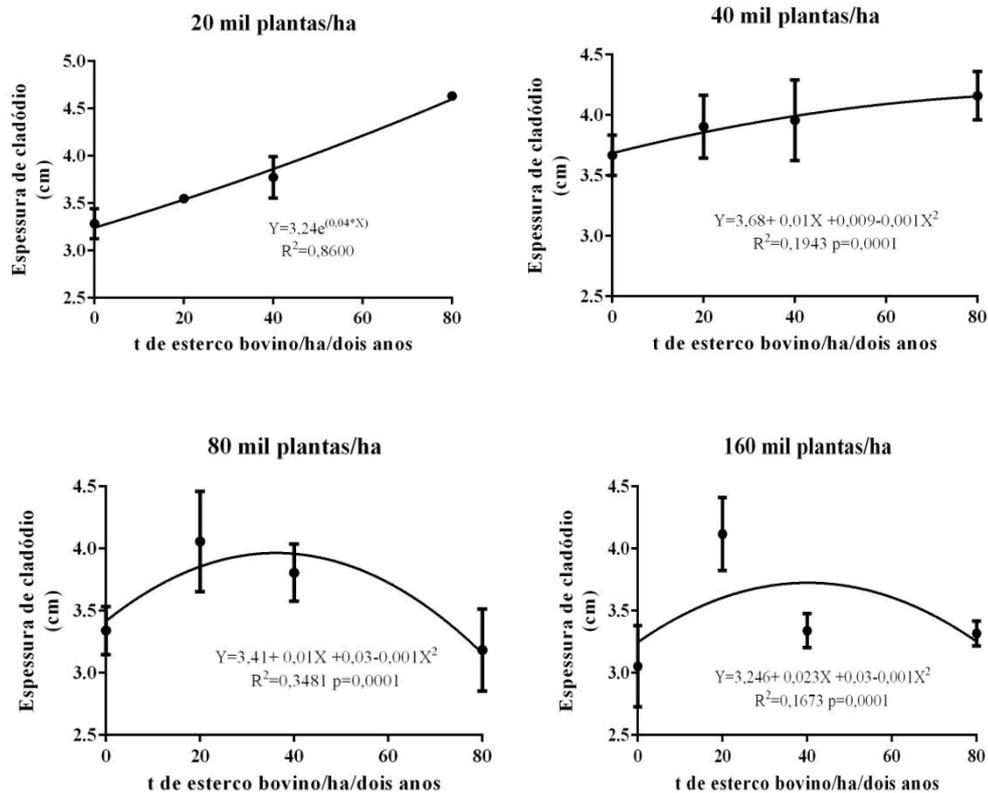
**Figura 9.** Comprimento de cladódios quaternários da palma forrageira cultivada em diferentes doses de adubação orgânica.

A presença dos cladódios quaternários indica maior interceptação de luz solar, o que pode resultar em plantas com maiores produções. Apesar do aumento no comprimento dos cladódios quaternários, com o incremento da adubação orgânica, os valores médios obtidos no presente trabalho nos tratamentos 0, 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/dois anos foi de 3,0; 3,0; 13,0 e 25,0 cm, sendo inferiores aos obtidos por Santos et al. (1990), que verificaram cladódios quaternários com comprimento de 35,10 cm. Provavelmente, as maiores medidas obtidas por estes autores podem ser atribuídas à idade de avaliação da planta de quatro anos, bem como a cultivar estudada que foi a Gigante.

Observou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre adubação e densidades de plantio sobre a espessura de cladódios primários da palma forrageira, aos dois anos de crescimento (Figura 10), apresentando curva com comportamento exponencial para a densidade de 20 mil plantas/ha e curvas com comportamento quadrático para as demais populações.

O espessamento dos cladódios é reflexo do desenvolvimento dos tecidos do caule, Conforme Hills (2001), os cladódios são constituídos por um anel de tecido vascular feito de feixes colaterais separados por tecido parenquimatoso e medula. Normalmente, o espessamento dos cladódios aumenta com a maturidade, conferindo rigidez, resultante do incremento no conteúdo de componentes da parede celular.

Tal rigidez assegura a sustentação das demais ordens de cladódios, flores e frutos. De maneira geral, os cladódios primários são mantidos no momento do corte objetivando garantir área de cladódio para as novas brotações. Segundo Farias et al. (2000), a conservação de cladódios primários e secundários na planta no momento do corte permite índice de área de cladódio remanescente, o que possibilita maior eficiência fotossintética, com maior acúmulo de reserva na planta para brotações de novos artículos.



**Figura 10.** Espessura de cladódios primários de palma submetida a diferentes doses de adubação orgânica e densidades de plantio.

Para a densidade de 20.000 plantas/ha (Figura 9), observou-se que, à medida que se elevou o nível de adubação orgânica, os cladódios primários tornavam-se mais espessos. Provavelmente, isto ocorreu porque o maior nível de adubação assegurou nutrientes para expansão e divisão celular e, conseqüentemente, melhor desenvolvimento dos cladódios.

Além disso, esta densidade de plantio permite maior espaço entre plantas, promovendo maior expansão dos cladódios primários, o que possivelmente, contribuiu para o aumento na espessura do cladódio, com a elevação do nível de adubação.

Medeiros et al. (1997) relataram que cladódio primário é a estrutura efetiva e responsável pela vida útil da planta, sendo esses cladódios com forma variável, de acordo com o espaçamento adotado, a posição da raquete no momento de plantio e espécie.

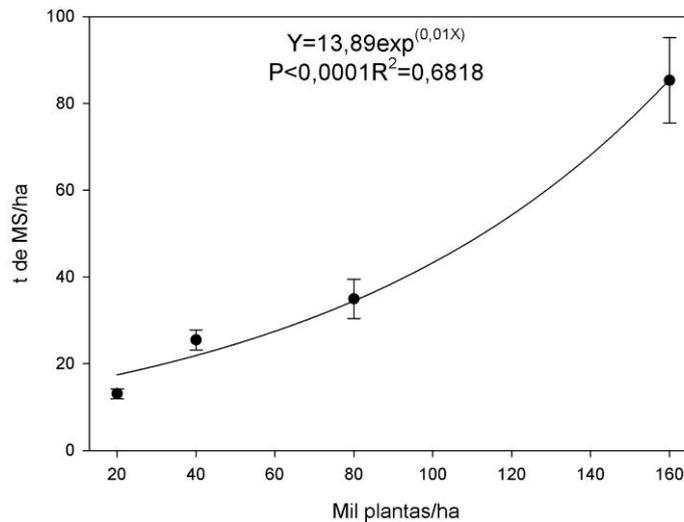
Outro fator que pode ter contribuído para o aumento na espessura de cladódios primários nesta população foi à penetração de luz no palmar, uma vez que as plantas estavam mais distanciadas, favorecendo maior intercepção de luz.

Verificou-se, para a densidade de 40 mil plantas/ha, incremento na espessura de cladódios primários, com o aumento das doses de adubação orgânica, atingindo média próxima ao pico da curva, de 4,1 cm, ao se aplicar 80 t de esterco bovino. Apesar desta densidade de plantio, ser considerada elevada, ainda ocorreu espaço entre plantas favorável para o desenvolvimento do cladódio primário, tendendo este a se expandir em resposta aos nutrientes disponibilizados por este nível de adubação.

Nas densidades de 80 e 160 mil plantas/ha, as maiores espessuras de cladódios primários foram obtidas ao se aplicar 20 t de esterco bovino/ha/dois anos. Possivelmente, o que pode ter ocorrido para esta população, quando se utilizou os maiores doses de adubação orgânica, foi à formação de um microclima dentro das parcelas, diminuindo a mineralização de algum nutriente. Powlson et al. (1989) relatam que a mineralização de alguns nutrientes, como por exemplo, o nitrogênio orgânico, depende da temperatura e do teor da umidade, das práticas de cultivo e do teor de matéria orgânica do solo.

Outro fator que pode ter contribuído para que não houvesse o aumento da espessura dos cladódios primários, com a elevação do nível de adubação orgânica para estas populações, refere-se ao espaçamento muito reduzido entre plantas.

Verificou-se que não houve interação significativa ( $P > 0,05$ ) entre adubação e densidades de plantio sobre a produtividade do cladódio-planta, após seis anos de plantio. Foi observado efeito significativo ( $P < 0,05$ ) das densidades de plantio para esta característica (Figura 11), apresentando curva com comportamento exponencial.



**Figura 11.** Produtividade do cladódio-planta por área após seis anos de plantio em diferentes densidades de plantio.

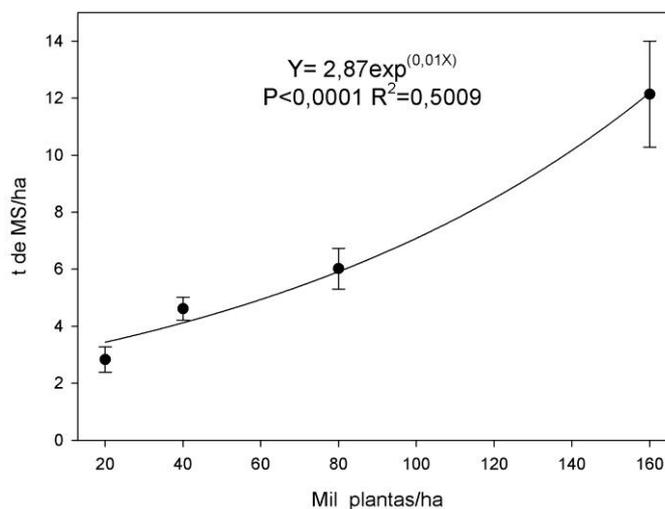
Foi verificado incremento na produtividade do cladódio planta com elevação da densidade de plantio, o que pode ser explicado por haver maior número de plantas cultivadas por unidade de área. De maneira geral os cladódios plantas são mais pesados do que demais ordens por ser mais velho e conseqüentemente mais fibroso.

Normalmente, os cladódios utilizados na alimentação animal são os de segunda ordem e de ordens superiores, sendo de maneira geral, de baixa fibra. Assim, o cladódios planta podem ser utilizados na alimentação animal para elevar a fonte de fibra das dietas.

Por outro lado, a manutenção de cladódios planta em sistemas adensados, tem como objetivo maior produtividade por área, pela maior interceptação de luz por meio do aumento do índice de área de cladódio - IAC (Farias et al., 2005).

Verificou-se que não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) da interação entre adubação densidades de plantio sobre peso seco da raiz, após seis anos de plantio. Foi observado efeito significativo ( $P<0,05$ ) das densidades de plantio para esta característica, obtendo-se curva com comportamento exponencial (Figura 12).

Observou-se aumento no peso seco da raiz em kg/ha com o aumento da densidade de plantio. Este resultado pode ser explicado pelo maior número de plantas cultivadas por área, resultando, conseqüentemente, em maior quantidade de raízes. Entretanto, o peso seco obtido pelas raízes de plantas isoladas nas densidades de 80 e 160 mil plantas/ha foram menores do que as verificadas em plantas cultivadas sob densidades de 20 e 40 mil plantas/ha. Contudo, ao se multiplicar produção de raiz pela densidade de plantio a produtividade por área foi maior nas densidades de 80 e 160 mil plantas/ha.



**Figura 12.** Peso seco da raiz de palma forrageira Clone IPA-20 submetida a diferentes densidades de plantio.

O maior peso de raízes por hectare resultante do maior número de plantas reflete em maiores cuidados com adubação quando se almeja maior produção por área, uma vez que, há maior extração de nutrientes do solo. De acordo com Teles et al. (2004), no cultivo da palma forrageira em espaçamento adensado ocorre uma maior extração de nutrientes do solo.

Santos et al. (1994) relatam que as plantas do metabolismo ácido das crassuláceas apresentam alta eficiência no uso de água utilizando pelos absorventes para assimilar água e nutrientes do solo, perdendo-os durante a estação seca para evitar a passagem de água das

raízes para o solo. Vale ressaltar a dificuldade na medição do sistema radicular de palma e a escassez de tais informações, bem como em futuras pesquisas com palma deve-se medir o comprimento e diâmetro das raízes, considerando a importância destas características na absorção de nutrientes.

### **Conclusões**

A aplicação de 80 t de esterco bovino/ha/dois anos promove maiores produtividade nas diferentes densidades de plantio e proporciona maiores, alturas de planta e maior número e crescimento de cladódios quaternários da palma Clone IPA-20.

A eficiência de adubação orgânica diminui com a elevação das doses de adubo. A dose de 20 t de esterco bovino/ha/dois anos não atende as exigências nutricionais de plantas cultivadas sob densidade de plantio de 160.000 plantas/ha.

A maior produtividade de matéria seca do cladódio-planta e sistema radicular são observados para a densidade de 160.000 plantas.

Maior número de cladódios terciário é obtido com a população de 40.000 plantas e utilização de 20 t de esterco bovino/ha/dois anos, enquanto que cladódios primários mais espessos são verificados com aplicação de 80 t de esterco bovino/ha/dois anos para esta densidade.

### **Referências**

ALVES, R.N.; FARIAS, I.; MENEZES, R.S.C.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob Diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, v.20, p. 38-44, 2007.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.24, p.857-865, 2000.

CARNEIRO, M.S.S.; VIANA, O.J. Métodos de aplicação de esterco bovino como adubo orgânico em palma gigante – (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, p.906-911, 1992.

DUBEUX JR., J.C.B.; SOLLENBERGUER, L.E.; VENDRAMINI, J.L.M.; STEWART, R.L.; INTERRANTE, S.M. Litter mass, deposition rate, and chemical composition in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**, v.46, p.1299-1304, 2006.

DUBEUX JR., J.C.B.; SANTOS, M.V.F. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. **A palma no nordeste do brasil conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. 2005, Recife, Editora Universitária UFPE, 2005. P.105-128.

FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; TAVARES FILHO, J.J.; SANTOS, M.V.F.; FERNANDES, A.P.M.; SANTOS, V.F. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira, em consorcio com o sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.341-347, 2000.

FARIAS, I.; SANTOS, D.C.; DUBEUX JR., 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 perspectivas de uso.** 2005, Recife, Editora Universitária UFPE, 2005. P.81-103.

FERREIRA, C.A.F.; FERREIRA, R.L.C.; SANTOS, D.C.; SANTOS, M.V.F.; SILVA, J.A.A.; LIRA, M.A.; MOLICA, S.G. Utilização de técnicas multivariadas na avaliação da divergência genética entre clones de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1560-1568, 2003.

FREITAS, T.F.S.; SILVA, P.R.F.; MARIOT, C.H.P.; MENEZES, V.G.; ANGHINONI, I.; BREDEMEIER, C.; VIEIRA, V. M. Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela época da semeadura. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.32, p 2397-2405, 2008.

GEBRESAMUEL, N.; GEBRE-MARIAM, T. Comparative Physico-Chemical characterization of the mucilages of two cactus pears (*Opuntia* spp.) obtained from mekelle, northern ethiopia. **Journal of Biomaterials and Nonbiotechnology**, v.3, p.79-86, 2012.

HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Nutrient cycling and fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.

HILLS, F.S. Anatomia e morfologia. In: INGLESE, G.B.P.; BARRIOS, E.P. (eds). **Agroecologia cultivo e usos da palma forrageira.** 2001. Roma, Cooperação Técnica Internacional Sobre Palma Forrageira. 2001. p. 28-34.

LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JR., J.C.B.; MELLO, A.C.L. Sistema de produção de forragem: alternativas para sustentabilidade da pecuária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p. 491-511, 2006.

MALONA, I.; EGEEA-CORTIINES, M.; WEISS, J. Conserved and divergent rhythms of crassulacean acid metabolism-related and core clock gene expression in the cactus *Opuntia ficus-indica*. **Plant physiology**, 156, 1978-1989, 2011.

MEDEIROS, G. R.; FARIAS, J. J.; RAMOS, J. L. F.; SILVA, D.S. Efeito do espaçamento e da forma de plantio sobre a brotação da palma forrageira (*Opuntia ficus indica*, Mill) no semi-árido. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de Fora, 1997. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, p. 231-233.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, 2006.

NASCIMENTO, J.P. **Caracterização morfométrica e estimativa da produção de *Opuntia ficus indica*, Mill. sob diferentes arranjos populacionais e doses de fósforo no semiárido da Paraíba, Brasil**. Patos: Patos: Universidade Federal de Campina Grande, 2008. 76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

PEIXOTO, M.J.A; CARNEIRO, M.S.S.; SOUZA, P.Z.; DINIZ, J.D.N.; SOUTO, J.S.; CAMPOS, F.A.P. Desenvolvimento de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., em diferentes substratos, após micropropagação *in vitro*. **Acta Scientiarum**, v.28, p.17-20, 2006.

POWLSON, D.S.; POULTON, P.R.; DDISCOTT, T.M. & MCCANN, D. Leaching of nitrate from soils receiving organic or inorganic fertilizers continuously for 135 years. In: HANSEN, J. A. & HENRIKSEN, K. (eds.) **Nitrogen in organic wastes applied to soils**. Academic Press, London, p.334-345. 1989.

REBMAN, J.P.; PINKAVA, D.J. *Opuntia* cacti of North America – an overview. **Flor Entomology**, v. 84, p. 474-483, 2001.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; NASCIMENTO, M.M.A.; LIRA, M.A.; TABOSA, J.N. Estimativas de parâmetros genéticos em clones de palma forrageira *Opuntia ficus indica* Mill. e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1947-1957, 1994.

SANTOS, D.C.; LIRA, M.A.; SILVA, M.C.; DUBEUX JR., J.C.B.; FARIAS, I.; VAZ, A.A. Produtividade da palma forrageira cv. Clone IPA-20 sob diferentes doses de adubação orgânica e populações em duas regiões de Pernambuco. In: V CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5, Aracaju, 2008. **CDroom** Aracaju: SNPA.

SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; BURITY, H.A.; FARIAS, I.; SANTOS, M.E.P.; NASCIMENTO, M.M.A. Número, dimensões e composição química de cladódios de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) cv. Gigante, de diferentes ordens. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.7, p. 69-79, 1990.

SAS Inst.Inc.SAS statistics user's guide.Release version 6. **SAS Ins. Inc., Cary, NC**. 1999.

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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p. 2389-2397, 2010.

TELES, M.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JR., J.C.B.; LIRA, M.A.; FERREIRA, R.L.C.; BEZERRA NETO, E.; FARIAS, I. Efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33. n.6, p.1992-1998, 2004.

TELES, M.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JR., 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. n.1, p.52-60, 2002.

WEEDA, W.C. The effect of cattle dung patches on pasture growth, botanical composition, and pasture utilization. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.10, p.150-159, 1967.

### **CAPÍTULO 3**

#### **ACÚMULO DE N, P E K NA PALMA FORRAGEIRA SUBMETIDA A DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DENSIDADES DE PLANTIO**

---

Capítulo elaborado conforme normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

## **Acúmulo de N, P e K na palma forrageira submetida a doses de adubação orgânica e densidades de plantio**

Resumo – A palma forrageira é uma cactácea adaptada às condições semiáridas, apresentando elevada produção de forragem e resposta positiva a adubação. Objetivou-se obter informações sobre a dinâmica de acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio da palma forrageira, em diferentes densidades e doses de adubação orgânica, bem como, avaliar a decomposição de nutrientes solúveis no esterco aplicado. O experimento foi realizado na Estação Experimental de Caruaru, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA. Os tratamentos experimentais foram diferentes doses de adubação orgânica (20, 40 e 80 t/ha de esterco bovino a cada 2 anos) e densidades de plantios (40.000, 80.000 e 160.000 plantas/ha). O acúmulo de nutrientes da palma cv. Clone IPA-20 foi avaliado em plantas competitivas. O acompanhamento da liberação de nutrientes pelo estrume foi obtido pela incubação de sacos de “nylon” no solo nos seguintes períodos: 0, 4, 8, 16, 36, 64, 128, 256, 512 e 678 dias. Verificaram-se, para as densidades de 40, 80 e 160 mil plantas/ha, independente do nível de adubação orgânica utilizado, que o acúmulo diário de nitrogênio, fosforo e potássio aumentaram ao longo dos dias de crescimento e doses de adubação. Para as densidades de 40, 80 e 160 mil planta/ha observou-se que o fósforo foi o nutriente menos acumulado, enquanto que, o potássio foi o nutriente mais acumulado, com valores de 2177,6; 2706,6 e 3839,4 g K/ha/dia, ao se utilizar 80 t de esterco bovino/ha/2anos, respectivamente. Constatou-se, para todas as densidades e doses de adubação orgânica testados, que a liberação de nitrogênio, fosforo e potássio do esterco bovino cessaram aos 128 dias após aplicação. Cada densidade de plantio apresenta necessidade nutricional distinta, uma vez que, a densidade de 160.000 plantas acumulou maior quantidade de nutrientes. Produtores rurais que almejam cultivar a palma forrageira utilizando esterco bovino como adubo, devem aplicar o esterco com mais frequência.

Termos para indexação: incubação, espaçamento de plantio, esterco bovino, *Opuntia*

## **N, P e K accumulation by cactus subjected to levels of organic fertilization and planting densities**

Abstract - A cactus is a cactus adapted to semiarid conditions, with high forage production and positive response to fertilization. The objective was to obtain information about the dynamics of accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium of cactus pear in different densities and doses of organic manure, as well as evaluate the decomposition of soluble nutrients in the manure applied. The experiment was conducted at the Experimental Station Caruaru belonging to the Agronomic Institute of Pernambuco - IPA. The experimental treatments were different doses of organic manure (20, 40 and 80 t/ha of manure every 2 years) and planting densities (40,000, 80,000 and 160,000 plants/ha). The accumulation of nutrients from palm cv. IPA-20 clone was assessed by competitive plants. The monitoring of nutrient release by the manure was obtained by incubating bags "nylon" in the soil at the following times: 0, 4, 8, 16, 36, 64, 128, 256, 512 and 678 days. There were, for densities of 40, 80 and 160 thousand plants / ha, regardless of the level of organic fertilizer used, the daily accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium increased over the days of growth and fertilization rates. For the densities of 40, 80 and 160 000 plants/ha observed that less phosphorus was the nutrient accumulated, whereas the potassium was the most nutrient accumulated with values of 2177.6, 2706.6 and 3839.4 K g/ha/day, while using 80 tones of manure cow/ha/2anos respectively. It was found, for all densities and organic fertilizer levels tested the release of nitrogen, phosphorus and potassium from manure ceased to 128 days after application. Each planting density provides distinct nutritional need, since the density of 160,000 plants accumulated higher amount of nutrients. Farmers who want to grow cactus using manure as fertilizer should apply the manure more often.

Index terms: incubation, spacing of planting, manure, *Opuntia*

## **Introdução**

A palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill. e *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) é um alimento importante na pecuária da região semiárida do Brasil por apresentar aspecto fisiológico especial quanto à absorção, aproveitamento e perda de água, suportando períodos longos de seca, com produtividade que podem atingir 40 t de matéria seca por hectare por colheita (Santos et al., 2006).

Todavia, o espaçamento de plantio da palma forrageira como estratégia de manejo é importante por definir as populações de plantas, variando de acordo com a fertilidade do solo, ocorrência de chuvas, finalidade de exploração e consórcio com outras culturas (Ramos et al., 2011).

Outro aspecto de manejo importante para a palma é a resposta positiva a adubação orgânica. A maioria dos adubos orgânicos contém vários nutrientes para as plantas e fornece benefícios físicos e biológicos para o solo. Na região Semiárida do Brasil o esterco é uma alternativa adotada por produtores para suprir as necessidades de nutrientes da planta (Galvão et al., 2008).

Andreola et al. (2000) relatam que o esterco promove benefícios para o aspecto físico do solo, promovendo o aumento da estabilidade de agregados, associado a redução da densidade do solo. Do ponto de vista químico o esterco aumenta a disponibilidade de nutrientes e CTC do solo (Silva et al., 2012).

O processo de decomposição e liberação de nutrientes do adubo orgânico é essencialmente biológico associado à composição da comunidade decompositora e sua atividade, estando sujeito à interferência de diversos fatores de meio, os quais se destacam temperatura, pH, umidade, os teores de O<sub>2</sub> e de nutrientes do solo, em especial o nitrogênio (Robertson & Morgan, 1996).

Com relação a disponibilidade de nutrientes, Dubeux Jr. et al. (2006) definem o sincronismo como a ocorrência simultânea da disponibilidade de nutriente no solo com a demanda de nutriente pela planta. Desse modo o sincronismo é de grande importância, pois a sua ausência pode resultar em déficit de nutriente levando a queda na produção da planta, ou ainda, resultar em excesso de nutriente no solo levando a contaminação do lençol freático.

Todavia, são escassas as informações sobre a ciclagem de nutrientes no cultivo da palma forrageira. Santos et al. (1996) avaliaram o efeito da adubação orgânica na composição químico-bromatológico da palma, verificaram que a aplicação de 10 t/ha de esterco bovino/ 2 anos foi superior a adubação química com 50-50-50 kg/ha/ano de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O na produção de matéria seca, proteína bruta, fósforo e cálcio, o que proporciona economia nos custos de produção, podendo ser decisivo para a rentabilidade da propriedade.

Assim, este trabalho tem como objetivo obter informações sobre a dinâmica de liberação e acúmulo de nutrientes da palma forrageira, cultivadas em diferentes densidades de plantio e doses de adubação orgânica, além de, avaliar a dinâmica de nutrientes solúveis no esterco aplicado.

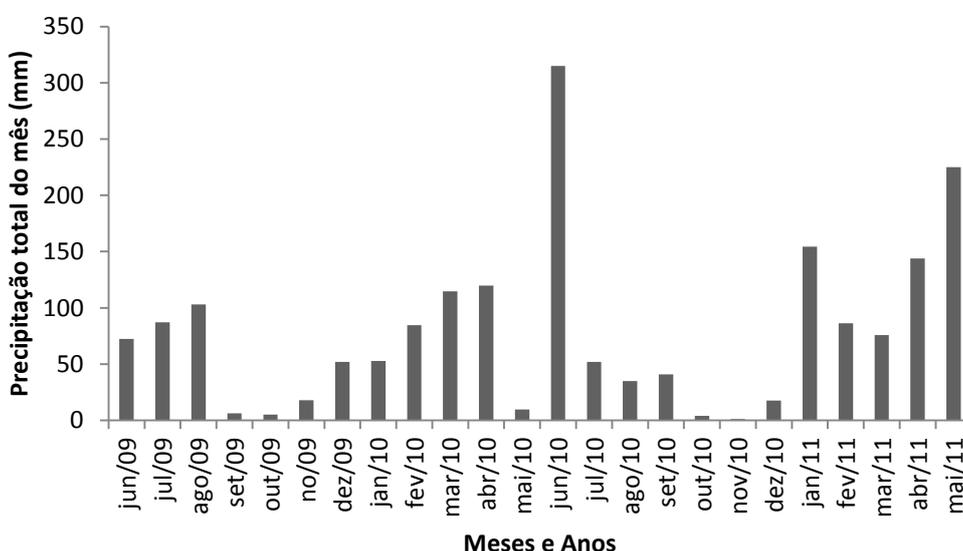
### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Caruaru pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), situada a 08° 14' 18'' de latitude sul e 35° 55' 20'' de longitude oeste a 537 m de altitude acima do nível do mar, com solo do tipo neossolo regolítico. A precipitação média anual é de 727,1 mm e temperatura média anual de 28,4°C. O experimento foi conduzido em palmal instalado em março de 2003 e manejado sob corte com intervalo de dois anos, mantendo-se os cladódios primários até 2007 e mantendo-se apenas o cladódio-planta na colheita de 07 de julho de 2009.

Os tratamentos experimentais constaram da combinação de doses de adubação orgânica (20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/dois anos) aplicados no dia 11/07/2009 e diferentes densidades de plantio (40, 80 e 160 mil plantas/ha), obtidas pelos seguintes espaçamentos de plantio: 1,0m x 0,25m; 0,50m x 0,25m e 0,50m x 0,125m.

A área experimental foi de 815 m<sup>2</sup>, constituída por três blocos, cada um com 16 subparcelas, sendo cada subparcela de 4 m x 4 m, e as subparcelas distanciadas entre si e entre blocos por um metro. A área útil de cada subparcela apresenta dimensões de 2 m x 3 m com 12, 24, 48 e 90 unidades experimentais para as densidades de plantio de 40, 80 e 160 mil plantas/ha, respectivamente.

Dois anos após a última colheita, em 07 de julho de 2009, foi realizado o corte do palmar, mantendo-se o cladódio-planta. A precipitação mensal, durante o período experimental é apresentada na Figura 1.



**Figura 1.** Precipitação mensal durante a realização das atividades experimentais, Caruaru – PE.

Em seguida, procedeu-se aplicação dos tratamentos referentes à adubação orgânica, sendo a aplicação do esterco (20, 40, e 80 t de esterco bovino/ha/dois anos) realizado com

base no teor de matéria seca do esterco, que foi de 61,50%, os resultados da análise do esterco bovino está apresentado na Tabela 1. Vale salientar que o esterco utilizado é oriundo da própria estação experimental de Caruaru, o qual foi curtido e analisado verificando-se teor de matéria orgânica de 33% e presença de solo no mesmo.

**Tabela 1.** Resultado da análise do esterco bovino utilizado no experimento, Caruaru- PE.

Amostra	pH	P*	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup> + Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H + Al	C.O	M.O.
	(água-1:2,5)	(mg/dm <sup>3</sup> )	.....(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ).....				(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )		.....g./kg.....	
Esterco	7,6	470	0,40	2,61	18,48	6,75	0,40	2,11	232	330

Matéria seca (%) = 61,50

\* Extrator Mehlich.

### ***Acúmulo de N, P e K na palma forrageira***

O acúmulo de N, P e K na palma forrageira foi avaliado em uma planta competitiva, ou seja, cercada por plantas vivas, conforme as densidades de plantio. A dinâmica de colheita foi programada em função do número de plantas vivas e competitivas de cada subparcela (Tabela 2).

Na colheita, amostras por ordem de cladódio foram pesadas para a obtenção do peso verde, sendo em seguida, picadas e acondicionadas em bandejas de alumínio e levadas à estufa de ar forçado, a 65 °C, para a obtenção do peso seco. Em seguida, as amostras secas foram trituradas em moinho de facas com peneira de 1 mm para posterior análise dos teores de N, P e K, conforme AOAC (1980).

**Tabela 2.** Cronograma de atividades durante a execução do experimento.

Populações	Datas de avaliações	Dias de incubação
40.000	05.09.2009; 27.02.2010; 14.08.2010; 06.01.2011 e 28.04.2011	56, 224, 392 532 e 644
80.000	08.08.2009; 05.09.2009; 03.10.2009; 27.03.2010; 16.09.2010 e 03.03.2011	28, 56, 84, 252, 420 e 588
160.000	08.08.2009; 05.09.2009; 03.10.2009; 27.02.2010; 17.07.2010; 09.12.2010 e 31.03.2011	28, 56, 84, 224, 364, 504 e 616

O delineamento experimental foi blocos ao acaso em parcelas subdivididas com medidas repetidas no tempo e três repetições sendo as parcelas as doses de adubação orgânica e as subparcelas densidades de plantio, conforme o modelo estatístico  $Y_{ijkl} = \mu + C_i + E_{ij} + P_k + (C*P)_{ik} + e_{ijk} + O_l + (C*O)_{il} + (P*O)_{kl} + (C*P*O)_{ikl} + \epsilon_{ijkl}$ , onde  $Y_{ijkl}$  representa a resposta média na adubação i, repetição j, densidade de plantio k. Os termos referentes a adubação ( $C_i$ ) e densidade de plantio ( $P_k$ ), dias de avaliações ( $O_l$ ) e suas interações [( $C*P$ ) $_{ik}$ , ( $C*O$ ) $_{il}$ , ( $P*O$ ) $_{kl}$  e ( $C*P*O$ ) $_{ikl}$ ] foram considerados efeitos fixos. Os dias de avaliações ( $P_k$ ) foram tratados como medidas repetidas no tempo. Os efeitos aleatórios incluem o erro da parcela principal ( $E_{ij}$ ), o erro da subparcela ( $e_{ijk}$ ).

A análise de variância foi realizada pelo Proc Mixed do software SAS (SAS, 1999). Quando significativo, verificou-se o comportamento dos dados e, em seguida, utilizou-se o modelo exponencial simples por explicar os mesmos. Esse modelo foi aplicado para cada tratamento, em cada bloco, sendo encontrados os parâmetros  $B_0$  e  $k$  (exponencial simples) por meio do Pro Nlin do SAS (SAS Inst., 1999).

### ***Liberção de N, P e K do esterco***

O acompanhamento da curva de liberação de N, P e K pelo esterco foi realizado com auxílio da técnica de sacos de “nylon”, confeccionados com 15 cm de largura e 30 cm de comprimento, por meio da utilização de máquina seladora. Em cada saco de “nylon” foi colocado 25g de esterco, o qual foi incubado em cada subparcela disponibilizando-os na superfície do solo momentos antes da aplicação da adubação orgânica, com exceção de parcelas que continham o tratamento sem adubação orgânica. Posteriormente, os sacos foram recolhidos nos seguintes períodos de incubação: 0, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 e 678 dias. Os teores de N, P e K foram determinados, conforme a metodologia descrita pela AOAC (1980).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com medidas repetidas no tempo, e três repetições, sendo as parcelas as doses de adubação orgânica e as subparcelas as densidades de plantio. A análise de variância foi realizada pelo Proc Mixed do software SAS (SAS, 1999). Quando significativos modelos não lineares foram testados, utilizando o comando Proc Nlin.

O modelo exponencial negativo simples (Wagner & Wolf, 1999) foi utilizado para estimar N, P e K que foram descritas pela equação:  $X = B_0e^{-kt}$ , em que X corresponde à proporção remanescente, t é o tempo em dias, B<sub>0</sub> é a constante de desaparecimento e k é a taxa relativa de decomposição. O conteúdo de cada nutriente depois da incubação foi determinado pela seguinte fórmula: Remanescente= (final/inicial) x 100. Esses modelos foram aplicados para cada tratamento, em cada bloco, sendo encontrados os parâmetros B<sub>0</sub> e k (exponencial simples), por meio do Proc Nlin do SAS (SAS Inst., 1999).

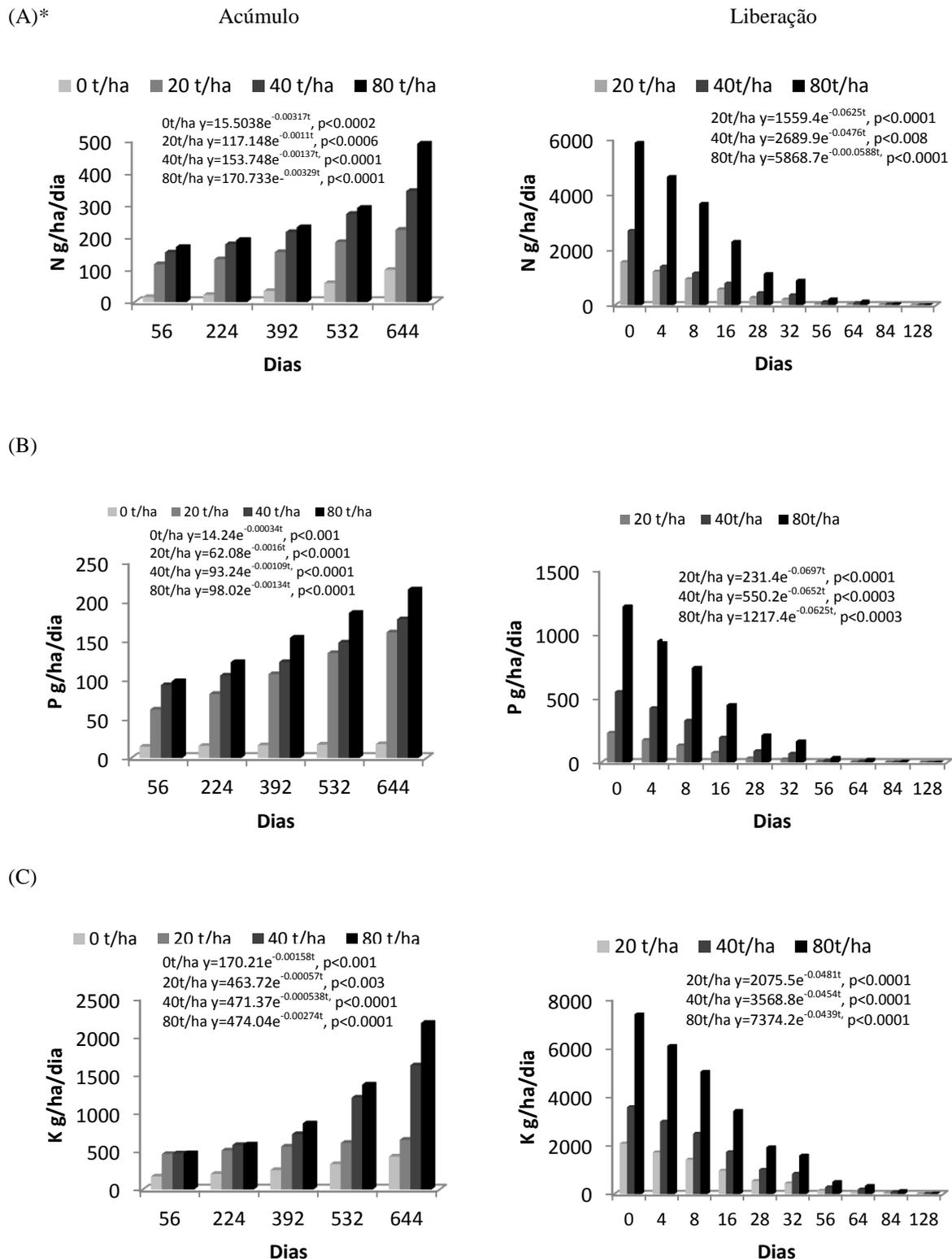
## **Resultados e Discussão**

Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre dias de incubação e doses de adubação orgânica para a taxa de acúmulo e liberação diária de N, P e K, na densidade de 40.000 plantas/ha de palma forrageira (Figura 2).

Verificou-se que a taxa de acúmulo diário de N (Figura 2A) aumentou ao longo do crescimento da planta, independente do nível de adubação orgânica utilizado, tendo acúmulo diário máximo de 488,9 g N/ha, aos 644 dias de incubação, ao se utilizar 80 t de esterco bovino/ha/2anos. Por outro lado, observou-se que a liberação diária de nutrientes pelo adubo aplicado, tendeu a diminuir ao longo do tempo, chegando a liberar completamente o nitrogênio nas diferentes doses de adubação orgânica aos 128 dias após aplicação.

O aumento do acúmulo de nitrogênio (N) com o elevar das doses de adubação orgânica, já era esperado, pois está relacionado com as maiores quantidades de nutrientes disponibilizados e os benefícios fornecidos pelo adubo para o solo. Nobel et al. (1987) relatam que a composição química da palma forrageira é afetada pela adubação, tendendo a elevar o teor de N com aumento das doses de adubação.

O N é parte das proteínas, da clorofila e das enzimas, sendo um nutriente indispensável para as plantas (Silva et al., 2007). Dubeux Jr.& Santos (2005) estimaram que a palma forrageira extrai, aproximadamente, 180 kg de N/ha/ano, que corresponde a 491,8 g N/ha/dia, valor este semelhante ao obtido no presente trabalho, com a utilização de 80 t de esterco bovino/ha/2 anos.



**Figura 2.** Taxa de acúmulo e liberação diária de nitrogênio (A), fósforo (B) e potássio (C) em palma forrageira cultivada na densidade de 40.000 plantas/ha adubada com 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/2 anos.\*gráficos à esquerda referem-se ao acúmulo, e a direita a liberação diária de N, P e K.

Por outro lado, a liberação do N nos diferentes doses de adubação orgânica, até os 128 dias após aplicação do adubo e o acúmulo deste com o avançar dos dias de crescimento da planta, indica que o nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) foi extraído do esterco até os 128 dias após aplicação e, após esta data, a planta utilizou nitrato advindo da solução do solo. Tal comportamento sugere mudança quanto à forma de utilização da adubação orgânica para o manejo da palma forrageira, objetivando melhor resposta da planta. Provavelmente, a aplicação de adubo orgânico em forma parcelada seria uma alternativa para atender as necessidades nutricionais da palma.

Para o acúmulo diário de fósforo (P), observou-se que a curva correspondente ao tratamento sem adubação orgânica (Figura 2B) acumulou o nutriente em taxas mais baixas durante o período de incubação avaliado. Isto pode ser justificado pela baixa disponibilidade e mobilidade do elemento na solução dos solos. Sampaio et al. (1995), avaliando 20 solos do estado de Pernambuco, verificaram que no Semiárido, o P é um nutriente de baixa disponibilidade limitando o crescimento vegetal. Contudo, verificou-se curva crescente para os tratamentos de 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/2anos, ao longo dos períodos de incubação, com valor máximo de 214,9 g P/dia/ha aos 644 dias, com a utilização de 80 t de esterco bovino/ha/2 anos.

O incremento no teor de fósforo com o aumento das doses de adubação orgânica e dias de incubação, reforça a importância de se utilizar adubo na cultura da palma forrageira. Apesar da densidade de 40.000 plantas/ha ser considerada elevada, o espaço disponível entre plantas e linhas, se comparada com as densidades de 80 e 160 mil plantas/ha, garantiu maior exposição do esterco a fatores ambientais, favorecendo a mineralização do adubo e, conseqüentemente, o aumento no acúmulo diário de fósforo com o aumento das doses de adubação orgânica.

O fósforo é importante por exercer influência na formação e desenvolvimento dos primórdios vegetativos, no crescimento das raízes, além disso, é essencial nos processos vitais das plantas (Camargo & Silva, 1975). Em estudo com palma forrageira não adubada, Hernández-Urbiola et al. (2011) verificaram teor de P variando de 2,59 a 3,94 mg/g aos 40 e 135 dias de crescimento, o que corresponde a 10,4 e 15,8 g P/ha/dia, respectivamente, valores estes semelhantes aos obtidos no presente trabalho no tratamento testemunha.

Dentre os nutrientes estudados, foi possível observar, por meio das curvas de taxa de acúmulo diário, que o potássio (K) (Figura 2C) foi o nutriente mais acumulado com o decorrer dos dias de crescimento, chegando a atingir médias de 430,5; 649,5; 1.624,5 e 2.177,6 g /ha/dia, para as doses de 0, 20, 40 e 80 t/ha/2 anos, respectivamente.

O alto acúmulo de K na palma pode ser justificado, não apenas por esse nutriente ser importante no processo metabólico desta forrageira, mas também pelos solos da região semiárida não apresentarem deficiência deste nutriente, na maioria das situações. A alta acumulação de potássio resulta em elevado teor deste elemento na composição química da cultura, conforme observado por Teles et al. (2004) e Hernández-Urbiola et al. (2011), que trabalharam com *Opuntia ficus indica*.

Tal comportamento indica que a planta extraiu nitrogênio, fósforo e potássio proveniente do esterco bovino aplicado até os 128 dias de crescimento. Além disso, foi possível constatar através das curvas de acúmulo de N, P e K que houve incremento para estes nutrientes com o elevar das doses de adubação orgânica após os 128 dias de crescimento, provavelmente parte dos nutrientes disponibilizados pelo esterco aplicado ficou adsorvido pelo solo temporariamente favorecendo o acúmulo e crescimento da planta em longo prazo.

Ernani et al. (2007) relatam que os nutrientes necessitam estar na solução do solo e em contato com as raízes para ser absorvido e que solos com cargas variáveis pode haver adsorção eletrostática.

Assim, recomenda-se que esta forrageira seja adubada com mais frequência a cada seis meses, para que ela possa assimilar os nutrientes necessários para o seu pleno desenvolvimento. Essa recomendação difere do manejo usual de efetuar a adubação nos momentos do plantio e a cada colheita, como recomendado por diferentes autores (Alves et al., 2007). Contudo, vale ressaltar que adubar com mais frequência resulta em maior custo com mão de obra. Assim, a alternativa seria utilizar maiores doses de adubo orgânico, ou ainda, utilizar adubo orgânico que apresente lenta mineralização dos seus nutrientes.

O esterco, assim como os restos vegetais, possui características que influenciam a liberação de nutrientes, como por exemplo, a relação C:N. Provavelmente, a relação C:N foi baixa no esterco utilizado para adubação. Conforme Freire et al. (2010), a relação C:N é considerado fator relevante na decomposição dos resíduos, podendo haver redução devido a qualidade e composição do adubo orgânico. Marques et al. (2000) comentam que os resíduos de baixa relação C:N são decompostos mais rapidamente que os de alta relação.

Por outro lado, Souto et al. (2005) relatam que a velocidade de decomposição do adubo orgânico depende de vários fatores, dentre eles os organismos decompositores, a composição química, e o pH do meio. Todavia, material baseado em celulose é decomposto três vezes mais rápido, em relação a partes lenhosas ricas em taninos.

De acordo com Dubeux Jr. et al. (2006c), no esterco bovino os nutrientes estão prontamente disponíveis para as plantas, se comparado com a serapilheira. Portanto, a presença de fatores climáticos favoráveis à liberação, associado à presença dos nutrientes prontamente disponíveis no esterco, possivelmente, pode ter promovido maior velocidade de liberação.

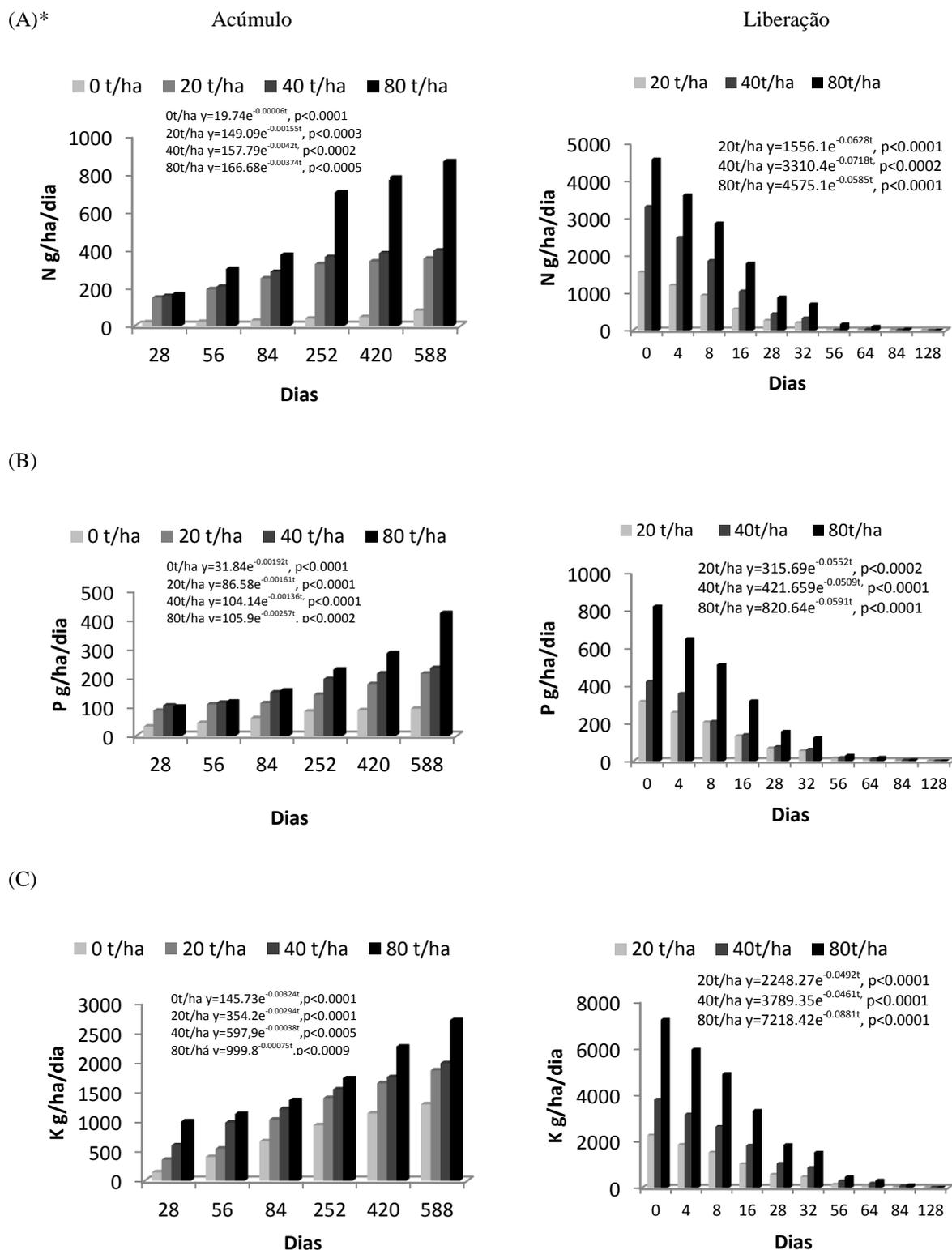
Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre dias de incubação e doses de adubação orgânica para a taxa de acúmulo e liberação diária de N, P e K, na densidade de

80.000 plantas/ha (Figura 3). O acúmulo de N pela planta no tratamento testemunha foi baixo, com valor máximo de 79,6 g/ha/dia, aos 588 dias de idade (Figura 3A).

Esse fato pode ser justificado, não somente pela ausência de composto orgânico para fornecer nutrientes, mas também, pela competição entre plantas por nitrogênio da solução do solo, pois se trata de um plantio adensado. Dubeux Jr. et al. (2011) relatam que, em espaçamentos adensados, ocorre extração de maior quantidade de nutrientes provenientes dos solo.

Já as curvas correspondentes às doses de 20 e 40 t/ha/2 anos de adubação orgânica obtiveram comportamento semelhante com o máximo acumulado de 354,4 e 396,5 g/ha/dia, aos 588 dias de incubação. Alves et al. (2007) comentam que, doses de 20 e 30 t/ha de esterco têm sido utilizada por produtores na época do preparo do solo, pouco antes do plantio e após a colheita. Contudo, foi possível constatar, para esta densidade populacional, que as doses de 20 e 40 t/ha são insuficientes para que a palma possa acumular o N necessário para o seu pleno desenvolvimento.

Dubeux Jr. et al. (2006a) trabalharam com adubação e plantio adensado e verificaram que o teor de N aumentou com a elevação do nível de adubação, porém, estes autores trabalharam com adubo químico. Vale ressaltar que a adubação orgânica apresenta vantagens sobre a química, considerando os aspectos físicos e biológicos do solo.



**Figura 3.** Taxa de acúmulo e liberação diária de nitrogênio (A), fósforo (B) e potássio (C) em palma forrageira cultivada na densidade de 80.000 plantas/ha adubada com 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/2 anos. \*gráficos à esquerda referem-se ao acúmulo, e a direita a liberação diária de nutrientes.

Nesse estudo a planta acumulou mais nitrogênio ao se adicionar 80 t/ha de esterco bovino, tendo acúmulo máximo de 865,5 g N/ha/dia. Tal nível de adubo orgânico, possivelmente proporcionou maiores quantidades de nitrogênio disponibilizado ao solo, favorecendo ao máximo o acúmulo do nutriente na planta. Dubeux Jr.et al. (2010) relatam efeito aditivo com a utilização de adubo orgânico na palma forrageira, no qual a utilização de 10 t de esterco bovino/ ano elevou a produtividade da palma de 5,8 para 10,5 t de MS/ha/dois anos.

De maneira geral, verificou-se, que sem adubo orgânico houve acúmulo máximo de 79,6 g N /ha/dia, enquanto, para as doses de 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/dois anos observou-se acúmulo de 354,4; 396,5 e 865,5 g N/ha/dia, aos 588 dias de incubação, respectivamente. Tal comportamento pode indicar que o nitrogênio liberado pelas diferentes doses de adubação orgânica ficou adsorvido no solo, ou ainda, pode ter ocorrido a imobilização temporária de N do solo. Conforme Palm et al. (2001), a incorporação do esterco de curral ao solo pode imobilizar os nutrientes do solo.

Observou-se no tratamento sem adubo orgânico que a taxa de acúmulo diário de fósforo (Figura 3B) foi crescente até os 252 dias, com 83,7 g/ha e depois manteve praticamente constante, alcançando o valor máximo de 93,2 g/ha, aos 588 dias de crescimento. A curva observada indica que o acúmulo nos primeiros dias de crescimento, se deve a utilização deste nutriente para a emissão de brotações (Figuras 4 e 5, capítulo 2) e utilização em processos fisiológicos. Cavalcanti et al. (2008) recomendam, para palma forrageira cultivada com menor espaço entre filas e plantas, 100 kg/ha de P, no momento do plantio e, no segundo ciclo de vida em diante, 80 kg P/ha, para obter produtividade satisfatória.

As plantas que receberam 20, 40 e 80 t de esterco bovino /ha /2 anos apresentaram incremento na taxa de acúmulo diário de fósforo na planta, chegando a valores de 213,3;

233,1 e 422,4 g P/ha/dia, respectivamente. Esse fato reforça a importância do nutriente no metabolismo da planta para o pleno crescimento, uma vez que a disponibilidade deste nutriente é baixa nos solos da região Semiárida. Dechen & Nachtigal (2007) relatam teores adequados de fósforo na planta em torno de 1,0 e 1,5 g kg.

As plantas que receberam 20, 40 e 80 t/ha/esterco bovino apresentaram acúmulo máximo de 1.858,9; 1.979,4 e 2.706,6 g de K/ha/dia e as plantas não adubadas acumularam 1.288,2 g de K/ha/dia (Figura 3C). De acordo com Dubeux Jr. & Santos (2005), o potássio é o nutriente exportado em maior quantidade pela cultura da palma. Além disso, os mesmos autores relatam que a exportação dos nutrientes N, P, K e Ca de uma área com produtividade elevada superam os nutrientes que vem sendo adicionados via adubação orgânica.

A liberação inicial de nitrogênio na população de 80.000 plantas para as doses de 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/2anos foi de 1.556,1; 3.310,4 e 4.575,1, respectivamente, enquanto para o fósforo, a liberação inicial foi de 315,6; 421,6 e 820,6 g/ha/dia. Já para o potássio, a liberação inicial foi de 2.248,3; 3.789,3 e 7.218,4 g/ha/dia, respectivamente.

A rápida liberação dos nutrientes do esterco bovino utilizado na adubação orgânica pode ser atribuída à presença moderada de chuvas logo após aplicação do adubo, que ocorreram nos meses de julho e agosto de 2009 (Figura 1), bem como, as atividades dos microrganismos presentes no solo.

Segundo Borket et al. (2003) os nutrientes essenciais para o crescimento da planta se movimentam através do solo, e uma das entradas de nutrientes pode ser advindo da ocorrência de chuvas, que favorece a volatilização, lixiviação, percolação e escoamento de nutrientes pela erosão laminar.

Contudo, a liberação de cada nutriente do adubo orgânico depende de vários fatores conforme Silva et al. (2010), a liberação do nitrogênio depende do tipo de carbono e nitrogênio contido no adubo o que influenciará a decomposição. Por outro lado, Dubeux Jr. et

al. (2007) relataram que a rápida liberação do fósforo pode ser justificada pelo tipo de fósforo presente no adubo, sendo mais solúveis aqueles contido no esterco, quando comparado aos adubos comerciais.

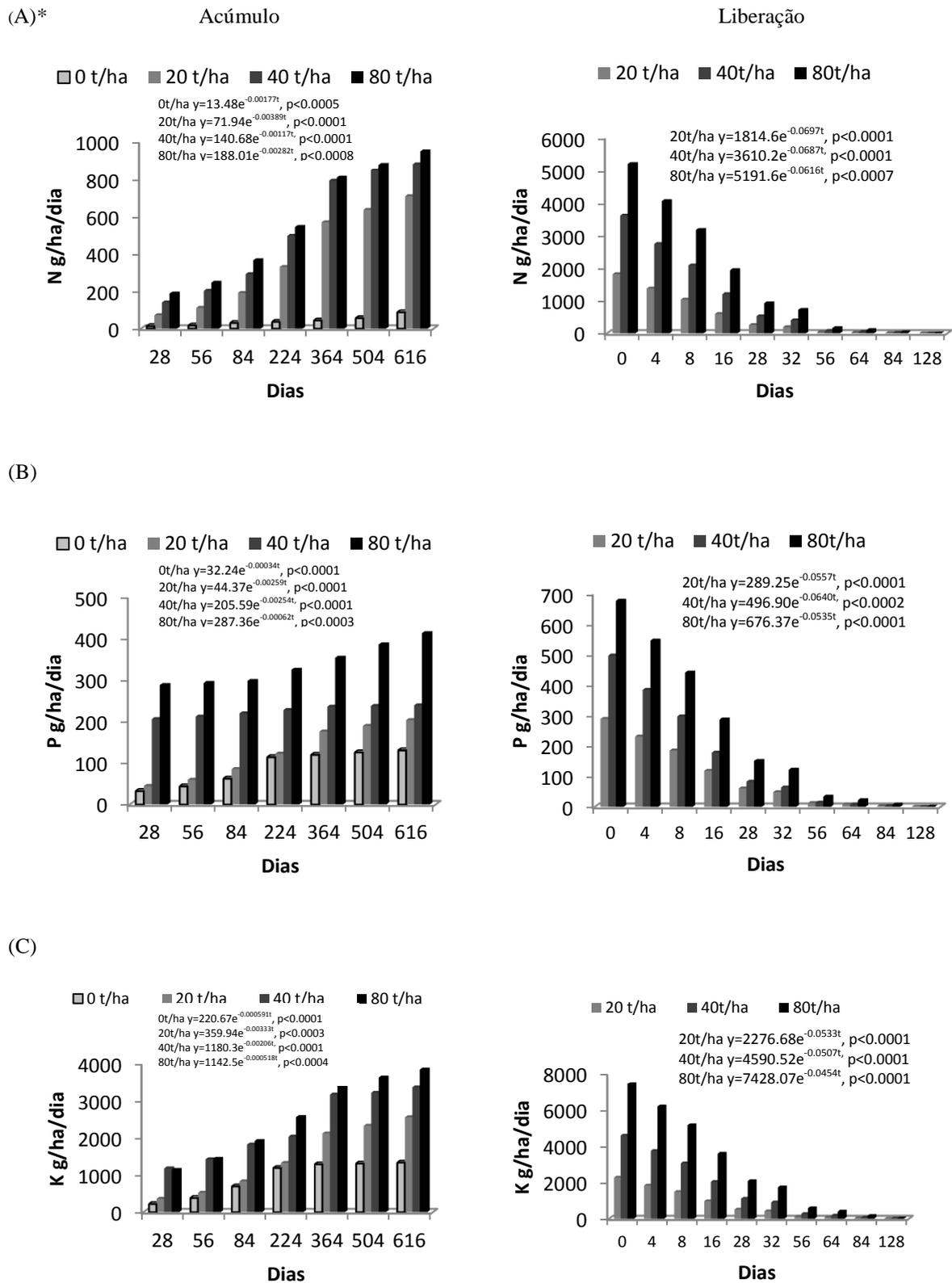
Rosolem et al. (2006) relatam que o potássio presente nos adubos orgânicos e químicos pode ser intensamente lixiviado no perfil do solo dependendo da quantidade de chuva, da textura do solo, entre outros fatores, que fazem o manejo da adubação potássica importante.

Vale ressaltar que nas subparcelas correspondentes a densidade populacional de 80.000 plantas/ha, a presença de plantas invasoras era significativamente menor, devido à redução de espaço entre linhas e plantas. Desse modo, os restos vegetais obtidos após o roço das plantas invasoras, provavelmente contribuíram em pequena proporção para acúmulo de nutrientes na palma, após os 128 dias de adubação.

Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação entre dias de incubação e doses de adubação orgânica para a taxa de acúmulo e liberação diária de N, P e K na densidade de 160.000 plantas/ha (Figura 4).

Verificou-se para a densidade de 160.000 plantas, ao se utilizar 20, 40 e 80 t/ha de esterco bovino, acúmulo de 87,8; 709,7; 907,6; 947,6 g de N/ha/dia; 130,4; 203,1; 238,6; 412,6 g P/ha/dia e de 1.337,4; 2.557,8; 3.363,1 e 3.839,4 g de K/ha/dia, aos 616 dias de crescimento (Figuras 4 A, B e C), respectivamente.

Foi possível constatar, para a densidade de 160.000 planta/ha, que a quantidade de nutrientes acumulados foi superior, quando comparados às demais densidades populacionais estudadas. Isto pode ser explicado pelo maior número de plantas por unidade de área de solo, indicando que houve maior extração de nutrientes do solo. Desse modo, faz-se necessário, para a população de 160.000 plantas/ha, uma reposição periódica de nutrientes, a fim de manter o palmar com o máximo de produção e plantas vivas.



**Figura 4.** Taxa de acúmulo e liberação diária de nitrogênio (A), fósforo (B) e potássio (C) em palma forrageira cultivada na densidade de 160.000 plantas/ha adubada com 20, 40 e 80 t de esterco bovino/ha/2 anos. \*gráficos à esquerda referem-se ao acúmulo, e a direita a liberação diária de nutrientes.

Para Farias et al. (2000), a palma adensada pode atingir maior produtividade de massa verde e seca. Contudo, Teles et al. (2004) relatam a ocorrência de amarelecimento de palmais nos estados de Pernambuco e Alagoas, em cultivos adensados, em decorrência de deficiência de algum nutriente e/ou pela presença de nematoides que inibem a absorção de nutrientes pela cultura.

Dubeux Jr. & Santos (2005) relataram que a composição química da palma forrageira é influenciada pela adubação e espaçamento de plantio, tendendo haver aumento no teor de nitrogênio com elevação do nível de adubação e redução na densidade de plantio. Além disso, esses autores estimaram que a palma exporta, via colheita, 360 e 64 kg de N e P/ha/2anos. Oliveira et al. (2011) comentam que a palma forrageira é uma cultura exigente, quanto às características químicas e físicas do solo, sendo um fator determinante na sua produção.

Conforme Salisbury & Ross (1992), o potássio tem várias funções na planta, uma delas está diretamente associada no processo de turgescência das células. Dechen & Nachtigall (2007) relatam que o K tem grande impacto na produtividade e qualidade dos cultivos, além de exercer influência no incremento de peso das plantas. Dubeux Jr. et al. (2010), trabalhando com adubação potássica no Clone IPA-20, observaram que o potássio exerceu efeito sobre o peso verde das brotações, promovendo acréscimo de 17,77%.

Verificou-se que a liberação de N, P e K nas doses de adubação orgânica estudados foi rápida, cessando aos 128 dias após adubação. Para esse método de cultivo com 160.000 plantas/ha, a palma forrageira requer grandes quantidades de adubo orgânico, uma vez que a competição por nutrientes é elevada. Uma alternativa estratégica para esta densidade populacional seria a aplicação do esterco de forma parcelada, uma vez que, a aplicação em dose única vez, promoverá, a partir dos 128 dias, déficit de nutrientes, mesmo com a utilização de 40 e 80 t de esterco bovino/ha/dois.

Felker (1995) relatam que em sistemas intensivos de palma com densidade de 120.000 e 160.000 plantas/ha, onde a produtividade costuma obter em torno 400 t MV/ha, no México são utilizados 200 t/ha de adubo orgânico, ou então 100 t/ha de esterco bovino e mais 200 kg de N ha/ano para atender as exigências das plantas.

De maneira geral, foi possível constatar, para a densidade de 160.000 plantas, que os nutrientes advindos do esterco e de outras fontes não avaliadas (chuva, adsorção por argilas, imobilização de nutrientes pela matéria orgânica do solo e restos de plantas proveniente do roço), não foram capazes de atender as exigências nutricionais das plantas, considerando que observou-se plantas mortas nesta população.

### **Conclusões**

A palma forrageira Clone IPA-20 é uma cultura exigente em fertilidade do solo por acumular grandes quantidades diárias de nutrientes e o espaçamento de plantio é um fator determinante para definir a recomendação de adubo orgânico.

O acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio é maior na densidade de plantio de 160.000 plantas/ha. O fósforo é o nutriente que menos acumulou no Clone IPA-20, enquanto que, o potássio é o nutriente que mais acumulou na planta.

Independente do nível de adubação orgânica utilizada, a liberação diária de nutrientes, pelo esterco bovino nas diferentes doses utilizadas cessa aos 128 dias após aplicação, devendo a adubação ser mais frequente, notadamente em espaçamentos mais densos.

## **Referências**

ALVES, R.N.; FARIAS, I.; MENEZES, R.S.C.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C. Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidade de corte e espaçamento. **Revista Caatinga**, v.20, p. 38-44, 2007.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 867- 874, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Washington. **Official methods of analysis**, 13. Washington. 1980. 1018p.

BORKET, C.M.; GAUDÊNCIO, C.A.; PEREIRA, J.E.; PEREIRA, L.R.; OLIVEIRA JR., A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.143-153, 2003.

CAMARGO, P.N.; SILVA, O. **Manual de adubação foliar**. Editoras: La Libreria; Herba LTDA. 1975. 258 p.

CAVALCANTI, F.L.A.; SANTOS, J.C.P.; PEREIRA, J.R. et al. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. 2008. 212p.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Editora: UFV. 2007. p. 91-132.

DUBEUX JR., J.C.B.; SOLLENBERGUER, L.E.; MATHEWS, B.W. ; SCHOLBERG, J.M.; SANTOS, H.Q. Nutrient cycling in warm-climate grasslands. **Crop Science**, v. 47, p.915-928, 2007.

DUBEUX JR., J.C.B.; SARAIVA, F.M.; SANTOS, D.C.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; SILVA, N.G.M. Exigências nutricionais e adubação da palma forrageira. In: II Congresso Brasileiro de palma e outras cactáceas, 2011, Garanhuns, 2011.

DUBEUX JR., J.C.B.; ARAUJO FILHO, J.T.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; PESSOA, R.A.S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira –Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, p.129-135, 2010.

DUBEUX JR., J. C. B.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de pastagens: impactos no ambiente e na produtividade. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; SILVA, S. C.; FARIAS, V. P. (eds). Simpósio sobre o manejo de pastagens – As pastagens e o meio ambiente, 23, 2006. Piracicaba, FEALQ, 2006. p.439-506.

DUBEUX JR., J.C.B.; SOLLENBERGUER, L.E.; VENDRAMINI, J.M.B.; STEWART, R.L.; INTERRANTE, S.M. Litter mass, deposition rate, and chemical composition in

Bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**, v.46, p.1299-1304, 2006c.

DUBEUX JR., J.C.B.; SANTOS, M.V.F. Exigencias nutricionais 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 nova perspectivas de uso**. Editora Universitária UFRPE. 2005. p. 105-128.

DUBEUX JR., J.C.B.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIMA, L.E.; FERREIRA, L.R.C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in North-east Brazil. **Journal of Arid Environment**, v.67, p.357-372, 2006a.

ERNANI, P.R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J.A.; CASSOL, P.C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.31, p.393-402, 2007.

FARIAS, I.; LIRA.M.A.; SANTOS, D.C. ; TAVARES FILHO, J.J.; SANTOS, M.V.F.; FERNANDES, A.P.M.; SANTOS, V.F. Manejo de colheita e espaçamento de palma forrageira em consórcio com o sorgo granífero no agreste pernambucano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p. 341-347, 2000.

FELKER, P. Forage and fodder production and utilization. In: BARBERA, G.; INGLESE, P./ PIMENTA-BARRIOS, E. (Ed.) *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear*. Rome: FAO, 1995, 144-145.

FREIRE, J.L.; DUBEUX JR., J.C.B.; LIRA, M.A.; FERREIRA, R.L.C.; SANTOS, M.V.F.; FREITAS, E.V. Decomposição de serapilheira em bosque de sabiá na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, 1659-1665, 2010.

GALVÃO, R.S.R.; SALCEDO, I.H.; OLIVEIRA, F.F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p. 99-105, 2008.

HERNÁNDEZ-URBIOLA, M.I.; PÉREZ-TORRERO, E.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, M.E. Chemical analysis of nutritional content of prickly pads (*opuntia ficus indica*) at varied ages in an organic harvest. **Journal Environment Resarch Public Health**, v.8, p. 1287-1295.

MARQUES, T.C.L.L.S.M.; VASCOCELOS, C.A.; PEREIRA FILHO, I.; FRANCA, G.E.; CRUZ, J.C. Evolvimento de dióxido de carbono e mineralização de nitrogênio em latossolo vermelho-escuro com diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.581-589, 2000.

NOBEL, P.S.; RUSSEL, C.E.; FELKER, P.; MEDINA, J.G.; ACUÑA, E. Nutrient relations and productivity of prickly pear cacti. **Agronomy Journal**, v.79, p. 550-555, 1987.

OLIVEIRA, J.; QUEIROZ, S.R.O.D.; OSUNA, J.T.A.; JESUS, M.S. Efeito da adubação no desenvolvimento de clones de palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE PALMA E OUTRAS CACTÁCEAS, 2011, Garanhuns. **CDroom...** Garanhuns: CBPC, 2011.

PALM, C.A.; GILLER, K.E.; MAFONGOYA, P.L.; SWIF, M.J. Management of organic matter in the tropics: translating theory into practice. **Nutrient Cycling Agroecosystem**, v.61, p.63-75, 2001.

RAMOS, J.P.F.; LEITE, M.L.M.V.; OLIVEIRA JR., 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, 2011.

ROBERTSON, F.A.; MORGAN, W.C. Effects of management history and legume green manure on soil microorganisms under organic vegetable production. **Australian Journal of Soil Research**, v.34, p. 427-440, 1996.

ROSOLEM, C.A.; SANTOS, F.P.; FOLONI, J.S.S.; CALONEGO, J.C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milheto e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p. 1033-1040, 2006.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. Belmont, C.A. Wadsworth, Inc., 1992. p.136-160.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SILVA, V.M. & ALVES, G.D. Capacidade de suprimento de N e resposta à fertilização de 20 solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.269-279, 1995.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I. LIRA, M.A; FERNANDES, A.P.M.; FREITAS, E.V.; MORENO, J.A. Produção e composição química da palma forrageira cv. gigante (*Opuntia fícus indica*) sob adubação e calagem, no agreste semi-árido de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.9, p. 69-78, 1996.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A. et al. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 2006. 48p. (Documentos, 30).

SAS Inst.Inc.SAS statistics user's guide.Release version 6. **SAS Ins. Inc., Cary, NC**. 1999.

SILVA, T.R.B.; LEITE, V.E.; SILVA, A.R.B.; VIANA, L.H. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p. 1357-1359, 2007.

SILVA, H.M.S.; DUBEUX JR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A; MELLO, A.C.L.; 399 FERRAZ, L.V. Litter decomposition of *Brachiaria decumbens* Stapf. and *Calopogonium mucunoides* Desv. in the rumen and in the field: a comparative analysis. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.87, p.151-158, 2010.

SILVA, J.A.; OLIVEIRA, A.P.; ALVES, G.S.; CAVALCANTE, L.F.; OLIVEIRA, A.N.P.; ARAUJO, M.A.M.Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.3, p.253–257, 2012.

SOUTO, P.C.; SOUTO, J.S.; SANTOS, R.V.; ARAUJO, G.T.; SOUTO, L.S. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.29, p.125-130, 2005.

TELES, M.M.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JR., J.C.B.; LIRA, M.A.; FERREIRA, L.R.C.; BEZERRA NETO, E.; FARIAS, I. Efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p. 1992-1998, 2004.

WAGNER, G.H., and WOLF, D.C. Carbon transformation and soil organic matter formations. In: SYLVIA, D.M. FUHRMANN, J.J. HARTEL, P.G. and ZUBERER, D.A. (ED.) Principles and applications of soil microbiology. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. 1999, p. 218-258.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A adubação é indispensável na cultura de palma forrageira, principalmente quando há pretensão de obter elevada produtividade sob sistemas de plantios muito adensados (80 e 160 mil plantas/ha). A maior necessidade de adubação nestas densidades populacionais é devido a maior quantidade de nutrientes extraídos do solo, bem como, pela competição entre plantas por nutrientes.

Em caso de cultivos de palma baseado na utilização de adubação orgânica recomenda-se utilizar o esterco bovino com mais frequência, ou ainda, utilizar um adubo orgânico que libere nutrientes mais lentamente. Uma vez que, o acúmulo diário de nutrientes pela palma aumenta ao longo dos dias de crescimento, enquanto que, o esterco liberou nutrientes até 128 dias após aplicação. O maior acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) foi verificado na densidade de plantio de 160.000 plantas/ha, sendo o K o nutriente que mais se acumulou com os dias de crescimento da planta.

O espaçamento de plantio adotado no cultivo da palma irá influenciar as características morfológicas da planta, através da disponibilidade de espaço para emissão dos cladódios, mas também a produtividade do palmar.